



بهینه‌سازی زمان استحصال تقطیری در محصولات دارویی و صنعتی تحت شرایط کروماتوگرافی-

طیف‌سنجی و مبنی بر پروفایل شیمیایی ترکیبات

رضا شاه‌حسینی^{۱*}

۱- عضو هیئت علمی، گروه گیاهان دارویی، دانشگاه اراک، اراک، ایران

اطلاعات مقاله

چکیده

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۲/۱۴

کلمات کلیدی:

مواد مؤثره،

روغن‌های ضروری،

استخراج،

غذا-دارو.

DOI: 10.22034/FSCT.22.166.213.

* مسئول مکاتبات:

reza.shahhoseini@gmail.com
r-shahhoseini@araku.ac.ir

علیرغم پیشرفت و ابداع روش‌های نوین در حوزه استحصال و فرآوری ترکیبات مؤثره دارویی، استحصال با تکنیک تقطیر با داشتن پیشینه متمادی توأم با پیشرفت و تکامل علمی، همچنان یک رویکرد فناوری نوآورانه محسوب می‌گردد که بهره‌وری، کیفیت و پایداری از شاخص‌های اصلی آن می‌باشد. این پژوهش به منظور تعیین زمان بهینه استخراج و ترسیم پروفایل بیوشیمیایی ترکیبات بر اساس آنالیز کروماتوگرافی گازی-طیف‌سنجی جرمی و در زمان‌های مختلف تقطیر با انتخاب بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.) به عنوان یک گونه دارویی پرمصرف در صنایع غذایی و دارویی صورت گرفت. تجزیه و تحلیل داده‌ها، وجود اختلاف معنی‌دار در محتوی اسانس را در زمان‌های مختلف استخراج تبیین نمود؛ به‌نحوی که در تیمارهای ۱۸۰ و ۲۴۰ دقیقه به ترتیب حداکثر (۰/۳۳ درصد، γ /w) و حداقل (۰/۲۵ درصد، γ /w) راندمان استخراجی ثبت گردید. به‌طور کلی در تیمارهای مختلف تعداد ۶۲ ترکیب شیمیایی جداسازی و تعداد ۵۸ ترکیب شناسایی گردید که ژرانیال، نرال و سیترونالال به عنوان شاخص اصلی اثربخشی با مجموع ۷۷/۱ درصد، سطح حداکثری را در تیمار ۱۸۰ دقیقه به خود اختصاص دادند. در کلاس ترکیبات به موازات افزایش زمان استخراج، مونوترپن‌های اکسیژنه کاهش یافت. بر اساس مشاهدات و تجزیه و تحلیل نتایج، زمان استحصال تقطیری مناسب برای این گونه و گونه‌های مشابه را می‌توان ۱۸۰ دقیقه ثبت نمود که علاوه بر دستیابی به حداکثر عملکرد متابولتی و در پی آن فرآورده‌های با کمیت و کیفیت بهینه، می‌توان از هدررفت نهاده‌های مصرفی و انرژی در فرآیند استحصال ممانعت کرد و این مسئله را به عنوان یک مرجع مهم در تولید فرآورده‌های غذایی و دارویی لحاظ نمود.

۱- مقدمه

در صنایع غذایی و دارویی نیل به فرآورده‌های با حداکثر کیفیت همواره در اولویت اهداف تولید و شاخص متمایز بخش‌های تحقیق و توسعه می‌باشد. در این راستا انتخاب فرآیند مناسب استحصال مواد مؤثره یکی از پارامترهای مهم می‌باشد که خود وابسته به مؤلفه‌های مختلف فنی و صنعتی نظیر انتخاب روش، حلال و زمان مناسب می‌باشد. در بهینه‌سازی فرآیند استخراج متابولیت‌های مؤثره، افزایش بدون توجیه زمان استحصال، پیامدهایی نظیر واکنش‌های تخریبی و حضور ترکیبات ناخواسته یا مضر نظیر موم‌ها، استئارپتن‌ها، هدررفت انرژی و نیروی انسانی، کاهش اثرات درمانی کاهش کیفیت و بازارپسندی و سرانجام افت اقتصادی را در پی خواهد داشت [۱، ۲، ۳، ۴].

