مجله شیمی کوانتومی و اسپکتروسکوپی
۱:٤ (۱۳۹۰) ٦٦-٥٩
Journal of Quantum Chemistry and Spectroscopy (JQCS)

جداسازی و شناسایی اجزاء تشکیل‌دهنده روغن‌های اسانسی گیاه Pervoskia abrotanoides karel به وسیله تکنیک میکرواستخراج فاز جامد فضای فوقانی جفت‌شده با دستگاه کروماتوگرافی گازی-طیف سنجی جرمی

مهدی نکوئی*[۱]، مجید محمدحسینی[۱]، بهزاد چهکندی[۱]، حسین‌علی مشایخی[۲]، مهدی رحیمی[۱]

[۱] دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شاهرود، دانشکده علوم پایه، گروه شیمی، شاهرود، ایران

[۲] دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تنکابن، گروه شیمی، تنکابن، ایران

تاریخ ثبت اولیه: ۱۳۹۰/۹/۱۸ ، تاریخ دریافت نسخه اصلاح شده: ۱۳۹۰/۱۱/۱۳، تاریخ پذیرش قطعی: ۱۳۹۰/۱۱/۱۷

چکیده

روغن‌های اسانسی بخش‌های مختلف از گیاه معطر و وحشی *Pervoskia abrotanoides* karel (گل، برگ و ساقه) از منطقه‌ی خوش ییلاق، توسط روش ریز استخراج فاز جامد (SPME) استحصال و ترکیبات متشکله به کمک روش کروماتوگرافی گازی توأم با طیف سنجی جرمی (GC/MS) بررسی و شناسایی گردید. ترکیبات اصلی تشکیل‌دهنده‌ی گل‌ها به ترتیب آلفا پینن(۲۵/۷۷٪)، ۱و۸- سینئول(۲۰/۸۶٪)، میرسن(۱۰/۱۱٪) و کامفن(۸/۵۶٪)، ترکیبات عمده‌ی ساختار شیمیائی برگ‌ها به ترتیب ۱و۸- سینئول(۲۵/۵۱٪)، میرسن(۱۹/۰۵٪) و آلفا پینن(۱۲/۶۲٪) و اجزاء اصلی موجود در اسانس فرار ساقه‌های این گیاه به ترتیب میرسن(۳۱/۲۳٪)، ۱و۸- سینئول(۲۶/۴۳٪) و آلفا پینن(۸/۷۴٪) هستند.

واژه‌های کلیدی: ***میکرواستخراج فاز جامد فضای فوقانی، کروماتوگرافی گازی-طیف سنجی جرمی، روغن‌های اسانس، Pervoskia abrotanoides karel***

۱. مقدمه

نعناعیان یا لب‌گشادگان (Lamiaceae یا Labiatae) یکی از تیره‌های مشهور گیاهی است که بالغ بر ۲۲۰ جنس و ۳۵۰۰ گونه را در سراسر دنیا در بر می‌گیرد. گیاه *ervoskia abrotanoides karel* با نام‌های محلی گل کبود یا کن کبد متعلق به خانواده‌ی نعناعیان، گیاهی بوته‌ای یا نیمه درختچه‌ای و به ارتفاع حدوداً یک متر با بوئی نافذ است که به روش بذرافشانی تکثیر می‌یابد. در ایران، رویش و پراکنش این گیاه عمدتاً در مناطق کوهستانی و زمین‌های سنگلاخی شمال شرق کشور بوده و در برخی از مناطق نیز به‌عنوان درختچه‌های زینتی کاشته می‌شود. در طب سنتی، خیسانده

* **عهده دار مکاتبات:** مهدی نکوئی
نشانی: شاهرود، دانشگاه آزاد اسلامی، گروه شیمی
تلفن: ۰۲۷۳-۳۳۹۴۵۳۰ **پست الکترونیکی:** m_nekoei1356@yahoo.com

گل‌های پرووسکیا غالباً به عنوان یک عامل بالقوه‌ی پایین‌آورنده‌ی تب تجویز می‌شود[۳-۱].

