

## تنوع فیتوشیمیایی و فعالیت آنتی اکسیدانی جمعیت‌های مختلف گیاه دارویی مینای اصفهانی (*Tanacetum lingulatum* (Boiss.) Bornm.) در رویشگاه‌های طبیعی استان اصفهان

پگاه مظفری مال امیری<sup>۱</sup>، عبدالله قاسمی پیربلوطی<sup>۲\*</sup>، محمدباقر رضایی<sup>۳</sup>، فائزه رجب‌زاده<sup>۴</sup> و کامکار جایمند<sup>۵</sup>

<sup>۱</sup> گروه باغبانی-گیاهان دارویی و معطر، واحد شهرکرد، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرکرد، ایران

<sup>۲</sup> دانشکده گیاهان دارویی و فراسودمندا، علوم پزشکی تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

<sup>۳</sup> گروه شیمی آلی، گروه گیاهان دارویی و فرآورده‌های جانبی، پژوهشکده جنگل‌ها و مراتع، تهران، ایران

<sup>۴</sup> گروه زراعت، واحد شهرقدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

<sup>۵</sup> گروه فیتوشیمی، گروه گیاهان دارویی و فرآورده‌های جانبی، پژوهشکده جنگل‌ها و مراتع، تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۰۶، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۲/۰۶/۰۴)

### چکیده

شناسایی رویشگاه‌های مختلف و ارزیابی تأثیر عوامل محیطی بر عملکرد مواد مؤثره گیاهان دارویی، کمکی پایه‌ای برای حفظ تنوع ژنتیکی این گیاهان است. این پژوهش طی سال‌های ۱۳۹۹-۱۳۹۶ در سه رویشگاه طبیعی از استان اصفهان اجرا شد. اندام هوایی گیاه مینای اصفهانی (*Tanacetum lingulatum* Boiss. Bornm) در مرحله گلدهی کامل برداشت و به آزمایشگاه مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور منتقل شد. محتوای فنل و فلاونوئید کل به ترتیب توسط روش فولین-سیوکالتیو و رنگ‌سنجی کلرید آلومینیوم اندازه‌گیری شد. فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره با استفاده از روش اندازه‌گیری کاهش ظرفیت رادیکالی به کمک DPPH ارزیابی شد. نمونه‌های اسانس به روش تقطیر با آب استخراج و با استفاده از گاز کروماتوگرافی متصل به طیف‌سنج جرمی تجزیه شدند. با توجه به نتایج، میزان فنل، فلاونوئید کل، فعالیت آنتی اکسیدانی و میزان اسانس، تنها تحت تأثیر تیمار جمعیت قرار گرفتند. بیشترین میزان فلاونوئید کل (۰/۲۹ میلی گرم کوئرستین بر گرم ماده خشک)، فعالیت آنتی اکسیدانی (۵۳/۶۷ میلی گرم بر میلی لیتر) و میزان اسانس (۰/۱۵ درصد حجم به وزن) مربوط به رویشگاه کوه سفید بود که نسبت به دو رویشگاه دیگر دارای کمترین ارتفاع از سطح دریا، متوسط درجه حرارت سالانه و اسیدیته خاک و بیشترین کربن آلی خاک و بارندگی سالانه است. بیشترین میزان فنل کل در منطقه لاشتر (۰/۰۵ میلی گرم گالیک اسید بر گرم وزن خشک) به دست آمد. مهمترین ترکیبات شناسایی شده اسانس شامل *cis-sabienene hydrate* (۱۲-۲۴ درصد)، *camphene* (۳-۱۵ درصد)، *n-decanal* (۱۱-۲۴ درصد)، *dihydro- linalool* (۱-۹ درصد)، *cis- β- terpineol* (۷-۹ درصد)، *nerol oxide* (۱-۱۶ درصد) و *cis-pinocarveol* (۸-۲۰ درصد) بودند. تفاوت‌های مشاهده شده در صفات مورد بررسی در رویشگاه‌های مختلف می‌تواند ناشی از تفاوت ویژگی‌های اکولوژیک باشد. در نهایت، جمعیت کوه سفید به دلیل برخورداری از میزان اسانس و فعالیت آنتی اکسیدانی بیشتر می‌تواند یکی از رویشگاه‌های هدف برای حفظ تنوع ژنتیکی گیاه دارویی مینای اصفهانی باشد.

کلمات کلیدی: اسانس، تأثیرات اکولوژیک، محتوای فنل و فلاونوئید، *n-Decanal cis-Sabienene hydrate*

## مقدمه

افزایش جمعیت و نیاز صنایع داروسازی، غذایی و آرایشی-بهداشتی به گیاهان دارویی و معطر به عنوان مواد اولیه، سبب توسعه کشت و تولید این گروه از گیاهان شده است. جنس *Tanacetum* L. متعلق به خانواده Asteraceae بوده و شامل حدود ۱۶۰ گونه در جهان است (Sadeghian et al., 2019). یکی از گونه‌های انحصاری نادر جنس تاناستوم در ایران مینای اصفهانی یا مینای زبانکی (*Tanacetum lingulatum* (Boiss.) (Bornm. می‌باشد که در نواحی مرکزی ایران از جمله استان‌های اصفهان و کرمان یافت می‌شود (Amjad et al., 2016). مینای اصفهانی، گیاهی علفی، چند ساله، کمی خشبی و چوبی و گاهی درختچه‌ای که بافت آن پوشیده از کرک‌های چنگال شکل است. همچنین، ساقه آن عمودی و زاویه‌دار به طول ۲۰ تا ۴۰ سانتی‌متر با برگ‌های نوک نیزه‌ای شکل به رنگ مات بوده و گل‌ها زرد رنگ که هر گل از لوله‌ای به طول سه سانتی‌متر تشکیل شده است (Afsharypuor and Mosaffa, 2003). مهمترین ترکیبات شیمیایی شناسایی شده در روغن فرار حاصل از مینای اصفهانی، آلفا پینن، ۱-۸- سینئول، ساینن، پیرولیدینون، کامفن و کامفر است (Afsharypuor and Mosaffa Jahromy, 2003; Olamazadeh et al., 2014).

بسیاری از گونه‌های تاناستوم در طب سنتی، غذا، علوفه و گیاهان زینتی استفاده می‌شوند. روغن‌های فرار گونه‌های این جنس به دلیل وجود ترپنوئیدها دارای اثرات ضدتغذیه حشرات، ضدتومور و ضد میکروبی بوده و برای درمان درد و التهابات استفاده می‌شوند (Amjad et al., 2016). تاناستوم‌ها، منبع غنی از متابولیت‌های ثانویه مانند ترکیبات فنلی، فلاونوئیدها، مونو-ترپنوئیدها و سزکوئی‌ترین لاکتون‌ها هستند (Ghasemi Pirbalouti, 2019). سزکوئی‌ترین لاکتون‌ها دسته‌ای از ترپنوئیدهای طبیعی هستند که به دلیل فعالیت‌های بیولوژیکی خاص از لحاظ دارویی دارای اهمیت بالایی برای انسان هستند. پتانسیل ضدالتهابی گونه‌های تاناستوم عمدتاً به دلیل میزان بالای سزکوئی‌ترین لاکتون‌های آنها است (Amjad et al., 2016).

گیاهان برای کاهش اثرهای نامطلوب تنش‌ها، سازوکارهای

حفاظتی مختلفی از جمله سیستم آنتی‌اکسیدانی آنزیمی و غیرآنزیمی مانند ترکیبات فنلی و فلاونوئیدها دارند. آنتی‌اکسیدان‌ها با حذف رادیکال‌های آزاد یا ممانعت از تشکیل آنها، از سلول‌ها در برابر آسیب اکسیداتیو محافظت می‌کنند (هاشمیان و همکاران، ۱۳۹۹). ترکیب‌های فنلی به‌صورت مؤثری به‌عنوان دهنده هیدروژن عمل می‌کنند و با داشتن خاصیت آنتی‌اکسیدانی و آنتی‌رادیکالی می‌توانند نقش مهمی در نگهداری محصولات غذایی و حفظ سلامتی انسان ایفا نمایند. فلاونوئیدها نیز گروه بزرگی از ترکیبات فنلی هستند که با حذف رادیکال‌های آزاد و یا سازوکارهایی مثل خاموش کردن اکسیژن منفرد از اکسیداسیون لیپید جلوگیری می‌کنند و موجب سازگاری گیاهان به شرایط تنش‌زای محیطی می‌شوند (فیروزه و همکاران، ۱۳۹۷).

محصول زراعی یک گیاه دارویی، زمانی که مقدار متابولیت‌های ثانویه آن به حد مطلوب رسیده باشد، از نظر اقتصادی مقرون به‌صرفه است (Ghasemi Pirbalouti et al., 2019). بیوستنز متابولیت‌های ثانویه مانند اسانس‌ها تحت تأثیر عوامل وراثتی (ژنوتیپ، رقم، شیمی‌تیپ، زیرگونه و مرحله فنولوژیکی)، عوامل محیطی (اکولوژیکی و مدیریتی) و برهمکنش‌های آنها است (Memarzadeh et al., 2020; Bakhtiar et al., 2021; Farhadi et al., 2020). اگر چه این ترکیبات اساساً تحت فرایندهای ژنتیکی ساخته می‌شوند، اما محیط به‌عنوان مهمترین عامل مؤثر بر میزان بیان ژن‌های بیوستزکننده ترکیبات ثانویه در گیاهان دارویی مطرح است (Momeni et al., 2020). عوامل محیطی مختلف مانند اقلیم رویشگاه، ارتفاع از سطح دریا، نوع خاک و تراکم و ترکیب جمعیت‌های گیاهی باعث ایجاد تغییراتی در رشد و مقدار و کیفیت مواد مؤثره گیاهان دارویی (مانند گلیکوزیدها، استروئیدها و روغن‌های فرار) می‌شوند (Alavi Samany et al., 2022). بنابراین با شناخت عوامل محیطی مؤثر بر کمیت و کیفیت مواد مؤثره گیاهان دارویی می‌توان به حداکثر مقدار محصول دست یافت. اگر چه گونه‌های مختلف جنس تاناستوم به دلیل خواص دارویی خود به‌طور گسترده‌ای شناخته شده‌اند،

اما تحقیقات زیادی در خصوص خواص فیتوشیمی گونه مینای اصفهانی وجود ندارد، بنابراین، این تحقیق با بررسی تنوع فیتوشیمیایی و خواص آنتی اکسیدانی جمعیت‌های مختلف گیاه مینای اصفهانی در رویشگاه‌های طبیعی استان اصفهان، سعی در ارائه شرایط اکولوژیکی و محیطی مناسب برای افزایش میزان تولید متابولیت‌های ثانویه این گیاه دارویی ارزشمند دارد.