بر اساس فارماکوپه دارویی اروپا، اسانس‌ها متابولیت‌های ارزشمند فرآور و معطر و حاوی انواع ترکیبات شیمیایی هستند که از طرق مختلف استخراج و از اندام‌های مختلف گونه‌های دارویی به دست می‌آیند [۵] و با قدمت طولانی در سلامت، غذا و رایحه‌درمانی مورد توجه و استفاده قرار گرفته‌اند. این ترکیبات با دارابودن اثرات درمانی و خواص بیولوژیکی گوناگون از جمله اثرات ضد سرطانی، ضد التهابی، ضد دیابتی، ضد ویروسی، ضد باکتریایی، ضد قارچی، ضد درد، آرامبخشی، محافظت از سیستم ایمنی و عصبی و آنتی-اکسیدانی در درمان انواع اختلالات و بیماری‌ها کاربرد داشته و به‌طور گسترده‌ای در پزشکی و آروماتراپی، صنایع دارویی، غذایی، نوشیدنی، آرایشی و بهداشتی، شوینده، عطر و ادکلن، چای و ادویه مورد استفاده قرار می‌گیرند و به همین دلیل به صورت روزافزون در سراسر جهان مورد توجه و استفاده قرار گرفته‌اند. از جمله بزرگترین کشورهای مصرف‌کننده اسانس می‌توان به ایالات متحده آمریکا، فرانسه و سایر کشورهای اروپایی اشاره کرد [۶، ۷، ۸، ۹]. تاکنون بیش از ۳۰۰۰ نوع اسانس با تعیین دقیق ترکیبات شناسایی شده است که حدود

یک‌دهم آنها به صورت تجاری مورد استفاده قرار می‌گیرند. با توجه به ارزش تجاری بالا، تقاضای بازار جهانی اسانس‌ها رو به افزایش بوده و حجم تبادلات آنها با افزایش نرخ رشد ۱۰ درصدی نسبت به ۵ سال گذشته، حدود ۹ میلیارد دلار برآورد شده است. این ترکیبات فعال و آبریز، در آب نامحلول بوده و در حلال‌هایی نظیر الکل، اتر و روغن‌های ثابت محلول می‌باشند. اسانس‌ها از رده بزرگ ترپنوئیدها هستند که در یک مخلوط همگن و پیچیده طیف متنوعی از فرکشن‌ها از فرارترین تا سنگین‌ترین اجزا از مونوترپن‌ها تا سزکوئی‌ترین‌های هیدروکربنی و اکسیژن‌دار و مشتقات اکسیژن‌دار نظیر فینیل پروپانوئیدها را شامل می‌شوند [۴، ۱۰، ۱۱] که به علت سطوح پایین در گونه‌های دارویی، نیاز به روش‌های استخراج تخصصی دارند و تکنولوژی صحیح استخراج، سبب ارزش افزوده آنها می‌گردد [۱۲].

انتخاب روش‌های جداسازی متابولیت‌های مؤثره عمدتاً به عملکرد، کیفیت خروجی و پروفایل شیمیایی ترکیبات در روش مورد نظر بستگی دارد. البته عوامل دیگری نظیر سهولت دسترسی، هزینه، گونه دارویی، اندام، کمپلکس ترکیبات همراه و صنایع و بازار هدف نیز بر انتخاب روش جداسازی تأثیرگذارند. استخراج اسانس‌ها از طریق تکنیک-هایی نظیر تقطیر، استخراج توسط حلال، استخراج با روغن-ثابت، اولتراسونیک، مایکروویو، انفلواریج یا ترکیبی از روش-های مذکور صورت می‌گیرد [۱۳ و ۱۴]. علیرغم ابداع روش‌های استخراج و ایجاد تغییر و ترکیب در آنها، روش تقطیر همچنان با سابقه‌ترین و در عین حال رایج‌ترین فنون به شمار می‌آید که در این بین روش تقطیر با آب از روش‌های اولیه انتخابی و نهادیک برای جداسازی اسانس‌ها هستند [۴ و ۱۵]. استحصال تقطیری خود شامل روش‌های ترکیبی و نوین مختلفی نظیر تقطیر با کمک انرژی خورشیدی^۱ است که با بهینه‌سازی استخراج می‌توانند حداکثر عملکرد را در

نسبتاً کم‌رنگ و دارای آرومای بسیار مطبوع و لیمویی تازه می‌باشد [۹، ۱۳، ۲۱، ۲۲]. بادرنجبویه حاوی فیتوکمیکال‌های فعال مختلف از جمله روغن‌های فرّار یا بیواکتیوهای معطر، تری‌ترین‌ها، فلاونوئیدها و ترکیبات فنلی می‌باشد که مهم‌ترین آنها روغن‌های فرّار می‌باشد. کمپسیون E آلمان استفاده از بادرنجبویه را برای بهبود اختلالات عصبی، اختلالات خواب، افسردگی و رفع اختلالات گوارشی تأیید کرده است [۲۲]. دارای فعالیت ضد باکتریایی و ضد قارچی بالا [۱۳] تقویت حافظه، تسکین درد، آرامبخش، ضد اضطراب، ضد افسردگی و ضد التهابی [۹، ۲۲، ۲۳، ۲۴] است و در فارماکوپه‌های اروپا اثرات ضد نفخ آن گزارش شده است [۲۵]. همچنین دارای اثرات ضد توموری، ضد ویروس هرپس سیمپلکس و ضد ویروس آنفلونزا نیز می‌باشد [۱۲]. با وجود ارزش درمانی قابل توجه و گستره استفاده اسانس بادرنجبویه در صنایع داروسازی و غذایی، محتویات اسانس این گونه در قیاس با بیشتر گونه‌های دارویی تیره لایمیا به نسبتاً اندک و کمتر از ۰/۵ درصد است و دارای ارزش بالایی در بازارهای جهانی می‌باشد. لذا نیاز است پیرامون تکنیک‌های تولید و فرآوری آن مطالعه و سرمایه‌گذاری شود تا از این طریق بهره‌وری زیست‌توده، کمیت و کیفیت اسانس ارتقاء یابد [۹].