در تحقیق باباخانلو و همکاران در سال ۱۳۷۷ پیرامون ترکیبات شیمیایی این گیاه در منطقه‌ی گرگان کامفور(۲۳٪)، ۱و۸-سینئول(۱۹٪)، دلتا-۳-کارن(۹٪) و کامفن(۵٪)، به عنوان اصلی-ترین ترکیبات شناسائی شدند[۴]. حاصل مطالعه‌ی جمعی از محققین در منطقه‌ی درگز در ایران در سال ۲۰۰۹ میلادی در مورد ساختار اسانس جداشده از این گیاه به وسیله GC-MS شناسائی کامفور، ۱و۸-سینئول، آلفا پینن، بتا پینن، اسیمن، کامفن، کاریوفیلن و بورنئول به عنوان ترکیبات عمده‌ی سازنده بود[۵]. در بررسی اسانس این گیاه توسط روستائیان و همکاران نیز ۱و۸-سینئول(۲۸٪) و کامفور(۲۴٪) بیشترین فراوانی را داشتند[۶]. یونس و همکاران در گزارش تحقیقاتی در منطقه‌ی افغانستان ساختار شیمیائی روغن اسانسی این گیاه را تعیین و منتول، کامفور، ۱و۸-سینئول، آلفا پینن، بتا پینن، کامفن، لینالول، بتا کاریوفیلن، سدرول و بورنئول را به عنوان ترکیبات اصلی ارائه نمودند[۷]. در گزارش مشابه دیگر که توسط صالح انجام شد متیل سیترونلات(۲۵/۴٪) و نرول(۲۰/۷٪) بیشترین درصد را در پروفیل شیمیائی داشتند[۸]. در تحقیقی دیگر که در سال ۱۹۸۴ میلادی در منطقه‌ی آسیای مرکزی و قزاقستان انجام شد، سه گونه *Perovskia* مورد بررسی قرار گرفتند که در گونه *P.abrotanoides karel* بیشترین فراوانی مربوط به کامفور (۳۶-۲۷) درصد بود[۹]. در گزارش مشابه در کشور پاکستان این گونه از لحاظ شیمیایی مورد شناسایی قرار گرفت که بیشترین فراوانی را بتا توجن(۴۵/۹٪)، سابینن(۲۶/۶٪)، ۱و۸ سینئول(۱۰/۵٪) در میان ترکیبات دیگر به خود اختصاص دادند[۱۰]. گروهی از محققین ژاپنی گیاه *P.abrotanoides karel* را به وسیله GC-MS مورد بررسی قرار دادند که ۱و۸- سینئول و آلفا پینن تشکیل دهنده‌های اصلی و بورنئول و بورنیل استات کمترین فراوانی را در بین ترکیبات داشتند[۱۱]. محبوبی و همکارش در سال ۲۰۰۹ میلادی ترکیبات این گیاه را شناسایی کرده که عمده‌ترین ترکیبات شامل آلفا پینن(۱۲٪)، کامفور(۲۳٪)، ۱و۸-سینئول(۲۲٪)، بتا پینن(۳/۱٪) و لیمونن(۱/۵٪) بود[۱۲].

مرتضی سمنانی در سال ۲۰۰۴ ترکیبات شیمیایی گیاه *P.abrotanoides* را از لحاظ شیمیایی به وسیله GC-MS در استان مازندران مورد بررسی قرار داد. این کاوش، شناسائی کامفور(۳۴/۱٪)، ۱و۸-سینئول(۱۸٪) و آلفا هومولن(۶/۵٪) را در پی داشت[۱۳]. سجادی و همکاران در سال ۲۰۰۵ میلادی ترکیبات شیمیایی این گیاه را از لحاظ کیفی و کمی مورد بررسی قرار دادند که عمدتاً شامل ۱و۸-سینئول(۳۲/۴٪)، میرسن(۱۳٪)، کامفور(۲/۱٪)، بتا-کاریوفیلن (۷/۹٪) و آلفا-هومولن(۶/۴٪) بود[۱۴].

به رغم انجام مطالعات متعدد بر روی استحصال اسانس این گیاه در مناطق مختلف، تمرکز اکثر این گزارشات عمدتاً بر روش جداسازی مبتنی بر تقطیر با بخار آب می‌باشد. امروزه، در مراجع علمی راهکارهای جدیدتر و توانمندتر برای استخراج اسانس‌ها ابداع و ارائه شده‌اند. یکی از این روش‌ها، میکرواستخراج فاز جامد فضای فوقانی (HS-SPME) می‌باشد. این روش از جمله روش‌های نوین دستگاهی است که از آن اساساً می‌توان جهت استخراج و تجزیه‌ی مواد فرار خارج شده از نمونه‌های جامد و یا مایع استفاده نمود. از مزایای این روش می‌توان از عدم نیاز به سیستم تقطیر و یا حلال نام برد. هم‌چنین، در این روش اسانس موجود در نمونه کمتر دچار تغییر ماهیت و یا تغییر ساختار ترکیبات موجود در آن می‌گردد. در این روش، ترکیبات فرار در اثر حرارت از بخش غیرفرار جدا شده و مستقیماً بدون نیاز به آماده‌سازی وارد دستگاه GC/MS می‌گردند.

در روش HS-SPME، به دلیل انجام هم‌زمان فرآیندهای پیش‌تغلیظ و جداسازی، مرحله‌ی آماده‌سازی نمونه (Sample preparation) حداقل زمان ممکن را به خود اختصاص می‌دهد. فرآیند HS-SPME، شامل دو مرحله است. مرحله اول، شامل تقسیم آنالیت بین پوشش فیبر و بافت نمونه یک فرآیند تعادلی است و در مرحله بعد واجذب آنالیت تغلیظ‌شده در یک دستگاه تجزیه‌ای صورت می‌گیرد.

در جداسازی‌های مبتنی بر میکرواستخراج فاز جامد فضای فوقانی، آنالیت‌ها قبل از رسیدن به پوشش روی فیبر، به فضای گازی بالای

نمونه انتقال داده شده و از آنجا جذب فیبر می‌شوند. این رویکرد منجر به محافظت فزآینده‌ی پوشش فیبر از آسیب مزاحمت‌های ناشی از ترکیبات دارای وزن مولکولی بالا و گونه‌های غیر فرار دیگر موجود در بافت نمونه مانند پروتئین‌ها و نمک‌ها می‌شود. علاوه بر این، با استفاده از شیوه‌ی فضای فوقانی بهینه سازی شرایط بافت، تسهیل می‌شود. به عنوان مثال، می‌توان pH محلول را بدون اینکه به فیبر آسیب برسد، تغییر داد. آنالیت‌های فرار نظیر اسانس‌ها، به واسطه‌ی بالابودن سرعت انتقال جرم آن‌ها در روش فضای فوقانی، نتایج آزمایشگاهی بسیار خوبی را در پی داشته‌اند.