### مواد و روش‌ها

این تحقیق در طی سه سال (۱۳۹۹-۱۳۹۶) در سه رویشگاه طبیعی از استان اصفهان اجرا شد. اندام‌های هوایی (گل آذین و برگ) سه جمعیت گیاه مینای اصفهانی در مرحله گلدهی کامل در ماه‌های شهریور و مهر با سه تکرار به صورت دستی برداشت و به آزمایشگاه مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور منتقل شدند. مشخصات محل جمع‌آوری جمعیت‌های مورد مطالعه در جدول ۱، آمار هواشناسی مناطق مورد مطالعه در جدول ۲ و نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل‌های آزمایش در جدول ۳ ارائه شده است.

**تعیین مقدار فنل کل:** محتوای فنل کل با استفاده از معرف فولین-سیوکالتیو توسط دستگاه اسپکتروفتومتر UV-Vis مدل (UNICO UV 2100) اندازه‌گیری شد. به نیم میلی‌لیتر از عصاره (مقدار ۰/۰۰۵ گرم پودر نمونه در ۱ میلی‌لیتر متانول)، ۲ میلی‌لیتر واکنشگر فولین سیوکالتیو ۱۰ درصد و پس از ۵ دقیقه، ۲ میلی‌لیتر از محلول ۵ درصد کربنات سدیم به آن اضافه شد. جذب نمونه‌ها پس از دو ساعت در طول موج ۷۶۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در مقابل بلانک خوانده شد (Wojdylo et al., 2007). گالیک اسید به عنوان استاندارد برای رسم منحنی کالیبراسیون استفاده و میزان فنل کل براساس میزان معادل میلی گرم گالیک اسید بر گرم ماده خشک گزارش شد.

**تعیین مقدار فلاونوئید کل:** از روش رنگ‌سنجی کلرید آلومینیوم برای تعیین مقدار فلاونوئید کل استفاده شد (Chang et al., 2002). در این روش نیم میلی‌لیتر از عصاره متانولی با ۱/۵ میلی‌لیتر متانول، ۰/۱ میلی‌لیتر کلرید آلومینیوم (۱۰ درصد متانولی)، ۰/۱ میلی‌لیتر استات پتاسیم (۱ مولار) و ۲/۸ میلی‌لیتر آب مقطر ترکیب شدند. سپس محلول‌ها در دمای اتاق به مدت

۳۰ دقیقه قرار داده شدند. جذب محلول‌ها در ۴۱۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد. پس از رسم منحنی استاندارد با استفاده از محلول‌های کوئرستین (Quercetin, Sigma Chemical Co.) در حلال متانول در غلظت‌های ۲۵۰-۱۰۰۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر، معادله خط  $y=ax+b$  به دست آمد. جذب‌های خوانده شده از نمونه‌ها به جای  $y$  قرار داده شد و  $x$  یا همان غلظت به دست آمد و میزان فلاونوئید کل براساس میزان معادل میلی‌گرم کوئرستین بر گرم ماده خشک گزارش شد.

**ارزیابی فعالیت آنتی اکسیدانی به روش قدرت مهارکنندگی رادیکال‌های آزاد DPPH:** فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره با استفاده از روش اندازه‌گیری کاهش ظرفیت رادیکالی به کمک ۲-۲ دی فنیل-۱-پیکریل هیدرازیل (DPPH) مورد ارزیابی قرار گرفت (Brand-Williams et al., 1995). در این روش ۳۰۰ میلی‌گرم از نمونه‌های خشک شده پودر و به همراه ۹ میلی‌لیتر متانول خالص به داخل فالکون منتقل شد. فالکون‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در محیط تاریک نگهداری شدند. سپس ۰/۱ میلی‌لیتر از عصاره گیاهی به ۳/۹ میلی‌لیتر DPPH استوک ساخته شده (۰/۰۰۴ گرم DPPH در ۱۰۰ میلی‌لیتر متانول) اضافه شده و به مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی قرار گرفت و میزان جذب آن در طول موج ۵۱۷ نانومتر با اسپکتروفتومتر خوانده شد. در نهایت، نتایج به صورت  $IC_{50}$  از طریق رابطه ۱ محاسبه شد:

رابطه (۱)

$$IC_{50} \text{ درصد} = \left[ \frac{(A_{blank} - A_{sample})}{A_{blank}} \right] \times 100$$

در این فرمول  $A_{sample}$  و  $A_{blank}$  به ترتیب میزان جذب شاهد و نمونه را نشان می‌دهد.

**اسانس‌گیری:** گل آذین و برگ‌های نمونه‌های گیاهی جمع‌آوری شده به مدت یک هفته در سایه در دمای اتاق (۲۵±۴ درجه سانتی‌گراد) خشک و آسیاب شده و از الک (مش ۲۰) عبور داده شدند. سپس اسانس موجود در آنها به روش تقطیر با آب با استفاده از دستگاه کلونجر به مدت سه ساعت استخراج گردید، به این ترتیب که در هر بار

جدول ۱- مشخصات محل جمع‌آوری جمعیت‌های گونه مینای اصفهانی

رویشگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (متر)
لاشتر	۵۲ درجه و ۱ دقیقه شرقی	۳۲ درجه و ۳۷ دقیقه شمالی	۱۷۴۷
دومبیلینی	۵۲ درجه و ۲ دقیقه شرقی	۳۲ درجه و ۳۴ دقیقه شمالی	۱۷۰۰
کوه سفید	۵۱ درجه و ۳۵ دقیقه شرقی	۳۲ درجه و ۳۶ دقیقه شمالی	۱۶۰۰

جدول ۲- میانگین تغییرات دمایی و بارندگی منطقه مورد مطالعه طی ۱۳۹۶-۱۳۹۹

رویشگاه	سال	حد اقل دمای سالانه	حد اکثر دمای سالانه	متوسط دمای سالانه	بارندگی (میلی‌متر)
(درجه سانتی‌گراد)					
لاشتر	۱۳۹۶-۱۳۹۷	۲۲/۵۰	۵۳/۰۰	۳۷/۷۰	۲۱۳/۰۰
	۱۳۹۷-۱۳۹۸	۲۷/۰۰	۵۰/۰۰	۳۸/۵۰	۲۳۶/۰۰
	۱۳۹۸-۱۳۹۹	۲۳/۰۰	۵۱/۰۰	۳۷/۰۰	۱۹۸/۰۰
دومبیلینی	۱۳۹۶-۱۳۹۷	۹/۱۰	۲۵/۳۰	۱۷/۲۰	۵۱۴/۳۰
	۱۳۹۷-۱۳۹۸	-۱۰	۴۵/۰۰	۱۹/۰۰	۵۶۲/۰۰
	۱۳۹۸-۱۳۹۹	۱۰/۰۰	۲۸/۰۰	۱۹/۰۰	۵۰۲/۰۰
کوه سفید	۱۳۹۶-۱۳۹۷	-۲۰	۴۳/۰۰	۱۴/۰۰	۴۵۶/۸۰
	۱۳۹۷-۱۳۹۸	-۲۵	۴۲/۰۰	۱۱/۵۰	۴۱۶/۰۰
	۱۳۹۸-۱۳۹۹	-۱۸	۴۱/۰۰	۱۱/۵۰	۴۴۳/۰۰

جدول ۳- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

رویشگاه	عمق خاک (سانتی‌متر)	سال	بافت خاک	کربن آلی (درصد)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	واکنش
لاشتر	۰-۳۰	۱۳۹۶-۱۳۹۷	سیلتی کلی لوم	۰/۸۰	۰/۷۴	۷/۹۲
		۱۳۹۷-۱۳۹۸		۰/۹۰	۰/۷۶	۷/۴۲
		۱۳۹۸-۱۳۹۹		۰/۸۰	۰/۷۷	۷/۸۶
دومبیلینی	۰-۳۰	۱۳۹۶-۱۳۹۷	سندی کلی	۱/۰۰	۰/۴۹	۷/۲۰
		۱۳۹۷-۱۳۹۸		۰/۵۱	۰/۷۸	۷/۷۰
		۱۳۹۸-۱۳۹۹		۱/۲۰	۰/۴۷	۷/۲۰
کوه سفید	۰-۳۰	۱۳۹۶-۱۳۹۷	سیلت لوم	۱/۱۰	۰/۶۴	۶/۳۰
		۱۳۹۷-۱۳۹۸		۱/۱۰	۰/۶۵	۷/۴۰
		۱۳۹۸-۱۳۹۹		۱/۳۰	۰/۵۲	۶/۴۲

اسانس‌گیری ۸۰ تا ۱۰۰ گرم از بخش‌های هوایی خشک شده وزن ماده گیاهی آب به آن اضافه شد. اسانس استحصالی را در بالون ۱ لیتری دستگاه کلونجر ریخته و سه تا شش برابر توسط پیپت پاستور از آب جدا گردید و عمل آب‌گیری کامل

از آن با استفاده از سدیم سولفات بی‌آب انجام گرفت و سپس در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد.