علیرغم تنوع بالا در گونه‌های دارویی صنعتی، پرمصرف، بومی و اندمیک و بالتبع تفاوت در اندام، بافت و مجاری‌های ذخیره‌ای متابولیتی آنها، با توجه به بررسی‌های بسیار دقیق صورت‌گرفته توسط نگارنده، تاکنون ارزیابی تأثیرات کمی و کیفی زمان استحصال تقطیری اسانس تنها در تعداد محدودی از گونه‌های دارویی نظیر پیرو^۳ [۲۶]، گشنیز^۴ [۲۷]، اکالیپتوس^۵ [۱۷]، رزماری^۶ [۲۸]، درمنه ترکی^۷ [۲۹]، برگ-

کوتاه‌ترین زمان ارائه دهند. این روش یکی از کاراترین روش‌های استخراج اسانس خصوصاً برای گونه‌های دارویی مهم و پرمصرف صنعتی نظیر میخک، زیره، نعنا، زنجبیل، شوید، بادرنجبویه و ریحان است [۱۶]. روش تقطیر با آب دارای مزیت نسبی در کمیت و کیفیت ترکیبات است [۱۷] و حضور حداکثری ترکیبات فیتوشیمیایی اصلی و مهم در این روش نسبت به سایر روش‌های تقطیر، انتخاب این روش را بیشتر توجیه می‌نماید [۱۸ و ۱۹].

اسانس‌ها ترکیباتی حساس به نور، دما، اکسیژن و رطوبت می‌باشند [۱۳] و ترکیبات تشکیل‌دهنده آنها نقاط جوش متفاوتی دارند و در تجهیزات استحصال تقطیری نیز در زمان‌های متفاوتی تبخیر و به کندانسور منتقل می‌شوند. لذا چنانچه دستگاه تقطیر در زمان نامناسب خاموش شود و مدت‌زمان استخراج افزایش یابد، امکان حذف یا کاهش چشمگیر در ترکیبات مفید اسانس یا ایجاد تغییرات منفی در رنگ، مزه و بوی اسانس وجود دارد [۱۲ و ۲۰].

گیاه دارویی بادرنجبویه با نام علمی *Melissa officinalis* نام انگلیسی^۲ lemon balm و اسامی فارسی ملیس و وارنگ‌بو، از ارزشمندترین گونه‌های دارویی می‌باشد و یکی از خاستگاه‌های آن ایران معرفی شده است که از دیرباز همواره به عنوان غذا-دارو توسط انسان مصرف شده است. مواد مؤثره، به‌ویژه اسانس آن علاوه بر اثرات دارویی گوناگون و استفاده در صنایع آرایشی و بهداشتی، در صنایع غذایی در طعم‌دهی (بستنی، شیرینی)، تزئین و تولید نوشیدنی‌ها، روغن‌ها، سوپ‌ها، فرآورده‌های گوشتی و سس‌ها کاربرد فراوان دارد. اسانس آن به علت اثرات آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی در کمپلکس سامانه‌های غذایی و زیستی حائز اهمیت می‌باشد. یکی از مهم‌ترین فرآورده‌های دارویی این گونه اسانس است. اسانس آن مایعی بی‌رنگ یا زرد روشن و

5. *Eucalyptus globulus*6. *Rosmarinus officinalis*7. *Artemisia turcomanica*

2. Other names include: honey balm, balm mint, garden balm, common balm, citronellae

3. *Juniperus communis*4. *Coriandrum sativum*

پس از گذشت سه ماه، گیاهچه‌های سالم، یکنواخت و عاری از وجود علائم آفات و بیماری به بستر رشد اصلی منتقل شدند. در طول دوره از هیچ‌گونه سموم شیمیایی استفاده نگردید و مبارزه با گونه‌های مزاحم و مهاجم به صورت حذف فیزیکی انجام شد. با ادامه مراقبت‌های رشدی، ظهور مریستم‌های زایشی و فاز تمام‌گل، اقدام به نمونه‌گیری گردید. پس از حذف رطوبت نمونه‌ها در شرایط سایه و دمای اتاق و به دور از نور مستقیم به مدت یک هفته، اقدام به استخراج اسانس آنها توسط روش تقطیر گردید.