هدف از تحقیق اخیر، جداسازی و شناسایی اجزاء تشکیل‌دهنده‌ی روغن‌های اسانسی گیاه *Pervoskia abrotanoides karel* به وسیله‌ی تکنیک میکرواستخراج فاز جامد فضای فوقانی جفت‌شده با دستگاه کروماتوگرافی گازی- طیف‌سنجی جرمی می‌باشد.

۲. مواد و روش‌ها

۲-۱. جمع‌آوری و شناسایی گیاه مورد مطالعه

گیاه *Pervoskia abrotanoides* در تیرماه سال ۱۳۹۰ در موسم گل‌دهی و از منطقه‌ی خوش ییلاق در استان سمنان جمع‌آوری و شناسایی آن در هرباریم مؤسسه‌ی تحقیقات جنگل‌ها و مراتع توسط دکتر ولی‌الله مظفریان انجام گرفت. گیاه جمع‌آوری شده در حرارت معمولی و در سایه خشک و سپس با دقت زیاد بخش‌های مختلف آن جداسازی شد. بدین منظور، قطعات خشک‌شده گیاه به وسیله آسیاب برقی خرد شدند. قسمت‌های هوایی گیاه شامل برگ‌ها، ساقه‌ها و گل‌ها جهت استحصال اسانس مورد استفاده قرار گرفتند.

۲-۲. استخراج اسانس

استخراج اسانس به روش میکرواستخراج فاز جامد فضای فوقانی (HS-SPME) با استفاده از حداقل وزن نمونه‌ی جامد خرد شده و بدون استفاده از هرگونه حلال آلی انجام شد. در این روش از یک حمام آب گردشی مدل MLW8 ساخت شرکت MLW UH با توانایی کنترل دما، جهت تثبیت دما حین استخراج استفاده شد. از یک ظرف شیشه‌ای کوچک به حجم ۱۰ میلی‌لیتر جهت ایجاد فضای فوقانی(HS) استفاده شد. فیبر مورد استفاده از جنس پلی دی متیل سیلوکسان– کاربوکسن (PDMS-CAR) به ضخامت ۱۰۰ میکرومتر به همراه مجموعه کامل SPME از شرکت سوپلکو خریداری شد. در کل مدت آنالیز، از یک هم‌زن با دور زیاد استفاده گردید. ترکیبات جذب شده روی فیبر از طریق واجذب حرارتی، بلافاصله به دستگاه GC/MS تزریق شده تا جداسازی و شناسایی ترکیبات انجام پذیرد. مراحل استخراج مواد مؤثره‌ی گیاه به طور خلاصه به شرح زیر است:

الف) بافت گیاهی توسط آسیاب برقی کاملاً خرد و مقدار ۰/۵ گرم از آن به ظرف شیشه‌ای به حجم ۱۰ میلی لیتر وارد و درپوش آن محکم بسته شد. دمای ظرف حاوی نمونه‌ی گیاهی به منظور تعادل حرارتی لازم، در داخل حمام گردشی آب به وسیله‌ی یک دماپای استاندارد به طور کاملاً دقیق تنظیم و به وسیله هم‌زن، در زمان بهینه شده، به تعادل دمایی رسید.

ب) بعد از برقراری تعادل دمایی، فیبر ریز استخراج فاز جامد از طریق سوراخ کردن سپتوم، وارد فضای فوقانی ظرف حاوی نمونه گردید. در این مرحله، جهت اجتناب از هرگونه تماس احتمالی، تنظیم موقعیت مناسب فیبر تا تکمیل روند استخراج ضروری است.

ج) پس از اتمام استخراج، با انتقال فیبر به داخل سرنگ SPME، سوزن از داخل ظرف نمونه خارج و مستقیماً در محفظه‌ی تزریق دستگاه GC/MS قرار گرفت. سپس با فشار دادن ریز لوله به سمت پایین، فیبر در معرض حرارت ۲۵۰ درجه‌ی سلسیوس (دمای واجذب) واقع شده و بدین‌ترتیب، ترکیبات جذب شده به وسیله‌ی پوشش فیبر در اثر حرارت بالا واجذب و وارد ستون GC می‌شوند.

۲-۳. جداسازی و شناسایی اجزا

برای تفکیک و شناسایی مواد موجود در اسانس این گیاه، از دستگاه کروماتوگرافی گازی و کروماتوگرافی گازی متصل به طیف‌سنج جرمی استفاده گردید. شناسایی اجزای اسانس با استفاده از بانک اطلاعات جرمی، زمان بازداری و اندیس بازداری کواتس مندرج در منابع علمی، مطالعه طیف‌های جرمی هر یک از اجزای

اسانس و مقایسه‌ی آنها با طیف‌های مرجع انجام شد[۱۵]. هم‌چنین، بررسی‌های تکمیلی با تطبیق الگوهای شکافتگی طیف‌های جرمی و اندیس‌های کواتس مبتنی بر تجربیات قبلی صورت گرفت[۱۸-۱۶].