**شناسایی ترکیبات شیمیایی موجود در اسانس:** برای تجزیه جداسازی و شناسایی ترکیبات موجود در اسانس از دستگاه گروماتوگرافی گازی (GC) و کروماتوگرافی متصل به طیف‌سنجی جرمی (GC/MS) استفاده شد. دستگاه کروماتوگرافی گازی Agilent مدل 7890B و مجهز به آشکاساز FID بود. ستون HP-5 به طول ۳۰ متر و قطر ۰/۳۲ میلی‌متر و ضخامت لایه فاز ساکن ۰/۲۵ میکرومتر بوده و برنامه‌ریزی حرارتی از ۶۰ تا ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت افزایش ۵ درجه سانتی‌گراد در دقیقه انجام شد. دمای قسمت تزریق و آشکارساز به ترتیب ۲۵۰ و ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد بود. گاز حامل هلیوم با سرعت جریان ۱/۱ میلی‌لیتر بر دقیقه به‌عنوان فاز متحرک مورد استفاده قرار گرفت. میزان اسانس تزریق شده به دستگاه ۰/۱ میکرولیتر بود که به صورت دستی به نسبت ۱ به ۱۰۰، اسپلٹ تزریق شد. همچنین، دستگاه کروماتوگرافی متصل به طیف‌سنج جرمی (GC-MS) از نوع Agilent 5975 C بود. انرژی یونیزاسیون در طیف‌سنج جرمی ۷۰ الکترون ولت انتخاب شد. طیف جرمی از  $m/z$  ۵۵۰-۵۰ بود. شناسایی طیف‌ها به کمک شاخص بازداری (Retention index, RI) آن‌ها و مقایسه آن با شاخص‌های موجود در کتب مرجع (Adams, 2007) و با استفاده از طیف‌های جرمی ترکیبات استاندارد و استفاده از اطلاعات موجود در کتابخانه کامپیوتری (Wiley and NIST) انجام شد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS (19.0) و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن، در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد انجام شد. جهت رسم نمودار از نرم‌افزار Excel 2010 استفاده گردید. برای بررسی رابطه بین آزمایشات آنتی اکسیدانی و فنل و فلاونوئید کل از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد.

## نتایج و بحث

براساس نتایج تجزیه واریانس، اثر ساده جمعیت بر میزان فنل

کل ( $P \leq 0.01$ ) معنی‌دار بود و اثر ساده سال و اثر متقابل جمعیت در سال بر میزان فنل کل معنی‌دار نبود (جدول ۴). به‌طوریکه بیشترین و کمترین میزان فنل کل به ترتیب مربوط به جمعیت لاشر و دومبلینی (۰/۰۵ و ۰/۰۲ میلی گرم گالیک اسید بر گرم وزن خشک) بود (شکل ۱).

نتایج نشان داد که تیمار سال و برهمکنش جمعیت در سال بر میزان فلاونوئید کل معنی‌دار نبود و تنها اثر ساده جمعیت بر میزان فلاونوئید کل ( $P \leq 0.01$ ) معنی‌دار است (جدول ۴). بر اساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، بیشترین میزان فلاونوئید کل (۰/۲۸ میلی گرم کوئرستین بر گرم ماده خشک) مربوط به جمعیت کوه سفید بود و کمترین میزان (۰/۲۷ میلی گرم کوئرستین بر گرم ماده خشک) از جمعیت دومبلینی به دست آمد؛ هر چند جمعیت‌های کوه سفید و لاشر در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل ۲ و جدول ۵).

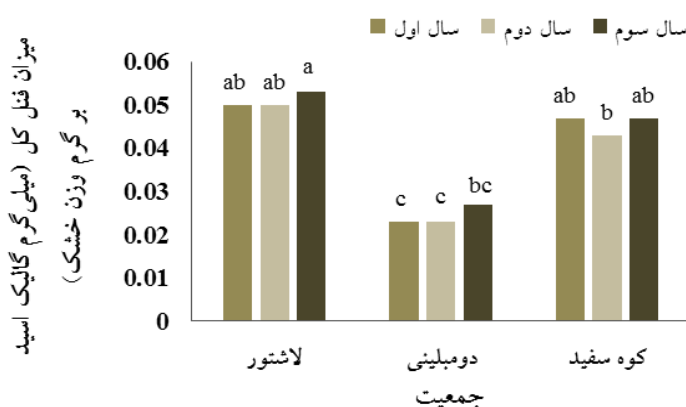
با توجه به نتایج، اثر ساده سال و اثر متقابل جمعیت  $\times$  سال بر فعالیت آنتی اکسیدانی اسانس معنی‌دار نبود؛ با این وجود اثر ساده جمعیت بر فعالیت آنتی اکسیدانی اسانس ( $P \leq 0.01$ ) معنی‌دار بود (جدول ۴). بیشترین و کمترین فعالیت آنتی اکسیدانی ( $IC_{50}$ ) به ترتیب مربوط به جمعیت کوه سفید (۵۳/۶۷ میلی گرم بر میلی لیتر) و دومبلینی (۴۸/۴۴ میلی گرم بر میلی لیتر) بود (شکل ۳).

گیاهان برای کاهش اثرهای نامطلوب تنش‌ها و محافظت سلول‌ها، سازوکارهای حفاظتی مختلفی از جمله سیستم آنتی اکسیدانی آنزیمی و غیرآنزیمی مانند ترکیب‌های فنلی و فلاونوئیدها دارند (هاشمیان و همکاران، ۱۳۹۹). بیشترین میزان فنل در منطقه لاشر با بیشترین ارتفاع از سطح دریا، متوسط درجه حرارت سالانه و اسیدیته خاک و کمترین میزان بارندگی سالانه و کربن آلی خاک نسبت به دو رویشگاه دیگر به دست آمد (شکل ۱ و جدول ۲ و ۳). همچنین، بیشترین فلاونوئید کل و فعالیت آنتی اکسیدانی مربوط به رویشگاه کوه سفید بود که نسبت به دو رویشگاه دیگر دارای کمترین ارتفاع از سطح دریا، متوسط درجه حرارت سالانه و اسیدیته خاک کمتر و بیشترین کربن آلی خاک است (شکل ۲ و ۳ و جدول ۲ و ۳).

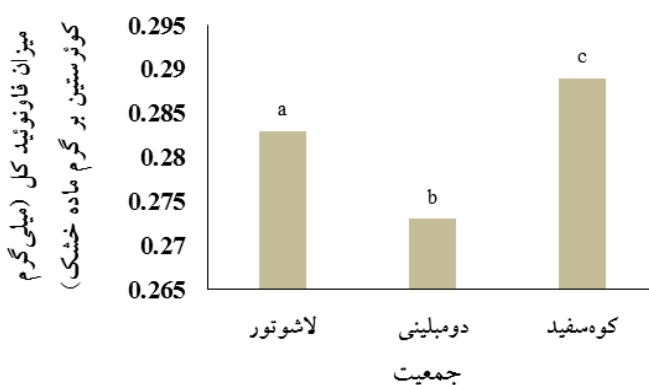
جدول ۴- تجزیه واریانس اثرات جمعیت و سال بر صفات مورد بررسی

میانگین مربعات				درجه	منابع تغییر
فنل کل	فلاونوئید کل	فعالیت آنتی اکسیدانی	میزان اسانس	آزادی	
۰/۰۰۲**	۰/۰۰۱**	۶۱/۳۷**	۰/۰۰۶**	۲	جمعیت
۰/۰۰۰ ns	۰/۰۰۰ ns	۰/۱۵ ns	۰/۰۰۱ ns	۲	سال
۰/۰۰۰ ns	۰/۰۰۰ ns	۱/۳۷ ns	۰/۰۰۰ ns	۴	جمعیت × سال
۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۶۳	۰/۰۰۰	۱۸	خطای آزمایش

ns عدم تفاوت معنی دار، \* و \*\* به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر ساده جمعیت بر میزان فنل کل در سه سال آزمایش



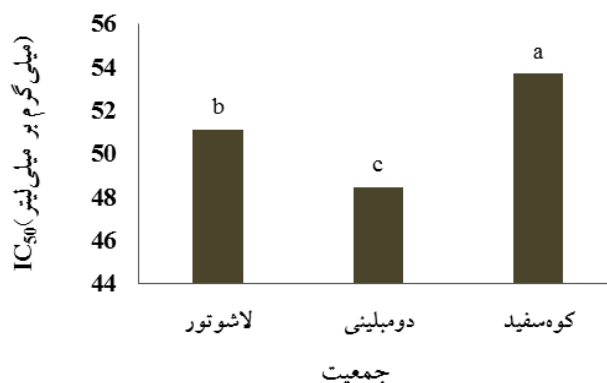
شکل ۲- مقایسه میانگین اثر ساده جمعیت بر میزان فلاونوئید کل

آنتی اکسیدانی و میزان متابولیت‌های ثانویه گیاهان دارویی مانند ترکیبات فنلی و فلاونوئیدها می‌شوند (Medini et al., 2014). بر اساس نتایج می‌توان استنباط کرد که میزان فنل، فلاونوئید کل و فعالیت آنتی اکسیدانی گونه دارویی مینای اصفهانی تحت

کمترین میزان همه این صفات مربوط به جمعیت دومبیلینی بود (شکل‌های ۱، ۲ و ۳). عوامل محیطی مختلف مانند آب و هوای رویشگاه، ارتفاع از سطح دریا، نوع خاک، تراکم و ترکیب جمعیت‌های گیاهی باعث ایجاد تغییراتی در فعالیت

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل جمعیت و سال بر صفات مورد بررسی