۲.۲. استحصال تقطیری

استخراج اسانس با تکنیک تقطیر با آب^{۲۱} و توسط دستگاه کلونجر^{۲۲} (طرح فارماکوپه اروپا^{۲۳}) صورت گرفت. بدین منظور، برای هر یک از زمان‌های استخراج تعداد چهار تکرار طراحی گردید و برای هر تکرار میزان ۵۰ گرم از نمونه‌های برگ‌ی خرد شده و درون بالن قرار گرفت. پس از اضافه کردن ۶۰۰ میلی‌لیتر آب به محتویات بالن (۱:۱۲)، عملیات استخراج شروع گردید. به منظور لحاظ‌نمودن دقیق پارامتر زمان، نقطه مبنا از زمان شروع به جوشیدن محتویات بالن لحاظ گردید. بعد از اتمام تقطیر و سرد شدن دستگاه، میزان اسانس قرائت و راندمان آن به صورت درصد حجمی-وزنی (v/w) محاسبه گردید. به منظور حذف آب احتمالی و جلوگیری از واکنش‌های نامطلوب، اسانس حاصله توسط سولفات سدیم خشک^{۲۴} آگیری شد و تا هنگام آنالیزهای

بو^۸ [۳۰]، شوید^۹ [۳۱]، آویشن^{۱۰} [۳۲]، گونه‌های مرزنجوش^{۱۱}، جونپیر^{۱۲} [۶]، [۳۳]، [۳۴]، رازیانه^{۱۳}، اسطوخودوس^{۱۴}، انیسون^{۱۵}، درمنه^{۱۶} [۳۵]، [۳۶]، [۳۷]، [۳۸]، مورد^{۱۷} [۳۹]، به‌لیمو^{۱۸} [۳]، آگاستاکه^{۱۹} [۴۰] و نعنادهشتی^{۲۰} [۴] انجام شده است. در اغلب مطالعات مربوطه تعیین زمان مناسب استخراج با بهینه‌سازی قبلی نبوده و از مرجع مشخصی پیروی نکرده که سبب تفاوت و تغییرات در کمیت و کیفیت متابولیت‌های مؤثره، حتی در یک گونه مشخص می‌گردد. در همین راستا پژوهش حاضر، جهت مطالعه نوسانات متابولیتی تحت زمان‌های متفاوت استحصال با کاندیدایی گیاه دارویی بادرنبویه به عنوان یکی از گونه‌های دارویی مهم و پرمصرف در صنایع دارویی و غذایی صورت پذیرفت.

۲- مواد و روش‌ها

۱.۲. تولید و آماده‌سازی

این پژوهش در سال‌های ۱۴۰۲ و ۱۴۰۳ در مجموعه آزمایشگاهی گروه گیاهان دارویی دانشگاه اراک انجام شد. بذور گیاه دارویی بادرنبویه از پژوهشکده گیاهان و مواد اولیه دارویی دانشگاه شهید بهشتی تهیه شد. پس از تست و حصول اطمینان از قوه نامیه و سلامت بذور، جهت ضد عفونی ابتدا در محلول هیپوکلریت سدیم یک درصد به مدت هفت دقیقه غوطه‌ور شدند. پس از آن با آب مقطر به‌طور کامل شستشو داده شدند و در سینی‌های مخصوص حاوی کوکوپیت و پرلایت جایگذاری شدند. با ادامه مراقبت و نمو

16. *Artemisia annua*17. *Myrtus communis*18. *Lippia citriodora*19. *Agastache astromontana*20. *Mentha spicata*

21. Hydrodistillation

22. Clevenger

23. European pharmacopeia

24. Sodium sulfate anhydrous (Na₂SO₄)8. *Laurus nobili*9. *Anethum graveolens*10. *Thymus serpyllum*11. *Origanum spp.*12. *Juniperus scopulorum*13. *Foeniculum Valgare*14. *Lavandula angustifolia*15. *Pimpinella anisum*

دستگاهی در شرایط دمای چهار درجه سانتی گراد و عدم نور نگهداری گردید.