۲-٤. مشخصات و برنامه‌ی حرارتی دستگاه‌های کروماتوگرافی گازی و کروماتوگرافی گازی- طیف‌سنج جرمی

جهت بررسی کمی و کیفی ساختار اسانس‌ها، کروماتوگرافی گازی مدل HP-6890 با آشکارساز FID مجهز به ستون تجاری HP-5MS به طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۲۵۰ میکرومتر و ضخامت لایه‌ی داخلی ۰/۲۵ میکرومتر استفاده شد. برنامه‌ی حرارتی به کار رفته، شامل خیز تدریجی دمایی ۵۰ تا ۲۶۰ درجه‌ی سانتی‌گراد با روند افزایش ۵ °C در هر دقیقه و نگهداری ستون در ۲۶۰ °C به مدت ۲۰ دقیقه صورت پذیرفت. دمای اتاقک تزریق ۲۵۰°C، دمای رابط در واسط ۲۶۰°C و گاز حامل هلیوم با سرعت ۱ میلی‌لیتر در دقیقه در طول فاز ساکن جریان داشت. شرایط کروماتوگرافی در GC-MS مانند شرایط کروماتوگرافی گازی بود. در عین حال، به عنوان آشکارساز از آشکارسازجرمی مدل HP-5973 شامل تجزیه‌گر جرمی از نوع چهارقطبی(کوادرپول) مجهز به یک منبع یون‌ساز برخورد الکترون (EI) با انرژی یونش ۷۰ الکترون ولت و دمای ۲۳۰°C استفاده شد.

۳. نتایج و بحث

۳-۱. بهینه‌سازی شرایط استخراج فضای فوقانی SPME

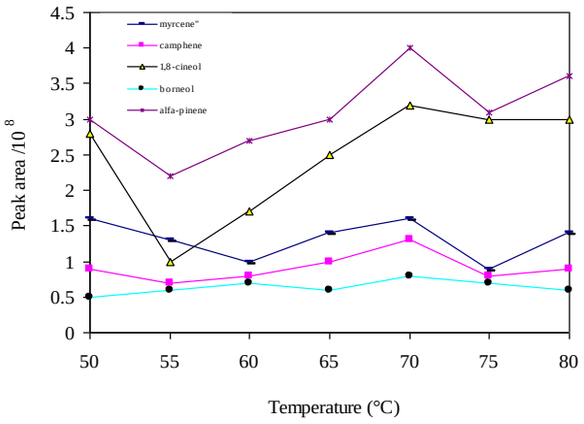
دو پارامتر تأثیرگذار بر روند استخراج و استحصال روغن‌های فرار اسانس با استفاده از HS-SPME، عبارتند از:

الف) دمای فضای فوقانی

ب) زمان قرارگیری فیبر

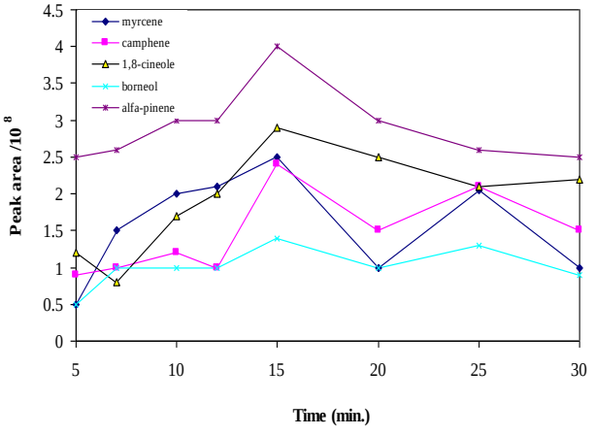
جهت نیل به شرایط بهینه‌ی جداسازی، اثر دو پارامتر فوق بر تغییر کمی درصد پنج جزء عمده‌ی سازنده‌ی ترکیب شیمیائی اسانس در کلیه ی بخش‌ها (گل، برگ و ساقه) آلفا پینن، کامفن، میرسن، ۱و۸-سینئول و بورنئول بررسی شد. هم‌چنین، نظر به این‌که الگوی ساختاری اسانس‌ها دارای شباهت زیادی با یکدیگر بود ۰/۵ گرم از برگ خشک‌شده گیاه *P. abrotanoides* در بهینه‌سازی مورد استفاده قرار گرفت.

به منظور تعیین مناسب‌ترین دمای فضای فوقانی، دما به طور کاملاً دقیق در گستره‌ی ۵۰ تا ۱۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد (با روند افزایش ۱۰ درجه) تغییر و سطوح زیر پیک مربوطه در شکل۱ نمایش داده شده است. بر اساس این شکل، دمای بهینه ۷۰ درجه‌ی سانتی‌گراد جهت جداسازی ترکیبات فرار انتخاب شد.



شکل۱- تأثیر دمای فضای فوقانی استخراج بر سطوح زیر پیک برخی از ترکیبات فرار در برگ (وزن نمونه خشک ۰/۵ گرم، زمان قرارگیری فیبر در معرض فضای فوقانی ۱۰ دقیقه).

بعلاوه، در دمای بهینه ۷۰ °C فیبر در بازه‌ی ۵ تا ۳۰ دقیقه در معرض فضای فوقانی قرار گرفته (شکل۲) و با درنظرگرفتن سطوح زیر پیک‌ها، بیشترین سطح، پس از ۱۵ دقیقه قابل حصول است.



شکل۲- تأثیر زمان قرار گیری فیبر در معرض فضای فوقانی بر سطوح زیر پیک برخی از ترکیبات فرار در برگ (وزن نمونه خشک ۰/۵ گرم، دمای بهینه ۷۰ °C).

بنابراین، برای جداکردن اسانس بهترین شرایط تجربی شامل دمای فضای فوقانی ۷۰ °C و زمان قرارگیری فیبر ۱۵ دقیقه می‌باشد.