فعالیت آنتی اکسیدانی (IC <sub>50</sub> )		فلاونوئید	فنل	میزان اسانس	تیمار
میلی گرم بر میلی لیتر	میلی گرم کوئرستین بر گرم ماده خشک	میلی گرم گالیک اسید بر گرم وزن خشک	درصد	سال	جمعیت
۵۱/۳۳ ± ۱/۱۵	۰/۲۸۷ ± ۰/۰۰۶	۰/۰۵۰ ± ۰/۰۰۰	۰/۱۰۰ ± ۰/۰۱	سال اول	لاشتر
۵۱/۶۷ ± ۰/۵۸	۰/۲۸۳ ± ۰/۰۰۶	۰/۰۵۰ ± ۰/۰۰۰	۰/۱۰۳ ± ۰/۰۰	سال دوم	
۵۰/۳۳ ± ۰/۵۸	۰/۲۸۰ ± ۰/۰۱۰	۰/۰۵۳ ± ۰/۰۰۵	۰/۱۰۳ ± ۰/۰۲	سال سوم	
۴۸/۶۷ ± ۱/۱۲	۰/۲۶۷ ± ۰/۰۰۵	۰/۰۲۳ ± ۰/۰۰۵	۰/۱۴۰ ± ۰/۰۱	سال اول	دومبلینی
۴۸/۳۳ ± ۰/۵۸	۰/۲۷۳ ± ۰/۰۰۶	۰/۰۲۳ ± ۰/۰۰۶	۰/۱۳۳ ± ۰/۰۰	سال دوم	
۴۸/۳۳ ± ۰/۵۷	۰/۲۸۰ ± ۰/۰۱۰	۰/۰۲۷ ± ۰/۰۰۵	۰/۱۴۰ ± ۰/۰۱	سال سوم	
۵۳/۰۰ ± ۱/۰۰	۰/۲۸۷ ± ۰/۰۰۵	۰/۰۴۷ ± ۰/۰۰۶	۰/۱۵۰ ± ۰/۰۳	سال اول	کوه سفید
۵۳/۶۷ ± ۰/۴۸	۰/۲۸۷ ± ۰/۰۰۶	۰/۰۴۳ ± ۰/۰۰۶	۰/۱۶۰ ± ۰/۰۳	سال دوم	
۵۴/۳۳ ± ۰/۵۸	۰/۲۹۳ ± ۰/۰۰۳	۰/۰۴۷ ± ۰/۰۰۵	۰/۱۴۳ ± ۰/۰۲	سال سوم	



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر ساده جمعیت بر فعالیت آنتی اکسیدانی اسانس

افزایش ترکیبات فنلی می‌شود. تداوم شدت نور زیاد در ارتفاعات سبب برهم خوردن تعادل سلولی مقادیر مولکول‌های ROS می‌شود و با بیش انباشت ROS در اندام‌های فتوسنتزی، تنش اکسیداتیو بروز می‌کند و زنجیره انتقال الکترون و فعالیت فتوشیمیایی فتوسنتز مختل می‌شود. یکی دیگر از سازوکارهای مهم حفاظت نوری در گیاهان، فعال شدن سیستم جاروکننده مولکول‌های ROS (Telfer, 2014) و انباشت جاذب‌های نوری در اپیدرم برگ هاست. به نظر می‌رسد زیاد بودن محتوای ترکیبات فنلی گیاهان در ارتفاع بالا به شکل سازوکار حفاظت

تأثیر ویژگی‌های محل رویش و موقعیت گیاه در طبیعت قرار گرفته‌اند. مکان رشد گیاه می‌تواند از طریق تغییرات دمایی و رطوبتی بر فرآیند تشکیل مواد مؤثره تأثیرگذار باشد. مکانیسم تأثیرات محیط بر تجمع متابولیت‌های ثانویه به درستی روشن نیست، اما گزارش شده است که محیط از طریق تأثیری که در فرآیند تولید متابولیت‌ها و نیز آنزیم‌های مرتبط با آن دارد، در نوع و شدت واکنش‌های شیمیایی مؤثر است (نجار فیروز جایی و همکاران، ۱۳۹۴). به نظر می‌رسد در مناطق مرتفع‌تر شدت تابش اشعه ماوراءبنفش به‌عنوان عامل تنش موجب

نوری عمل کرده و میزان زیاد پرتوی فرابنفش در ارتفاعات را فیلتر می‌کند (حبیبی، ۱۳۹۹). مشابه تحقیق حاضر، جعفری و همکاران (۱۳۹۴) گزارش کردند که بین ارتفاع و میزان ترکیبات فنلی در عصاره برگ گیاه لرگ همبستگی مثبت وجود دارد و از رویشگاه با ارتفاع بالاتر، بیشترین ترکیبات فنلی به‌دست آمد. در مورد گیاه دارویی نسترن کوهی (*Rosa canina* L.) نشان داده شد که یک ارتباط مستقیم میان افزایش ارتفاع و میزان مواد مؤثره فنلی و فلاونوئیدی وجود دارد، به طوریکه با افزایش ارتفاع میزان این ترکیبات نیز افزایش یافت (علیزاده و همکاران، ۱۳۹۸). صبورا و همکاران (۱۳۹۳) گزارش کردند که بیشترین مقدار ترکیبات فنلی، فلاونوئیدی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی اندام هوایی گیاه بشقابی سنبله‌ای (*Scutellaria pinnatifida*) از جمعیت کجور با ارتفاع پست‌تر از جمعیت دیزین به‌دست آمد. مطابق تحقیقات حبیبی (۱۳۹۹) و فیروز جایی و همکاران (۱۳۹۹)، گیاهان در ارتفاع بالاتر نسبت به گیاهان در ارتفاع پایین‌تر دارای مقادیر بیشتری ترکیبات فنلی بودند.

با توجه به آنکه بیشترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی در رویشگاه کوه سفید مشاهده شد، می‌توان گفت که احتمالاً مواد آلی خاک از طریق افزایش جذب کلسیم و سایر عنصر غذایی که عامل تحریک‌کننده سنتز آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان هستند، موجب افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی شده است. گزارش شده است که ترکیبات آلی، موجب افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی کاسبرگ گیاه دارویی چای ترش (پارسا مطلق و همکاران، ۱۳۹۶) و دانه زیره سیاه (*Bunium persicum* Boiss.) (نوری حسینی و همکاران، ۱۳۹۵) شده است.

ضرایب همبستگی و سطح معنی‌داری مربوط به تست‌های آنتی‌اکسیدانی، مقدار فنل و فلاونوئید کل در جدول ۶ ارائه شده است. مطابق نتایج، رابطه معنی‌دار (مثبت) میان مقدار فنل کل ( $P \leq 0.01$ ) و فلاونوئید کل ( $P \leq 0.01$ ) با فعالیت آنتی‌اکسیدانی وجود دارد، که مبین این امر است که ترکیبات فنلی و فلاونوئیدها می‌توانند مسئول فعالیت آنتی‌اکسیدانی و فعالیت بدام اندازی رادیکال‌های آزاد عصاره استخراج شده در

گونه مینای اصفهانی باشند. ترکیبات فنلی به دلیل خواص آنتی‌اکسیدانی از جمله ترکیبات مهم گیاهان هستند که نقش مهمی در حذف رادیکال‌های آزاد و جلوگیری از تبدیل هیدرو پراکسیدها به رادیکال‌های آزاد را دارند (Ounaissia et al., 2021). خواص آنتی‌اکسیدانی که غالباً به دلیل ترکیب‌های فنلی موجود در ساختار گیاهان می‌باشد موجب مهار رادیکال‌های آزاد در بدن می‌شود و یا اثرات تخریبی آن‌ها را کاهش می‌دهد و می‌تواند به عنوان عاملی مهم در جلوگیری از آسیب‌های اکسیداتیو نقش مؤثری ایفا نماید (Gupta et al., 2018). فلاونوئیدها به‌صورت مؤثری به عنوان دهنده هیدروژن عمل نموده، لذا یکی از عوامل مهم ایجاد خاصیت آنتی‌اکسیدانی در گونه مینای اصفهانی است. فلاونوئیدها بازدارنده‌های قوی رادیکال‌های هیدروکسیل و پراکسید هستند (Farhadi et al., 2020). مشابه تحقیق حاضر، Gupta و همکاران (۲۰۱۸)، گزارش کردند که میان مقدار فنل و فلاونوئید کل با فعالیت آنتی‌اکسیدانی رابطه معنی‌دار (مثبت) وجود دارد.

مطابق نتایج تجزیه واریانس، تنها اثر ساده جمعیت بر میزان اسانس ( $P \leq 0.01$ ) معنی‌دار بود؛ به طوریکه بیشترین میزان اسانس (۰/۱۵۱ درصد) از جمعیت کوه سفید بود و کمترین میزان (۰/۱۰۲ درصد) از جمعیت لاشر به‌دست آمد و جمعیت‌های کوه سفید و دومبلینی در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل ۴). رویشگاه‌های کوه سفید و دومبلینی در ارتفاع پایین‌تری نسبت به رویشگاه لاشر قرار گرفته‌اند، به طوریکه از بارندگی سالانه و کربن آلی خاک بیشتر و درجه حرارت سالانه کمتری نسبت به رویشگاه لاشر برخوردار هستند. ویژگی‌های محل رویش و موقعیت گیاه در طبیعت از عواملی هستند که می‌توانند بر کمیت و کیفیت مواد مؤثره گیاهان تأثیر داشته باشند. شرایط آب و هوایی مانند نور، ارتفاع و میانگین دما تأثیر بسزایی بر ساخت ترکیب‌های شیمیایی در محصولات باغی و دارویی دارند (Taati et al., 2021). همچنین، ویژگی‌های خاک و بستر رشد گیاه از لحاظ خواص فیزیکی و شیمیایی از عوامل مهم و تأثیرگذار بر چگونگی رشد و نمو و ماده مؤثر گیاهان دارویی و معطر هستند. به نظر می‌رسد، در

جدول ۶- میزان همبستگی میان فنل و فلاونوئید کل و مقادیر فعالیت آنتی اکسیدانی

سنجش آنتی اکسیدانی	مقدار Sig (P)	r
مقدار فنل کل	۰/۰۰۰**	۰/۶۶۰
مقدار فلاونوئید کل	۰/۰۰۱**	۰/۶۱۴

\*\* همبستگی در سطح ۰/۰۱ و \* همبستگی در سطح ۰/۰۵ معنی دار است.