۳.۲. آنالیز شیمیایی توسط گاز کروماتوگراف-

طیف‌سنج جرمی^{۲۵}

دستگاه گاز کروماتوگراف-طیف‌سنج جرمی استفاده‌شده شرکت Agilent مدل ۵۹۷۵، میزان تزریق یک میکرولیتر به صورت اسپلیت ۱:۵۰، دستگاه مجهز به ستون کروماتوگرافی از نوع HP-5ms به طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت روکش فیلم ۰/۲۵ میکرومتر. تنظیم برنامه دمایی ستون: دمای ابتدائی آن ۵۰ درجه سانتی‌گراد و توقف در این دما به مدت پنج دقیقه، گرادیان حرارتی پنج درجه سانتی‌گراد افزایش دما در هر دقیقه و افزایش دما تا ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد. قسمت دتکتور طیف‌سنج جرمی از نوع چهارقطبی با دمای اتاق یونیزاسیون ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد با ولتاژ یونیزاسیون ۷۰ الکترون‌ولت، جریان یونیزاسیون ۱۵۰ میکروآمپر، مبادرت به جمع‌آوری اطلاعات جرمی در محدوده جرمی ۳۵ تا ۴۶۵ کرد.

۴.۲. شناسایی ترکیبات

ابتدا ضریب‌های بازداری در شرایط برنامه‌ریزی دمایی برای آلکان‌های نرمال (C8-C20) در ستون HP-5 با شرایط مشابه محاسبه شد. سپس شناسایی ترکیبات شیمیایی با استفاده از فاکتورهای مختلف نظیر زمان بازداری، شاخص بازداری، اندیس کواتس، بررسی طیف‌های جرمی نمونه و قیاس این طیف‌ها با طیف‌های جرمی و اندیس کواتس ترکیبات استاندارد موجود در منابع مکتوب و همچنین اطلاعات موجود در کتابخانه رایانه دستگاه (Wiley-7 و Terpenoids) و مجموعه کتابخانه تحت وب NIST انجام شد. سنجش کمی ترکیبات شناسایی‌شده به صورت درصد سطح زیر پیک و با نرمالیزه کردن داخلی با شرط فاکتور پاسخ جرمی یکسان برای تمام ترکیبات ارائه شد [۴۱ و ۴۲].

۵.۲. تجزیه و تحلیل آماری

آنالیز آماری داده‌های مربوطه در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد. قیاس میانگین به روش آزمون دانکن در سطح احتمال ۹۹٪ ($p < 0.01$) و با استفاده از نرم‌افزار SAS ورژن ۹ برآورد شد (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). جهت انجام آنالیز کلاستر از نرم‌افزار R استفاده گردید (v3.4.3, <https://www.rproject.org>).

۳- نتایج و بحث

در این پژوهش پس از بررسی مطالعات پیشین توأم با تجارب تحقیقاتی، تکنیک تقطیر با آب [۴۳] و بازه زمان‌های متفاوت برای استخراج اسانس طراحی و لحاظ گردید. در سایر مطالعات روش تقطیر با آب و زمان‌های استحصال ۹۰ دقیقه [۴۴]، ۱۸۰ دقیقه [۱۳، ۲۱، ۲۴، ۲۵، ۴۵، ۴۶، ۴۷]، ۲۴۰ دقیقه [۲۳ و ۴۸] و ۳۰۰ دقیقه [۴۹] برای استخراج ترکیبات این گونه استفاده شده است. اساساً فاکتورهای مختلفی بر عملکرد و کیفیت متابولیت‌ها تأثیرگذارند. این فاکتورها در سه تیپ اصلی ژنتیک، محیط و فرآوری اثر خود را اعمال می‌نمایند. در حوزه فرآوری نیز پارامترهای مختلفی دخیل‌اند که در این بین زمان استخراج و تعیین حد بهینه آن یکی از مهم‌ترین آنها می‌باشد [۵۰]. از حیث عملیاتی مدت‌زمان استخراج از اهمیت بالایی برخوردار است و هنگامی که بر اساس دستورالعمل‌ها و استانداردها، عملکرد، کیفیت، رقابت‌پذیری و تولید پایدار مطرح باشد، به عنوان یک پارامتر کلیدی در فرآوری به شمار می‌آید و اجرای آن صحیح آن بازدهی بالاتر، کیفیت بهتر، مصرف انرژی و آب کمتر و مهم‌تر از همه، مدیریت مناسب ظرفیت را ممکن می‌سازد [۲۰].

اسانس‌های استحصالی در این آزمایش از لحاظ پارامترهای ارگانولپتیکی، همه به رنگ زرد روشن و با بویی نافذ و مشابه اما تندتر از بوی لیموی تازه بودند و از این نظر تفاوت قابل درکی بین نمونه‌های استحصالی از زمان‌های متفاوت تقطیر