۳-۲. پروفیل شیمیائی اسانس‌های گل، برگ و ساقه‌ی گیاه *P. Abrotanoides* به روش HS-SPME-GC-MS

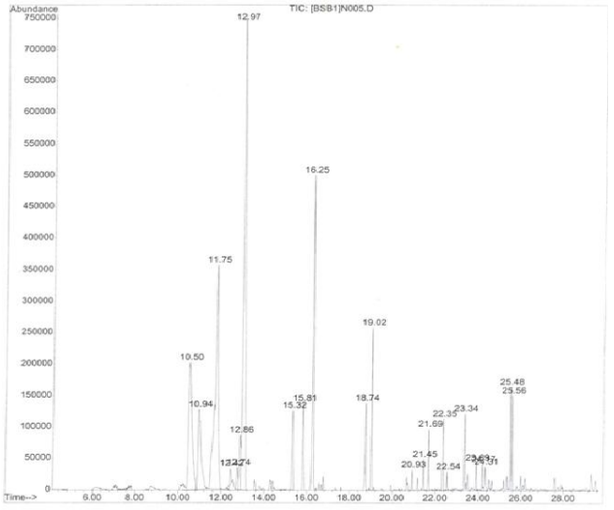
با بررسی و مطالعه‌ی کروماتوگرام و طیف‌های جرمی حاصل از دستگاه GC-MS، ترکیبات موجود در روغن اسانسی گل، برگ و ساقه‌ی گیاه *P. abrotanoides* شناسایی و در جدول۱ نشان داده شده‌اند. با بررسی این جدول، درصد ترکیبات در روغن‌های اسانسی به دست آمده از اندام‌های مختلف گیاه به روش SPME، به صورت زیر است:

الف) در روغن اسانسی حاصل از گل این گیاه به روشSPME (شکل ۳)، ۲۱ ترکیب که در مجموع ۹۶/۲۹٪ کل اسانس را تشکیل می‌دادند، شناسایی گردید. این روغن اسانسی، حاوی ۵۲/۲۵٪ مونوترپن‌های هیدروکربنی، ۳۱/۰۵٪ مونوترپن‌های اکسیژن‌دار، ۱۱/۸۱٪ سزکویی‌ترپن‌های هیدروکربنی و۲/۳۹٪ سزکویی‌ترپن‌های اکسیژن‌دار بود. ترکیبات اصلی تشکیل‌دهنده، آلفا پینن(۲۵/۷۷٪)، ۱و۸-سینئول(۲۰/۸۶٪)، میرسن(۱۰/۱۱٪) و کامفن(۸/۵۶٪) می‌باشند. نمایش تصویری درصد نسبی کلیه‌ی اجزاء تشکیل‌دهنده‌ی این روغن اسانسی در شکل۶ نمایش داده شده است. مطابق این شکل، کمترین و بیشترین فراوانی به ترتیب در نیمه‌های سمت راست و چپ متعلق به گروه سزکوئی‌ترپن‌ها و مونوترپن‌ها می‌باشد.

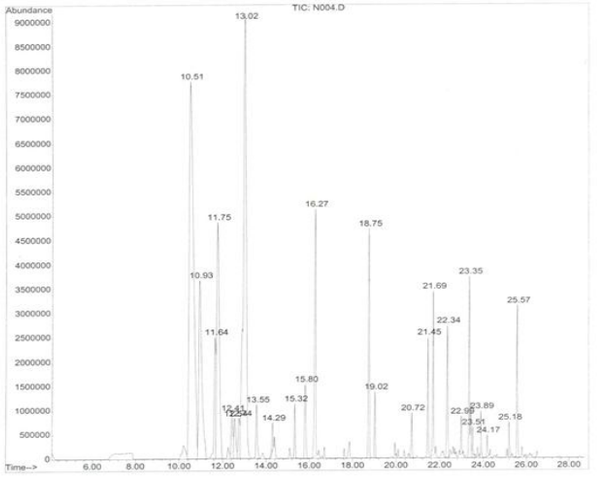
ب) در روغن اسانسی حاصل از برگ این گیاه به روشSPME (شکل۴)، ۱۵ ترکیب که در مجموع ۸۸/۰۰٪ کل اسانس را تشکیل می‌دادند، شناسایی گردید. تصویر شمائی ستونی پرفیل شیمیائی این اسانس در شکل۷ آورده شده و ترکیبات اصلی تشکیل‌دهنده شامل ۱و۸- سینئول(۲۵/۵۱٪)، میرسن(۱۹/۰۵٪) و آلفا پینن(۱۲/۶۲٪) می‌باشند.

بعلاوه، ساختار این روغن اسانسی مشتمل بر ۴۱/۹۶٪ مونوترپن‌های هیدروکربنی، ۴۰/۰۷٪ مونوترپن‌های اکسیژن‌دار، ۳/۹۱٪ سزکویی-ترپن‌های هیدروکربنی، ۲/۱۱٪ سزکویی‌ترپن‌های اکسیژن‌دار و ۰/۳۴٪ ترکیبات غیرترپنی (هیدروکربن‌های آلیفاتیک و...) شناسائی می‌شود.