شکل ۴- مقایسه میانگین اثر ساده جمعیت بر میزان اسانس

اصفهانی، ۶۰ ترکیب شیمیایی شناسایی شد. مهمترین ترکیبات شناسایی شده تعیین کننده کیفیت اسانس شامل *cis-sabienene*, *santolina triene*, *n-decanal*, *camphene*, *hydrate*, *pinocarveol* بودند (جدول ۷). به طوریکه میزان *cis-sabienene hydrate* در جمعیت دومبلینی- برگ (۲۲/۶۲ درصد)، دومبلینی- گل آذین (۱۱/۹۰ درصد)، لاشتر- برگ (۲۳/۶۵ درصد)، لاشتر- گل آذین (۱۵/۱۹ درصد) و کوه سفید- برگ (۱۷/۱۳ درصد)، میزان *camphene* در جمعیت دومبلینی- برگ (۱۰/۰۰ درصد)، دومبلینی- گل آذین (۷/۰۳ درصد)، لاشتر- برگ (۳/۶۴ درصد)، لاشتر- گل آذین (۱۲/۸۹ درصد) و کوه سفید- برگ (۱۴/۵۳ درصد)، میزان *n-decanal* در جمعیت دومبلینی- گل آذین (۲۳/۴۳ درصد)، لاشتر- برگ (۱۱/۷۹ درصد) و کوه سفید- برگ (۱۶/۵۹ درصد)، میزان *cis-pinocarveol* در جمعیت دومبلینی- برگ (۱۹/۸۰ درصد)، لاشتر- گل آذین (۸/۰۶ درصد) و میزان *santolina triene* در جمعیت دومبلینی- برگ (۸/۸۶ درصد)، دومبلینی- گل آذین

ارتفاعات پایین به دلیل میزان رطوبت و مواد آلی بیشتر و غلظت مناسب تر عناصر غذایی، شرایط مساعدتری برای رشد و گسترش گیاه به وجود می آید که باعث تولید گل های بیشتری شده و با افزایش عملکرد پیکر رویشی، مستقیماً باعث افزایش میزان اسانس می شود (حیدری و همکاران، ۱۳۹۸). یوسف زاده (۱۴۰۰) تغییرات ارتفاع از سطح دریا را از مهمترین عوامل تأثیرگذار بر میزان اسانس بیان کردند، به طوریکه بیشترین میزان اسانس گیاه پولک (*Stachys inflata* Benth) از جمعیت ارلان که در کمترین ارتفاع از سطح دریا واقع شده بود، به دست آمد. مشابه تحقیق حاضر، در بررسی حیدری و همکاران (۱۳۹۸) بر روی میزان اسانس چهار جمعیت گیاه سنبله ای کرکدار (*Stachys pilifera* L.)، بیشترین میزان اسانس از رویشگاه لوداب با ارتفاع کمتر از سطح دریا و بیشترین میزان کربن آلی خاک به دست آمد. هر چند بر خلاف تحقیق ما، رویشگاه لوداب از بارندگی سالانه کمتر و درجه حرارت سالانه بیشتری نسبت به رویشگاه های مورد بررسی برخوردار بود.

در تجزیه اسانس توسط دستگاه GC/MS، در اسانس حاصل از گل آذین و برگ جمعیت های مورد بررسی گیاه مینای

جدول ۷- مقادیر ترکیبات شیمیایی شناسایی شده در اسانس حاصل از گل آذین و برگ جمعیت‌های مورد بررسی (درصد)

نام ترکیبات شیمیایی	نوع ترکیب	R.T. <sup>a</sup>	R.I. <sup>b</sup>	کوه سفید برگ	لاشتر-گل	لاشتر-برگ	دومبلینی- گل	دومبلینی- برگ
2- Heptanone	Ketone	۱/۶۵	۸۸۵	۰/۵	۰/۲۹			
Santolina triene	Unsaturated Hydrocarbons	۱/۷۴	۹۰۴				۹/۰۳	۸/۸۶
$\alpha$ - Pinene	Monoterpene	۱/۹	۹۳۵	۰/۵	۰/۴۹			۰/۸۰
Camphene	Monoterpene	۱/۹۴	۹۴۵	۱۴/۵	۱۲/۸۹	۳/۶۴	۷/۰۳	۱۰/۰۰
Sabinene	Monoterpene	۲/۰۵	۹۶۴	۱/۷	۰/۹۷	۰/۴۹	۲/۰۴	۲/۹۰
$\beta$ - Pinene	Monoterpene	۲/۱۲	۹۷۶	۳/۸	۱/۸۵	۰/۷۹		۳/۵۰
3- Octanone	Ketone	۲/۱۴	۹۸۰	۰/۵	۳/۰۱	۰/۸۴	۰/۶۲	
Hexyl acetate	Ester	۲/۱۷	۱۰۰۷	۶/۰	۳/۲۹	۱/۶۷	۲/۳۹	۳/۳۶
1,8-Cineole	Monoterpene	۲/۲۷	۱۰۳۳	۰/۷	۰/۲۵		۰/۴۹	
(E)- $\beta$ -ocimene	Monoterpene	۲/۳۱	۱۰۴۳	۰/۶	۰/۵۲	۰/۴۳		۰/۴۴
$\gamma$ -Terpinene	Monoterpene	۲/۳۵	۱۰۵۳	۲/۱	۳/۲۴	۳/۱۵	۲/۰۱	۲/۲۱
Artemisia ketone	Ketone	۲/۳۷	۱۰۵۸	۰/۶	۰/۴۹			۰/۵۶
cis-Sabinene hydrate	Monoterpene	۲/۴	۱۰۶۶	۱۷/۱	۱۵/۱۹	۲۳/۶۵	۱۱/۹۰	۲۲/۶۲
trans- Lialool oxide	Terpene alcohol & Tetrahydrofurans	۲/۴۸	۱۰۸۴	۱/۲	۰/۸۷	۱/۰۱	۱/۶۷	۱/۶۰
trans -Sabinene hydrate	Monoterpenes	۲/۵۲	۱۰۹۶		۳/۷۳	۱/۲۳		۰/۳۳
n-Undecane	Alkane	۲/۵۳	۱۱۰۱			۰/۳۷		۰/۴۴
trans -Thujone	Ketone and Monoterpene	۲/۳۷	۱۰۵۸	۰/۴	۰/۲۴			
Myrcenol	Monoterpene	۲/۶۳	۱۱۱۷	۵/۱	۰/۸۰	۰/۷۲	۱/۹۸	۰/۵۸
Chrysanthenone	Monoterpene	۲/۶۵	۱۱۲۱			۰/۵۰		
Dihydro- linalool	Monoterpene	۲/۶۹	۱۱۳۱	۹/۰	۵/۲۰	۳/۸۰	۲/۳۶	۱/۵۴
cis- $\beta$ -Terpineol	Monoterpene	۲/۷۳	۱۱۳۸				۸/۳۵	۷/۳۴
2-Ethyl hexyl acetate	Ester	۲/۷۸	۱۱۴۸				۳/۱۲	۲/۰۶
Nerol oxide	Monoterpene	۲/۸	۱۱۵۴	۱/۹۵	۱۵/۱۳	۱۲/۰۹	۱/۲۹	۱/۱۱
trans- $\beta$ -Dihydro terpineol	Monoterpene	۲/۸۲	۱۱۵۷		۱/۹۲	۰/۸۷		
Angustifolenone	Monoterpene ketone	۲/۸۷	۱۱۶۷		۲/۰۰	۱/۶۶		
Terpinen-4-ol	Monoterpene	۲/۹۲	۱۱۷۶	۱/۰۱	۱/۱۸	۱/۷۵	۰/۷۴	۰/۶۶
cis-Pinocarveol	Bicyclic monoterpene noid	۲/۹۵	۱۱۸۳		۸/۰۶			۱۹/۸۰
n-Decanal	Aldehyde	۲/۹۶	۱۲۰۲	۱۶/۵۹		۱۱/۷۹	۲۳/۴۳	
Octanol acetate	Ester	۳	۱۲۱۳	۱/۲۷		۱/۵۲	۰/۹۱	۱/۰۲
Methyl nonanoate	Ester	۳/۰۴	۱۲۲۴	۲/۶۷	۲/۱۰	۲/۵۹	۳/۸۶	۲/۸۴
Carvone	Monoterpene	۳/۰۹	۱۲۳۸	۲/۵۶	۱/۷۵	۲/۶۵	۲/۸۸	۲/۷۴
Heptyl isobutanoate	Ester	۳/۱۵	۱۲۵۳	۰/۳۱	۰/۴۸	۰/۶۷	۰/۴۰	
n-Decanol	Fatty alcohol	۳/۱۸	۱۲۶۲		۰/۲۹	۰/۴۵		
Cis-carvyl acetate	Monoterpene	۳/۲۲	۱۲۷۲		۰/۲۸			
Bornyl acetate	Ester	۳/۲۷	۱۲۸۴		۱/۴۸	۱/۱۹		

a) Retention time using a HP-5MS column.

b) Retention indices using a HP-5MS column. (Adams, 2017)