از مؤلفه‌های مختلف است. در واقع تفاوت در محتوی و حتی تنوع و مقادیر ترکیبات اسانس یک گونه دارویی مشخص در گزارش‌های مختلف متأثر از شرایط حاکم بر رشد یا فاکتورهای پس از رشد و نمو و فرآوری است. با توجه به پیچیدگی مؤلفه‌های محیطی و اکولوژیکی مؤثر بر رشد و سنتز متابولیت‌ها و برهمکنش آنها در شرایط متفاوت، گاهی ردیابی و کنترل آنها امکان‌پذیر نمی‌باشد، اما فاکتورهای مرتبط با بخش فرآوری قابلیت کنترل، تعمیم و همسان‌سازی بالایی دارند. روش و زمان استحصال به عنوان یکی از مهم‌ترین شاخص‌های فرآوری و به عنوان یک فاکتور مجزا، مشخص و قابل تفکیک مطرح می‌باشد و اجرای آن در شرایط لابراتورهای مختلف به سهولت قابل اقتباس و تکرار است که در مطالعات مختلف و مقیاس آزمایشگاهی و صنعتی با یقین بالاتری می‌توان از آن به عنوان یک الگوی ثابت استفاده نمود.

مشاهده نگردید. این خواص در مطالعات دیگر نیز گزارش شده است [۹، ۱۳، ۴۵، ۴۶]. حسب اهمیت ترکیبات، این موضوع بیانگر آن است که در آزمایشاتی از این قبیل، نمی‌توان صرفاً به مؤلفه‌های ارگانولپتکی اکتفا کرد و تأثیرپذیری و اثربخشی را باید مشخصاً در سنجش و آنالیزهایی نظیر عملکرد متابولیت‌ها و پروفایل فیتوشیمیایی ترکیبات کنکاش و ردیابی نمود.

در بخش عملکرد استخراجی، نتایج نشان داد بازده اسانس در تیمارهای مختلف با یکدیگر اختلاف معنی‌داری دارند، به نحوی که حداکثر میزان اسانس در تیمار ۱۲۰ دقیقه (۰/۳۳ درصد) و حداقل آن در تیمار ۲۴۰ دقیقه (۰/۲۵ درصد) حاصل شد. تیمارهای ۶۰ و ۱۸۰ دقیقه نیز به ترتیب مقادیر ۰/۲۹ درصد و ۰/۳۱ درصد را به خود اختصاص دادند (شکل ۱). محتوی اسانس در سایر مطالعات ۰/۵ درصد [۲۳ و ۴۴]، ۰/۴۷ درصد [۱۳]، ۰/۳۷ درصد [۴۶]، ۰/۲۴ درصد [۴۷]، ۰/۱۷ درصد [۴۹] و ۰/۱۶ درصد [۲۱] گزارش شده است که این تفاوت‌ها صرفاً مربوط به زمان استخراج نبوده و متأثر

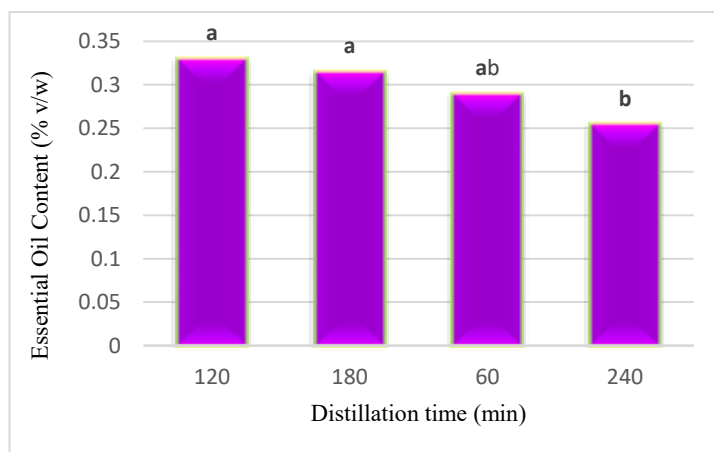


Fig 1. Extraction efficiency in different treatments (% v/w)

۳۲ ترکیب جداسازی و ۳۱ ترکیب شناسایی شد که مجموعاً ۹۹/۹۹ درصد از کل اجزا را به خود اختصاص دادند. در زمان ۱۸۰ دقیقه تعداد ۴۱ ترکیب جداسازی و ۳۹ ترکیب شناسایی شد که مجموعاً ۹۹/۷۰ درصد از کل اجزا را شامل شدند. این روند برای تیمار ۲۴۰ دقیقه، جداسازی ۴۸ ترکیب و شناسایی ۴۶ ترکیب با تخصیص ۹۹/۵۰ درصد از کل اجزا

بر اساس نتایج آنالیز دستگامی و تفسیر ترکیبات، در پژوهش حاضر و در تیمارهای مختلف در اسانس این گونه دارویی به‌طور کلی تعداد ۶۲ ترکیب شیمیایی جداسازی و تعداد ۵۸ ترکیب شناسایی گردید. در زمان ۶۰ دقیقه تعداد ۴۹ ترکیب جداسازی و ۴۷ ترکیب شناسایی شد که مجموعاً ۹۹/۷۰ درصد از کل اجزا را شامل شدند. در تیمار ۱۲۰ دقیقه تعداد

بود. نوع و مقادیر ترکیبات در تیمارهای مختلف متفاوت بود و واریانس آن از ترکیبات کم مقدار تا ترکیبات اصلی قابل مشاهده بود (جدول ۱).