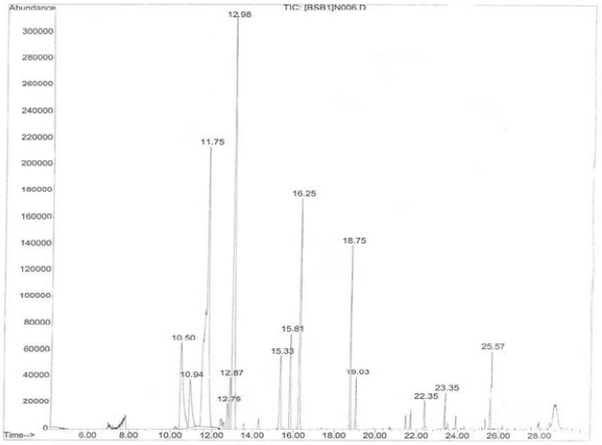
ج) در روغن اسانسی حاصل از ساقه‌ی این گیاه به روش SPME (شکل۵)، ۱۱ ترکیب که در مجموع ۹۳/۸۲٪ کل اسانس را تشکیل می‌دادند، شناسایی گردید. نام و درصد نسبی ترکیبات موجود در این اسانس در شکل۸ مقایسه و نشان داده شده است. بر اساس این شکل، بیشترین فراوانی به میرسن(۳۱/۲۳٪)، ۱و۸- سینئول(۲۶/۴۳٪) و آلفا پینن(۸/۷۴٪) نسبت داده می‌شود. از نظر گروه ترکیبات طبیعی، این روغن اسانسی اساساً متشکل از ۴۶/۶۳٪ مونوترپن‌های هیدروکربنی، ۴۳/۴۷٪ از مونوترپن‌های اکسیژن‌دار، ۱/۸۵٪ از سزکویی‌ترپن‌های هیدروکربنی و ۱/۸۷٪ از سزکویی‌ترپن‌های اکسیژن‌دار می‌باشد.



شکل۳- کروماتوگرام روش SPME برای روغن‌های اسانسی برگ گیاه *P. abrotanoides*.



شکل٤- کروماتوگرام روش SPME برای روغن‌های اسانسی گل گیاه *P. abrotanoides*.



شکل۵- کروماتوگرام روش SPME برای روغن‌های اسانسی ساقه گیاه *P. abrotanoides*.

٤. نتیجه‌گیری

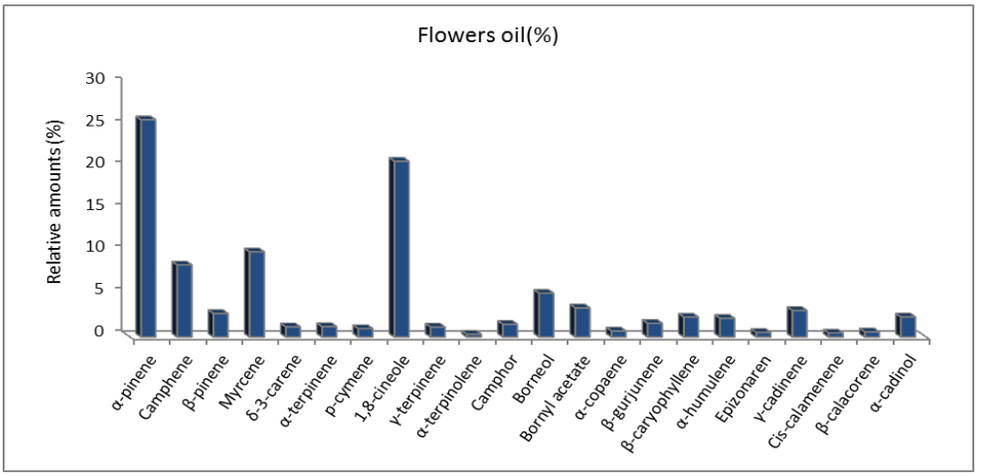
میکرو استخراج فاز جامد از طریق فضای فوقانی (HS-SPME) یک روش توانمند و آسان جهت تغلیظ و جداسازی هم‌زمان طیف وسیعی از ترکیبات آلی در روغن‌های اسانس و گستره‌ی وسیعی از ترکیبات داروئی و فرآورده‌های غذایی و زیست شناختی است. در این تحقیق، ساختار شیمیائی روغن‌های فرار اسانسی استحصال شده از گل، برگ و ساقه‌ی گیاه به روش HS-SPME جداسازی و پس از تزریق به ستون‌های GC و GC-MS با استناد به شاخص‌های کواتس و طیف‌های جرمی شناسائی شدند. بعلاوه، متغیرهای تجربی مؤثر بر روند انجام استخراج نیز بهینه شدند. بر اساس نتایج حاصل (شکل۹)، الگوی پراکندگی ترکیبات طبیعی، صرف نظر از نوع و درصد نسبی اجزاء تشکیل‌دهنده، در برگ و گل دقیقاً یکسان و به صورت:

سزکویی‌ترپن‌های اکسیژن‌دار < سزکویی‌ترپن‌های هیدروکربنی < مونوترپن‌های اکسیژن‌دار < مونوترپن‌های هیدروکربنی

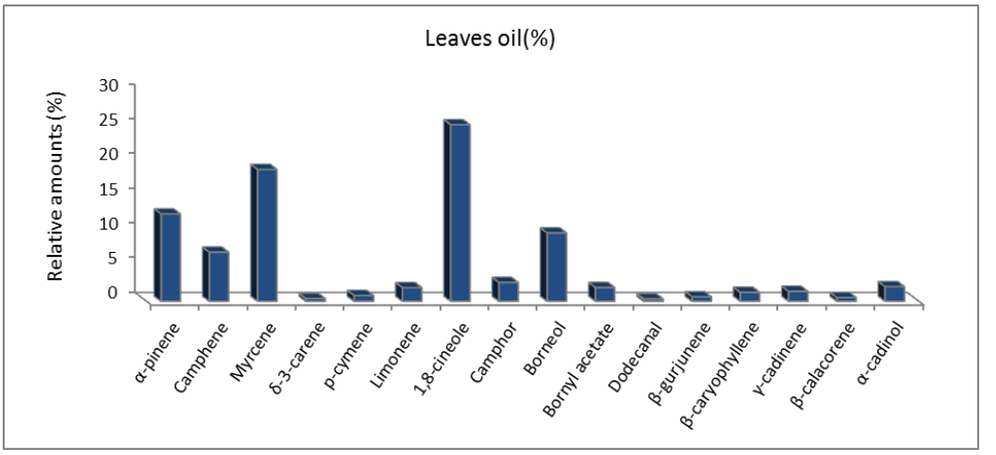
می‌باشد. در عین‌حال، یک تغییر جزئی در درصد تشکیل‌دهنده‌های ساقه ظاهر شده و میزان فراوانی سزکویی‌ترپن‌های اکسیژن‌دار به میزان ناچیز بیشتر از سزکویی‌ترپن‌های هیدروکربنی مشاهده شده است. در عین‌حال، رتبه‌های اول و دوم کماکان متعلق به مونوترپن‌های هیدروکربنی و مونوترپن‌های اکسیژن‌دار می‌باشد.