ادامه جدول ۷-

نام ترکیبات شیمیایی	نوع ترکیب	R.T. <sup>a</sup>	R.I. <sup>b</sup>	کوه سفید برگ	لاشتر-گل	لاشتر-برگ	دومبلینی- گل	دومبلینی- برگ
$\gamma$ - Terpinen-7-al	Monoterpene	۳/۳	۱۲۹۲				۰/۶۹	
(8Z)- Undecenal	Aldehyde	۳/۳۳	۱۳۰۰	۲/۳۵	۰/۳۶	۰/۳۳		
Neoiso-isopulegyl acetate	Ester	۳/۳۸	۱۳۱۲		۳/۶۵			
<i>Cis</i> -dihydro- $\alpha$ - terpinyl acetate	Monoterpene	۳/۴۰	۱۳۱۸		۰/۶۱	۱/۴۴	۰/۹۵	۰/۳۸
<i>Cis</i> -piperitol acetate	Monoterpene, ketone	۳/۴۶	۱۳۳۱	۰/۴۲		۸/۷۸		
Piperitenone	Monoterpene, ketone	۳/۵	۱۳۴۱		۰/۳۸	۰/۴۷		
Octadecanal	Aldehyde	۳/۶	۱۳۶۵			۰/۶۹		
$\beta$ -Humulene	Sesquiterpene	۳/۸	۱۴۳۴		۴/۲۰	۳/۳۶		
$\gamma$ – Decalactone	Lactone	۳/۹	۱۴۶۵	۰/۳۰	۰/۴۳			
$\gamma$ – Gurjunene	Sesquiterpene	۳/۹۴	۱۴۷۶			۰/۵۵	۱/۵۱	
$\beta$ -Sesquiphellandrene	Enzyme	۴	۱۵۲۱	۰/۳۷			۱/۰۹	
Dihydro- eudesmol	Enzyme	۱۴/۵۲	۱۶۶۰				۱/۵۵	
<i>n</i> -Heptadecane	Straight-chain alkane	۴/۶۴	۱۷۰۰	۰/۸۲			۱/۵۸	۰/۷۲
Isobicyclogermacrenal	Sesquiterpene	۴/۷۵	۱۷۳۳	۰/۶۷			۱/۷۹	۱/۴۴
Curcumenol	Sesquiterpene	۴/۷۶	۱۷۳۶		۰/۸۲	۰/۶۹		
14-Hydroxy- $\delta$ - cadinene	Sesquiterpene	۴/۹۱	۱۸۰۵	۰/۳۵	۰/۴۲			
(E) - $\beta$ - Santalol acetate	Sesquiterpene	۵/۰۹	۱۸۶۵	۱/۳۴			۰/۵۹	
<i>n</i> -Hexadecanol	Alkane hydrocarbon	۵/۱	۱۸۷۰		۰/۶۷	۰/۹۷		
Cubitene	Sesquiterpene	۵/۱۱	۱۸۷۶	۰/۳۳		۰/۵۷		
<i>n</i> - nonadecane	Alkane	۵/۱۴	۱۸۸۳		۰/۲۸			
Geranyl benzoate	Ester	۵/۳۶	۱۹۶۵	۰/۴۴				
Isopropyl hexadecanoate	Ester	۵/۵۱	۲۰۲۸	۰/۲۴				
Kaurene	Tetracyclic diterpene	۵/۵۳	۲۰۴۲	۰/۴۳				
Canellal	Sesquiterpene	۵/۵۶	۲۰۴۸	۰/۷۶				
Abieta-(8(14), 13(15)-diene			۲۱۵۴	۰/۳۶			۰/۸۶	
میزان کل اسانس شناسایی شده				۹۹/۳۴	۹۹/۸۱	۹۷/۳۷	۹۵/۵۳	۹۹/۸۶

a) Retention time using a HP-5MS column.

b) Retention indices using a HP-5MS column. (Adams, 2017)

کمترین میزان ترکیبات را به خود اختصاص دادند. همچنین، بیشترین و کمترین میزان ترکیبات در جمعیت لاشتر- برگ به ترتیب مربوط به *cis*-sabienene hydrate (۲۳/۶۵ درصد) و *n*-undecane (۰/۳۷ درصد) بود. ترکیبات *cis*-sabienene hydrate (۱۵/۱۹ درصد) و *trans*-thujone (۰/۲۴ درصد) به ترتیب دارای بیشترین و کمترین میزان در جمعیت لاشتر-گل

(۹/۰۳ درصد) به دست آمد (جدول ۷).

در جمعیت دومبلینی- برگ، بیشترین و کمترین میزان ترکیبات به ترتیب مربوط به *cis*-sabienene hydrate (۲۲/۶۲ درصد) و *cis*-dihydro- $\alpha$ -terpinyl acetate (۰/۳۸ درصد) بود. در جمعیت دومبلینی-گل آذین، *n*-decanal (۲۳/۴۳ درصد) و heptyl isobutanoate (۰/۴۰ درصد) به ترتیب بیشترین و

جدول ۸- مقادیر ترکیبات شیمیایی شناسایی شده جمعیت‌های مورد بررسی بر اساس گروه‌های شیمیایی

نام ترکیبات شیمیایی	دومبلینی - برگ	دومبلینی - گل	لاشتر - برگ	لاشتر - گل	کوه سفید - برگ
Ketone	۰/۵۶	۰/۶۲	۱۱/۷۵	۶/۴۱	۲/۴۲
hydrocarbons Unsaturated	۸/۸۶	۹/۰۳	-	-	-
Monoterpenes	۷۶/۱۵	۴۲/۷۱	۵۷/۲۰	۷۴/۰۶	۶۰/۶۲
Ester	۹/۲۸	۱۰/۶۸	۷/۶۴	۱۱/۰۰	۱۰/۹۳
Terpene alcohol	۱/۶۰	۱/۶۷	۱/۰۱	۰/۸۷	۱/۲۰
Alkane	۱/۱۶	۱/۵۸	۰/۳۷	۰/۲۸	۰/۸۲
Aldehyde	-	۲۳/۴۳	۱۲/۸۱	۰/۳۶	۱۸/۹۴
Fatty alcohol	-	-	۰/۴۵	۰/۲۹	-
Sesquiterpene	۱/۴۴	۲/۱۰	۵/۱۷	۵/۴۴	۳/۴۵
Lactone	-	۰	-	۰/۴۳	۰/۳۰
Enzyme	-	۳/۵۰	-	-	۰/۷۳

آذین بودند. در جمعیت کوه سفید- برگ، بیشترین و کمترین میزان به ترتیب در ترکیبات *cis-sabienene hydrate* (۱۷/۱۳ درصد) و isopropyl hexadecanoate (۰/۲۴ درصد) مشاهده شد (جدول ۷).

اگر چه گونه‌های مختلف جنس تاناستوم به دلیل خواص دارویی خود به طور گسترده‌ای شناخته شده‌اند، اما تحقیقات زیادی در خصوص ترکیبات شیمیایی گونه مینای اصفهانی وجود ندارد. براساس تحقیقات Olamazadeh و همکاران (۲۰۱۴)، اجزای اصلی حاصل از گل مینای اصفهانی  $\alpha$ -pinene (۲۲/۹ درصد)، 1,8-cineole (۲۱/۵ درصد)، sabinene (۱۷/۹ درصد)، 2-pyrrolidinone (۷/۲ درصد)، camphor (۶/۸ درصد) و camphene (۳/۵ درصد) و اجزای اصلی برگ 1,8-cineole (۴۰/۴ درصد)،  $\alpha$ -pinene (۲۰/۳ درصد)، sabinene (۱۶/۳ درصد)، camphor (۶/۸ درصد) و 2-pyrrolidinone (۳/۷ درصد) بودند. Afsharypuor و Mosaffa Jahromy (۲۰۰۳)، گزارش کردند که مهمترین ترکیبات شیمیایی شناسایی شده در روغن فرار حاصل از مینای اصفهانی 1,8-cineole (۱۸/۶ درصد)، camphor (۱۳/۹ درصد)،  $\alpha$ -pinene (۶/۷ درصد)، sabinene (۵/۲ درصد)، linalool (۴/۵ درصد) است.

عواملی که رشد، نمو و بیوسنتز ترکیبات ثانویه و اولیه را در گیاهان دارویی تحت تأثیر قرار می‌دهد، عوامل اکولوژیکی و ژنتیکی هستند. اگر چه این ترکیبات اساساً تحت فرایندهای ژنتیکی ساخته می‌شوند، اما محیط به عنوان مهمترین عامل مؤثر بر میزان بیان ژن‌های بیوسنتزکننده ترکیبات ثانویه در گیاهان دارویی مطرح است و شناخت این عوامل می‌تواند به افزایش میزان تولید متابولیت‌های ثانویه گیاهان دارویی کمک کند (Danesh-Shahraki et al., 2023).

همانطور که در جدول ۷ مشاهده می‌شود، ترکیبات شیمیایی اجزای اسانس در جمعیت‌های مورد بررسی دارای تنوع زیادی هستند. به‌طوریکه بیشترین تنوع در ترکیبات شیمیایی اجزای اسانس رویشگاه کوه سفید که نسبت به دو رویشگاه دیگر دارای کمترین ارتفاع از سطح دریا، متوسط درجه حرارت سالانه و اسیدیته خاک کمتر و بیشترین کربن آلی خاک می‌باشد قابل مشاهده است (جدول ۲، ۳ و ۶). ویژگی‌های محل رویش اعم از شرایط آب و هوایی مانند نور، ارتفاع و میانگین دما (Taati et al., 2021) و ویژگی‌های خاک و بستر رشد گیاه (حیدری و همکاران، ۱۳۹۸) تأثیر بسزایی بر ساخت ترکیب‌های شیمیایی در محصولات باغی و دارویی دارند. به نظر می‌رسد، در ارتفاعات پایین به دلیل میزان رطوبت

و مواد آلی بیشتر و غلظت مناسب‌تر عناصر غذایی، شرایط مساعدتری برای رشد و گسترش گیاه به وجود می‌آید که باعث افزایش عملکرد پیکر رویشی و تولید گل‌های بیشتری شده و بر تنوع ترکیبات شیمیایی اسانس می‌تواند مؤثر باشد (حیدری و همکاران، ۱۳۹۸).