Table 1. Chemical composition analysis of lemon balm (*Melissa officinalis* L.) essential oil

No.	Compositions	Molecular formula	RI ²⁶	Ex Time ₆₀	Ex Time ₁₂₀	Ex Time ₁₈₀	Ex Time ₂₄₀
1	2E-hexenal	C ₆ H ₁₀ O	843	1.4	1.4	0.7	0.6
2	3Z-hexenol	C ₆ H ₁₂ O	846	0.1	0.1	0.1	0.1
3	α-pinene	C ₁₀ H ₁₆	938	<i>t</i> ²⁷	-	-	-
4	sabinene	C ₁₀ H ₁₆	977	<i>t</i>	-	-	-
5	β-pinene	C ₁₀ H ₁₆	979	<i>t</i>	-	-	-
6	1-octen-3-ol	C ₈ H ₁₆ O	987	0.7	0.7	0.5	0.4
7	6-methyl-5-hepten-2-one	C ₈ H ₁₄ O	993	1.5	1.6	1.1	1.0
8	myrcene	C ₁₀ H ₁₆	994	0.1	0.2	0.1	0.1
9	3-octanol	C ₈ H ₁₈ O	998	<i>t</i>	-	-	-
10	2E,4E-heptadienal	C ₇ H ₁₀ O	1013	<i>t</i>	-	-	-
11	limonene	C ₁₀ H ₁₄	1032	0.1	-	<i>t</i>	<i>t</i>
12	1,8-cineol	C ₁₀ H ₁₈ O	1035	0.3	0.3	0.2	0.1
13	Z-β-ocimene	C ₁₀ H ₁₆	1043	<i>t</i>	-	-	-
14	benzenacetaldehyde	C ₈ H ₈ O	1048	<i>t</i>	-	-	0.1
15	E-β-ocimene	C ₁₀ H ₁₆	1054	0.1	0.1	0.1	0.1
16	bergamol	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	1059	0.1	-	0.1	0.1
17	cis-linalool oxide	C ₁₀ H ₁₈ O	1076	-	-	-	<i>t</i>
18	unknown	-	1098	-	-	-	0.3
19	rosefurane	C ₁₀ H ₁₄ O	1099	0.2	0.2	0.2	-
20	linalool	C ₁₀ H ₁₈ O	1102	0.2	0.3	0.3	0.5
21	n-nonanal	C ₉ H ₁₈ O	1104	0.4	0.3	0.3	0.3
22	cis-rose oxide	C ₁₀ H ₁₈ O	1113	0.2	0.2	0.2	0.2
23	trans-rose oxide	C ₁₀ H ₁₈ O	1131	0.1	0.1	0.1	0.1
24	epi-Photocitral	C ₁₀ H ₁₆ O	1144	0.5	0.4	0.4	0.4
25	exo-isocitral	C ₁₀ H ₁₆ O	1151	0.4	0.5	0.4	0.4
26	photocitral A	C ₁₀ H ₁₆ O	1155	1.0	0.9	0.9	0.8
27	citronellal	C ₁₀ H ₁₈ O	1166	8.3	7.7	7.3	5.5
28	Z-isocitral	C ₁₀ H ₁₆ O	1173	1.6	1.3	1.2	1.2
29	menthol	C ₁₀ H ₂₀ O	1178	-	-	<i>t</i>	-
30	rosefuran epoxide	C ₁₀ H ₁₄ O ₂	1181	0.5	0.5	0.4	0.5
31	E-isocitral	C ₁₀ H ₁₆ O	1185	2.3	1.6	1.7	1.9
32	α-terpineol	C ₁₀ H ₁₈ O	1195	-	-	-	<i>t</i>
33	unknown	-	1199	0.2	0.1	0.2	0.2
34	4-methylen-isophorene	C ₁₀ H ₁₄ O	1222	-	-	0.1	0.1
35	nerol	C ₁₀ H ₁₈ O	1241	-	0.5	-	-
36	pulegone	C ₁₀ H ₁₆ O	1248	3.2	4.3	3.6	-
37	neral (Z-citral)	C ₁₀ H ₁₆ O	1271	32.6	31.1	31.9	33.4
38	piperitone	C ₁₀ H ₁₆ O	1272	-	1.1	-	-
39	methyl citronellate	C ₁₁ H ₂₀ O ₂	1274	0.7	1.6	0.7	0.6
40	geranial (E-citral)	C ₁₀ H ₁₆ O	1290	35.4	37.5	37.9	36.6
41	neric acid	C ₁₀ H ₁₆ O ₂	1311	0.1	0.6	-	0.1
42	methyl geranate	C ₁₁ H ₁₈ O ₂	1337	0.8	-	0.8	0.8
43	piperitenone	C ₁₀ H ₁₄ O	1356	0.3	0.1	0.2	0.2