جدول۱- اجزای تشکیل‌دهنده موجود در روغن اسانسی گل، برگ و ساقه گیاه *P. abrotanoides* جدا شده به وسیله روش HS-SPME.

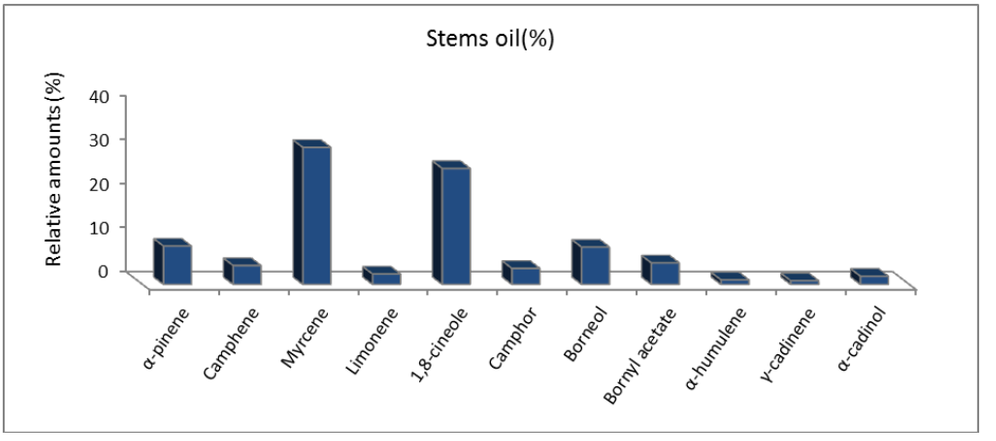
شماره	نام ترکیب	اندیس کواتس	گل(%)	برگ(%)	ساقه(%)
۱	α-pinene	۹۳۹	۲۵/۷۷	۱۲/۶۲	۸/۷۴
۲	Camphene	۹۵۴	۸/۵۶	۷/۰۹	۴/۲۹
۳	β-pinene	۹۷۹	۲/۸۰		
۴	Myrcene	۹۹۱	۱۰/۱۱	۱۹/۰۵	۳۱/۲۳
۵	α-terpinene	۱۰۱۷	۱/۲۵		
۶	p-cymene	۱۰۲۵	۱/۰۱	۰/۸۴	
۷	Limonene	۱۰۲۹		۱/۹۷	۲/۳۷
۸	1,8-cineole	۱۰۳۱	۲۰/۸۶	۲۵/۵۱	۲۶/۴۳
۹	γ-terpinene	۱۰۶۰	۱/۱۹		
۱۰	α-terpinolene	۱۰۸۹	۰/۳۵		
۱۱	Camphor	۱۱۴۶	۱/۵۲	۲/۷۱	۳/۶۵
۱۲	Borneol	۱۱۶۹	۵/۲۰	۹/۸۷	۸/۴۹
۱۳	bornyl acetate	۱۲۸۹	۳/۴۷	۱/۹۸	۴/۹۰
۱۴	α-copaene	۱۳۷۷	۰/۷۳		
۱۵	Dodecanal	۱۴۰۹		۰/۳۴	
۱۶	β-caryophyllene	۱۴۱۹	۲/۳۸	۱/۲۹	
۱۷	β-gurjunene	۱۴۳۴	۱/۶۴	۰/۶۵	
۱۸	α-humulene	۱۴۵۵	۲/۲۳		۱/۰۲
۱۹	Epizonaren	۱۵۰۲	۰/۵۶		
۲۰	γ-cadinene	۱۵۱۴	۳/۱۶	۱/۴۳	۰/۸۳
۲۱	cis-calamenene	۱۵۴۰	۰/۴۹		
۲۲	β-calacorene	۱۵۶۶	۰/۶۲	۰/۵۴	
۲۳	α-cadinol	۱۶۵۴	۲/۳۹	۲/۱۱	۱/۸۷
	Total percentage		۹۶/۲۹	۸۸	۹۳/۸۲
	Monoterpene (%)		۵۲/۲۵	۴۱/۹۶	۴۶/۶۳
	Sesquiterpene (%)		۱۱/۸۱	۳/۹۱	۱/۸۵
	Oxygenated compound (%)		۳۳/۴۴	۴۲/۱۸	۴۵/۳۴
	Number of compound		۲۱	۱۵	۱۱