براساس طبقه‌بندی ترکیبات شیمیایی شناسایی‌شده مندرج در جدول ۶، از نظر تنوع، اکثر ترکیبات جز منوترپن، استر، سسکوئی‌ترپن و کتون‌ها بودند. همچنین، منوترپن‌ها، آلدئیدها و سپس استرها بیشترین میزان ترکیبات شیمیایی را به خود اختصاص دادند (جدول ۸). بیشترین میزان منوترپن‌ها در جمعیت لاشر (۱۳۱/۲۶ درصد) و دومبلینی (۱۱۸/۸۶ درصد) و بیشترین میزان آلدئید (۲۳/۴۳ درصد) و استر (۱۹/۹۶ درصد) در جمعیت دومبلینی مشاهده شد (جدول ۸).

### نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج، میزان فنل، فلاونوئید کل، فعالیت آنتی اکسیدانی و میزان اسانس، تنها تحت تأثیر تیمار جمعیت (رویشگاه‌های مختلف) قرار گرفتند و تیمار سال و برهمکنش آن‌ها تأثیری بر این صفات نشان نداد. بیشترین میزان فلاونوئید کل، فعالیت آنتی اکسیدانی و میزان اسانس مربوط به رویشگاه کوه سفید بود که نسبت به دو رویشگاه دیگر دارای کمترین ارتفاع از سطح دریا، متوسط درجه حرارت سالانه و اسیدیته خاک کمتر و بیشترین کربن آلی خاک و بارندگی سالانه است. بیشترین میزان فنل کل در منطقه لاشر به‌دست آمد. همچنین، رابطه معنی‌دار (مثبت) میان مقدار فنل و فلاونوئید کل با فعالیت آنتی اکسیدانی وجود دارد، که مبین این امر است که ترکیبات فنلی و فلاونوئیدها می‌توانند مسئول فعالیت آنتی اکسیدانی و فعالیت به‌دام اندازی رادیکال‌های آزاد عصاره

### منابع

پارسا مطلق، بهاره، رضوانی مقدم، پرویز، قربانی، رضا، و اعظمی ساردویی، ذبیح‌اله (۱۳۹۶). تأثیر منابع تغذیه‌ای و سطوح آب آبیاری بر عملکرد، اجزای عملکرد، فعالیت آنتی اکسیدانی و میزان آنتوسیانین کاسبرگ گیاه دارویی چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) در جیرفت. *پژوهش‌های زراعی ایران*، ۱۵(۲)، ۴۵۱-۴۶۲. DOI: 10.22067/gsc.v15i2.56296

استخراج شده در گونه مینای اصفهانی باشند. بیشترین میزان اسانس از جمعیت کوه سفید و کمترین میزان از جمعیت لاشر به‌دست آمد. رویشگاه لاشر در ارتفاع بیشتری نسبت به رویشگاه‌های دیگر قرار داشت، به طوریکه از بارندگی سالانه و کربن آلی خاک کمتر و درجه حرارت سالانه بیشتری برخوردار است. در تحقیق حاضر، مهمترین ترکیبات شناسایی‌شده تعیین‌کننده کیفیت اسانس مینای اصفهانی شامل *cis-sabienene*, *santolina triene*, *n-decanal*, *camphene hydrate*, *cis-nerol oxide*, *cis-β-terpineol*, *dihydro-linalool* و *pinocarveol* بودند که هر یک از این ترکیبات مسئول خواص دارویی مینای اصفهانی هستند. بیشترین تنوع در ترکیبات شیمیایی اجزای اسانس، در رویشگاه کوه سفید مشاهده شد و *cis-sabienene hydrate* بالاترین ترکیب مشاهده شده در برگ هر سه رویشگاه بود.

تفاوت‌های مشاهده‌شده در میزان فنل، فلاونوئید کل، فعالیت آنتی اکسیدانی و میزان اسانس در رویشگاه‌های مورد بررسی می‌تواند ناشی از تفاوت ویژگی‌های اکولوژیک مناطق مانند رطوبت، ارتفاع از سطح دریا، عوامل خاکی و جغرافیایی باشد. عوامل محیطی مختلف مانند آب‌وهوای رویشگاه، ارتفاع از سطح دریا و نوع خاک از عواملی هستند که می‌توانند بر کمیت و کیفیت مواد مؤثره گیاهان دارویی تأثیر داشته باشند. از دیدگاه خصوصیات فیتوشیمیایی، جمعیت کوه سفید به دلیل برخورداری از میزان اسانس و فعالیت آنتی اکسیدانی بیشتر نسبت به جمعیت لاشر و دومبلینی می‌تواند یکی از رویشگاه‌های هدف به منظور شروع کارهای اصلاحی جهت اهلی نمودن گیاه دارویی مینای اصفهانی (*T. lingulatum*) باشد.

- جعفری، ناصر، نادری، پوراندخت، و ابراهیم‌زاده، و محمد علی (۱۳۹۴). سنجش محتوای فنل و فلاونوئید تام و بررسی خاصیت آنتی-اکسیدانی عصاره برگ درختان انجیر (*Ficus carica*) و لرگ (*Pterocarya fraxinifolia*) با روش اسپکتروفتومتری و کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا. زیست‌شناسی گیاهی، ۷(۲۵)، ۱-۱۶. DOI: 20.1001.1.20088264.1394.7.25.2.2
- حبیبی، قادر (۱۳۹۹). تأثیر ارتفاع بر تغییرات روزانه ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و مهار نوری موقتی در گیاه *Marrubium vulgare*. زیست‌شناسی گیاهی ایران، ۱۲(۳)، ۵۷-۷۲. DOI: 10.22108/ijpb.2020.120483.1188
- حیدری، حامد، صالحی، امین، فرجی، هوشنگ، میری‌نژاد، شهاب الدین، و بهزادی، یعقوب (۱۳۹۸). مطالعه خصوصیات مورفولوژی و فنولوژی، میزان عناصر غذایی پرمصرف (نیتروژن، فسفر، پتاسیم) و درصد اسانس چهار جمعیت گیاه سنبله‌ای کرکدار (*Stachys pilifera* L.). مجله علوم باغبانی ایران (علوم کشاورزی ایران)، ۵۰(۱)، ۲۴۲-۲۳۳. DOI: 10.22059/ijhs.2018.246592.1355
- صبورا، عذرا، احمدی، الهام، زینالی، امینه، و پارسا، میترا (۱۳۹۳). مقایسه محتوای ترکیبات فنلی، فلاونوئیدی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی اندام هوایی دو جمعیت گیاه بشقابی سنبله‌ای (*Scutellaria Pinnatifida*) در شمال ایران. مجله دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان، ۱۳(۳)، ۲۴۹-۲۶۶. <http://journal.rums.ac.ir/article-1-1367-fa.html>
- علیزاده، ابوذر، سلاح ورزبان، امین، دولتشاه، علی، موموند، حسن، و عینی نرگسه، حامد (۱۳۹۸). بررسی خصوصیات مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی میوه جمعیت‌های مختلف نسترن کوهی (*Rosa canina* L.) در استان لرستان. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۳۵(۳)، ۵۱۲-۵۲۶. DOI: 10.22092/ijmapr.2019.123870.2420
- فیروزه، رعنا، خاوری‌نژاد، رضاعلی، نجفی، فرزانه، و سعادت‌مند، سارا (۱۳۹۷). اثرات جیبرلین بر محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی، پرولین، فنل و فلاونوئید در گیاه دارویی مرزه (*Satureja hortensis* L.) تحت تنش شوری. مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست‌شناسی ایران)، ۳۱(۴)، ۸۹۴-۹۰۸. DOI: 20.1001.1.23832592.1397.31.4.12.4
- نجار فیروز جایی، مصطفی، همتی، خدایار، خراسانی‌نژاد، سارا، دارایی گرمه‌خانی، امیر، و باقری فرد، امین اله (۱۳۹۳). اثر ارتفاع بر خصوصیات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی برگ گیاه گزنه (*Urtica dioica* L.) در استان‌های مازندران و گلستان. فیزیولوژی محیطی گیاهی، ۹(۳۵)، ۱-۱۱. DOI: 20.1001.1.76712423.1393.9.35.1.8
- نوری حسینی، سید مجتبی، خراسانی، رضا، آستارایی، علیرضا، رضوانی مقدم، پرویز، و ذبیحی، حمیدرضا (۱۳۹۵). تأثیر منابع کودی مختلف و اسید هیومیک بر خصوصیات مورفولوژیک، عملکرد و میزان آنتی‌اکسیدان دانه زیره سیاه (*Bunium persicum* Boiss.). پژوهش‌های کاربردی زراعی، ۲۹(۴)، ۸۸-۱۰۵. DOI: 10.22092/aj.2017.110251.1150
- هاشمیان، ملیحه، گنجعلی، علی، و چنایی، منیره (۱۳۹۹). تأثیر الیسیتورهای متیل جاسمونات و سالیسیلیک اسید بر میزان تولید متابولیت‌های ثانویه و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گیاه کلپوره (*Teucrium polium* L.) در شرایط *in vitro*. زیست‌شناسی گیاهی ایران، ۱۲(۴۴)، ۶۱-۷۶. DOI: 10.22108/ijpb.2020.118410.1164
- یوسف‌زاده، سعید (۱۴۰۰). بررسی ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه پولک (*Stachys inflata* Benth) تحت تأثیر ارتفاع و خاک در استان آذربایجان شرقی. تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک، ۳(۲)، ۲۰۷-۲۲۰. DOI: 10.22034/csrar.2021.302366.1125
- Adams, R. P. (2007). Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry, 4<sup>th</sup> Ed. Allured Publishing Corporation, Carol Stream, IL, USA.
- Adams, R. P. (2017). Identification of essential oils by ion trap mass spectroscopy. Academic Press, San Diego, CA.
- Afsharypuor, S., & Mosaffa Jahromy, M. (2003). Constituents of the essential oil of *Tanacetum lingulafum* (Boiss.) Bornm. *Journal of Essential Oil Research*, 15, 74-76. DOI: 10.1080/10412905.2003.9712069
- Alavi Samany, S. M., Ghasemi Pirbalouti, A., & Malekpoor, F. (2022). Phytochemical and morpho-physiological changes of hyssop in response to chitosan-spraying under different levels of irrigation. *Industrial Crops and Products*, 176, 114330. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.114330>