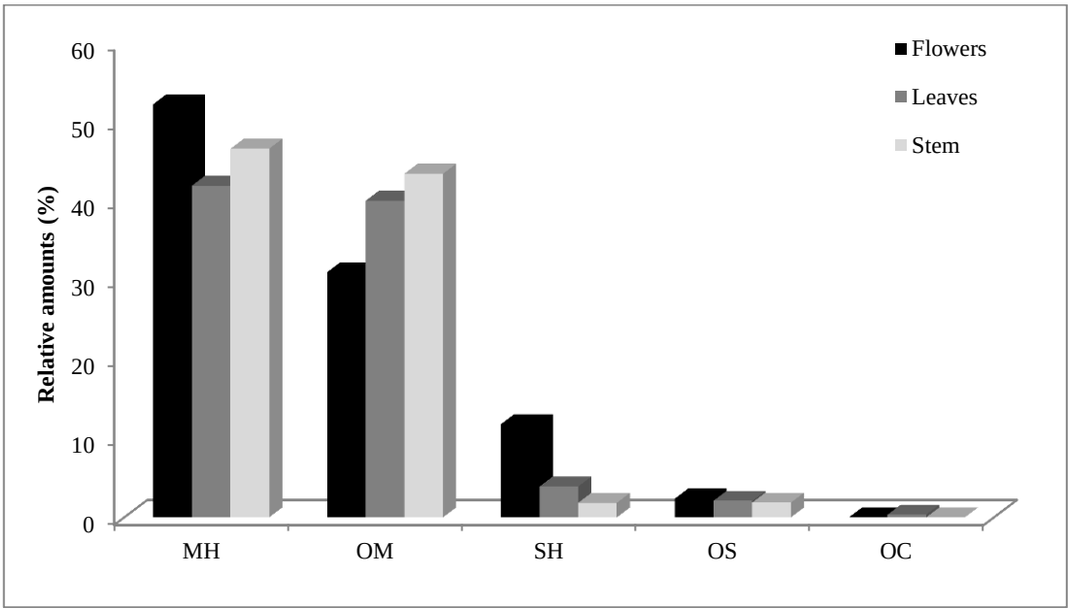
شکل٦- نمودار ستونی درصد ترکیبات موجود در گل گیاه *P. Abrotanoides* استخراج شده به روش SPME.



شکل۷- نمودار ستونی درصد ترکیبات موجود در برگ گیاه *P. abrotanoides* استخراج شده به روش SPME .



شکل۸- نمودار ستونی درصد ترکیبات موجود در ساقه گیاه *P. abrotanoides* استخراج شده به روش HS-SPME .



شکل۹- اثر روش SPME در استخراج گروه‌های مختلف ترپنی، غیرترپنی و ترکیبات اکسیژن‌دار از گل، برگ و ساقه گیاه *P. abrotanoides* .

۵. مراجع

[۱] و. مظفریان، *فرهنگ نام‌های گیاهان ایران*، انتشارات فرهنگ معاصر، (**۱۳۷۵**).

[۲] م. آزادبخت، *رده‌بندی گیاهان دارویی*، انتشارات طیب، (**۱۳۷۸**).

[۳] ا. قهرمان، *فلوررنگی ایران*، انتشارات موسسه جنگل‌ها و مراتع بخش گیاه‌شناسی، (**۱۳۷۵**).

[۴] پ. باباخانلو، ف. سفیدکن، ل. احمدی، م. برازنده، ف. عسگری، *فصلنامه پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران*، جلد ۲، (**۱۳۷۷**).

[5] A. Nezhadali, M. Masrorniab, A. Solati, M. Akbarpour and M. Nakai-Moghaddam, *Der Pharma Chem.*, 1 (**2009**) 146.

[6] A. Rustaiyan, S. Masoudi, N. Ameri, K. Samiee and A. Monfared, *J. Essent. Oil Res.*, 7 (**2006**) 56.

[7] C. Younos, M. Lorrian, and J.M. Pelt, *Plant. Med. Phytother.*, 6 (**1972**) 178.

[8] M.M. Saleh, and H. Kating, *Planta. Med.*, 33 (**1978**) 85.

[9] A.D. Dembitskii, *Ser. Khim.*, 4 (**1984**) 4.

[10] M.C. Nigam, P.R. Rao, and C.K. Atal, *Parfum. Kosmet.*, 50 (1969) 221.

[11] S. Inouye, K. Uchida, H. Yamaguchi, T. Miyara, S. Gomi and M. Amano, *J. Essent. Oil Res.*, 13 (**2001**) 68.

[12] M. Mahboubi, and N. Kazempour, Indian. *J. Pharm. Sci.*, 71 (**2009**) 343.

[13] K.M. Semnani, *Pharm. Biol.*, 42 (**2004**) 524.

[14] S. Sajjadi, I. Mehregan, M. Khatamsaz, and Gh. Asgari, *Flav. Fragr. J.*, 23 (**2005**) 445.

[15] R.P. Adams, *Identification of essential oil components by gas chromatography/ mass Spectroscopy*, Allured Publ. Corp., Carol Stream, IL USA (**1995**).

[16] M. Mohammadhosseini, A. Pazoki, H.A. Zamani, H. Akhlaghi and M. Nekoei, *J. Essent. Oil Bear. Plant*, 13 (**2010**) 704.

[17] M. Mohammadhosseini, H.A. Zamani, H. Akhlaghi and M. Nekoei, *J. Essent. Oil Bear Plant*, 14 (**2011**) 559.

[18] H. Akhlaghi, M. Nekoei, M. Mohammadhosseini and A. Motavalizadehkakhky, *J. Essent. Oil Bear Plant*, 15 (**2012**) 328.