- Amjad, L., Mohammadi, M., & Monajemi, R. (2016). Anti-inflammatory and analgesic effects of *Tanacetum lingulatum* sesquiterpene lactone extracts in pats. *International Journal of Biology, Pharmacy and Allied Sciences*, 5(1), 198-205. <https://www.researchgate.net/publication/289991635>
- Bakhtiar, A., Khaghani, S., Ghasemi Pirbalouti, A., Gomarian, M., & Chavoshi, S. (2021). Essential oil variation among different populations of *Ziziphora tenuior* L. cultivated at semiarid climate. *Essential Oil Research*, 33(4), 385-393. <https://doi.org/10.1080/10412905.2021.1909666>
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensm Wiss Technology*, 28, 25-30. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)
- Chang, C., Yang, M., Wen, H., & Chern, J. (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of Food and Drug Analysis*, 10, 178-182. <https://doi.org/10.38212/2224-6614.2748>
- Danesh-Shahraki, H., Ghasemi Pirbalouti, A., Rajabzadeh, F., & Kachouei, M. A. (2023). Water deficit stress mitigation by the foliar spraying of salicylic acid and proline on the volatile oils and growth features of hyssop (*Hyssopus officinalis* L.). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 26(1), 115-129. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2022.2160279>
- Farhadi, N., Babaei, K., Farsaraei, S., Moghaddam, M., & Ghasemi Pirbalouti, A. (2020). Changes in essential oil compositions, total phenol, flavonoids and antioxidant capacity of *Achillea millefolium* at different growth stages. *Industrial Crops and Products*, 152, 112570. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112570>
- Ghasemi Pirbalouti, A. (2019). Chemical composition of essential oils of four *Tanacetum* species from the Alpine regions in Iran. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 1651676. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2019.1651676>
- Ghasemi Pirbalouti, A., Mohamadpoor, H., Bajalan, I., & Malekpoor, F. (2019). Chemical compositions and antioxidant activity of essential oils from Inflorescences of two landraces of hyssop [*Hyssopus officinalis* L. subsp. *Angustifolius* (Bieb.)] cultivated in southwestern, Iran. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 22(4), 1074-1081. DOI: 10.1080/0972060X.2019.1641431
- Gupta, S., Singh, A., Dikshit, H. K., Aski, M., Mishra, G. P., & Kumar, J. (2018). Assessment of total phenol content, total flavonoid content and anti-oxidant capacity in exotic lentil germplasm. *Chemical Science Review and Letters*, 7, 459-463.
- Medini, F., Fellah, H., Ksouri, R., & Abdelly, C. (2014). Total phenolic, flavonoid and tannin contents and antioxidant and antimicrobial activities of organic extracts of shoots of the plant *Limonium delicatulum*. *Journal of Taibah University for Science*, 8(3), 216-224. <https://doi.org/10.1016/j.jtusci.2014.01.003>
- Memarzadeh, S. M., Gholami, A., Ghasemi Pirbalouti, A., & Masoum, S. (2020). Bakhtiari savory (*Satureja bachtiarica* Bunge.) essential oil and its chemical profile, antioxidant activities, and leaf micromorphology under green and conventional extraction techniques. *Industrial Crops and Products*, 154, 112719. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112719>
- Momeni, M., Ghasemi Pirbalouti, A., Mousavi, A., & Badi, H. N. (2020). Effect of foliar applications of salicylic acid and chitosan on the essential oil of *Thymbra spicata* L. under different soil moisture conditions. *Essential Oil Bearing Plants*, 23(5), 1142-1153. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2020.1801519>
- Olamazadeh, Sh., Amjad, L., & Shahanipour, K. (2014). Chemical composition and identification of the essential oil of *Tanacetum lingulatum* in Iran. *Advances in Environmental Biology*, 8(7), 2461-2464. <https://www.researchgate.net/publication/32941>
- Ounaissia, K., Berramdane, N., Ziane, Ch., Gouasmi, Zh., & Hadeif, Y. (2021). Total phenol content, antioxidant and anti-inflammatory activities of *Inula viscosa* from Guelma-Algeria. *International Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 14(3), 186-193. <https://www.ijans.org/index.php/ijans/article/view/544>
- Sadeghian, S., Hatami, A., Jafari, E., & Hamzeh'ee, B. (2019). Chromosome count reports of two rare endemic species of *Tanacetum* in Iran. *Research Institute of Forests and Rangelands*, 25(1), 44-48. DOI: 10.22092/ijb.2019.123871.1216
- Shahbazi, Z., Zarshenas, M. M., Moein, M., Khademian, S., & Etemadfard, H. (2019). Microscopic characterization, TLC fingerprinting and determination of total phenol and flavonoid of different population of *Camellia sinensis* (L.) Kuntze (green tea) compared to a standard sample. *Trends in Pharmaceutical Sciences*, 5(2), 111-118. DOI: 10.30476/tips.2019.82982.1019
- Taati, S., Pilehvar, B., & Mirazadi, Z. (2021). Essential oil, phenol and flavonoid contents in leaves and fruits of *Prunus scoparia* (Spach) CK schneid populations. *Journal of Medicinal plants and By-product*, 11(2), 201-209. DOI: 10.22092/jmpb.2021.353238.1318
- Telfer, A. (2014). Singlet oxygen production by PSII under light stress: Mechanism, detection and the protective role of b-Carotene. *Plant Cell Physiology*, 55(7), 1216-1223. DOI: 10.1093/pcp/pcu040
- Wojdylo, A., Oszmianski, J., & Czemerys, R. (2007). Antioxidant activity and phenolic compounds in 32 selected herbs. *Food Chemistry*, 105, 940-949. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.04.038>

## Phytochemical diversity and antioxidant activity of different populations of *Tanacetum lingulatum* (Boiss.) Bornm. medicinal plant in the natural habitats of Isfahan Province

Pegah Mozaffari Malamiri<sup>1</sup>, Abdollah Ghasemi Pirbalouti<sup>2\*</sup>, Mohammad Bagher Rezaee<sup>3</sup>, Faezeh Rajabzadeh<sup>4</sup> and Kamkar Jaymand<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Department of Agronomy and Medicinal Plants, Shahrekord Branch, Islamic Azad University, Shahrekord, Iran

<sup>2</sup> Faculty of Pharmacy, Medical Sciences Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

<sup>3</sup> Phytochemistry Group, Department of Medicinal Plants and By-products, Institute of Forest and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran, Iran

<sup>4</sup> Department of Agronomy, Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

<sup>5</sup> Phytochemistry Group, Department of Medicinal Plants and By-Products, Institute of Forest and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran, Iran

(Received: 2022/11/27, Accepted: 2023/08/26)

### Abstract

Identifying different habitats and evaluating the effect of environmental factors on the performance of active ingredients in medicinal plants is a basic help to maintain the genetic diversity of these plants. This research was done in three habitats in Isfahan province during 2017–2020. The aerial parts of *Tanacetum lingulatum* Boiss. Bornm were harvested at the full flowering stage and transferred to the laboratory of the Research Institute of Forest and Rangelands. Total phenol and flavonoid contents were measured by the Follin-Ciocalteu reagent and the aluminum chloride colorimetric method, respectively. The antioxidant activity of the extract was evaluated by measuring the reduction of radical capacity with the help of DPPH. The essential oil from *T. lingulatum* plants was extracted by water distillation using Clevinger and analyzed by GC/MS. According to the results, the amounts of total phenol and flavonoids, the antioxidant activity and the essential oil content were only affected by population treatment. The maximum content of total flavonoids (0.289 mg QE/g dry weight), the antioxidant activity (53.67%), and the essential oil content (0.15% v/w) were related to the Kooh Sefid habitat. Compared to the other two habitats, the Kooh Sefid region has the lowest altitude above sea level, the lowest average annual temperature and soil acidity, and the highest soil organic carbon and annual rainfall. The highest amount of total phenol was obtained from the Lashtar habitat (0.051 mg GAE/g dry weight). The most important compounds identified in the essential oils were *cis*-sabinene hydrate (12–24%), camphene (3–15%), *n*-decanal (11–24%), dihydro-linalool (1–9%), *cis*- $\beta$ -terpineol (7–9 %), nerol oxide (1–16%), and *cis*-pinocarveol (8–20%). Variation observed in the examined traits in different habitats can be caused by differences in ecological characteristics. Finally, the Kooh Sefid population can be one of the target habitats for preserving the genetic diversity of the *T. lingulatum* medicinal plant due to having more essential oil and antioxidant activity.

**Keywords:** *cis*-Sabinene hydrate, Ecological effects, Essential oil, *n*-decanal, Total phenolic content, Total flavonoid content

Corresponding author, Email: a.ghasemi@iautmu.ac.ir