26. The Kovats retention indices relative to C8-C20 n-alkanes were determined on HP-5 ms capillary column

27. Trace<0.05

44	unknown	-	1371	-	-	0.2	-
45	neryl acetate	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	1372	0.1	-	-	0.1
46	piperitone oxide	C ₁₀ H ₁₆ O ₂	1376	<i>t</i>	-	-	0.1
47	α-copaene	C ₁₅ H ₂₄	1383	-	-	-	0.1
48	geranyl acetate	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	1392	2.2	1.3	1.9	2.4
49	unknown	-	1402	0.1	-	-	-
50	E-caryophyllene	C ₁₅ H ₂₄	1427	2.4	2.1	3.4	5.5
51	α-humulene	C ₁₅ H ₂₄	1453	0.1	0.1	0.2	0.3
52	germacrene-D	C ₁₅ H ₂₄	1475	0.1	-	0.1	0.2
53	E-β-ionene	C ₁₃ H ₂₀ O	1477	<i>t</i>	-	<i>t</i>	0.1
54	E,E-α-farnesene	C ₁₅ H ₂₄	1511	-	-	-	<i>t</i>
55	δ-cadinene	C ₁₅ H ₂₄	1530	-	-	-	0.1
56	germacrene-D-4-ol	C ₁₅ H ₂₆ O	1586	-	-	-	0.1
57	caryophyllene oxide	C ₁₅ H ₂₄ O	1594	1.6	1.1	2.5	4.2
58	caryophylla-4(12),8(13)-dien-5.α-ol	C ₁₅ H ₂₄ O	1641	<i>t</i>	-	<i>t</i>	0.1
59	caryophylla-4(12),8(13)-dien-5.β-ol	C ₁₅ H ₂₄ O	1645	0.1	-	0.1	0.2
60	epi-α-murolol	C ₁₅ H ₂₆ O	1649	-	-	-	0.1
61	α-cadinol	C ₁₅ H ₂₆ O	1662	<i>t</i>	-	<i>t</i>	0.1
62	14-hydroxy-9-epi-(E)-caryophyllene	C ₁₅ H ₂₄ O	1679	0.1	-	0.2	-

بر اساس نتایج آنالیز کرماتوگرافی گازی، ترکیبات غالب و عمده اسانس ژرانیال^{۲۸}، نرال^{۲۹} و سیترونال^{۳۰} می‌باشند. پس از آن ترکیبات کاریوفیلن، کاریوفیلن اکساید، پولگون، ایزوسیترال و ژرانیل استات سهم بعدی ترکیبات را در سطوح کمتر به خود اختصاص دادند. در سایر مطالعات نیز ترکیبات اصلی و قابل توجه اسانس ژرانیال، نرال [۴۳]؛ ژرانیال، نرال، سیترونال [۹، ۱۳، ۴۵، ۵۱]؛ نرول، ژرانیال، نرال، ایزوپولگون [۲۳]؛ ژرانیال، نرال، سیترونال، بتاکاریوفیلن [۴۷]؛ ژرانیال، نرال، سیترونال، سیترونلول [۴۴]؛ ژرانیال، نرال، بتاکاریوفیلن، ژرماکرن دی [۲۱]؛ ژرانیال، نرال، سیترونال، بتاکاریوفیلن، ژرماکرن دی، دلنا-۳ کارن [۲۵]؛ ژرانیال، نرال، ژرانیل استات، کاریوفیلن اکساید، بتاکاریوفیلن [۴۶] و کاریوفیلن اکساید، بتاکاریوفیلن، ژرانیال، نرال [۴۸] مطرح شده است و از لحاظ تأثیر زمان استخراج تغییرات قابل توجهی و مشخصاً در نوع ترکیبات اصلی و مهم مشهود نیست (جدول ۱).

به علت وجود حداکثری ایزومرهای نرال و ژرانیال در اسانس، عمده اثرات فعال بیولوژیکی مربوط به این ایزومرها بوده و به عنوان یکی از فاکتورهای مهم تعیین کیفیت اسانس قلمداد می‌گردند [۲۰]. نرال و ژرانیال به عنوان مهم‌ترین ترکیبات اسانس تحت عنوان سیترال^{۳۱} مطرح می‌باشند. سیترال یک ملکول زیستی با فعالیت‌های بیولوژیکی مهم می‌باشد. یک مونوترپن اکسیژن‌دار خطی با فرمول ملکولی C₁₀H₁₆O و دارای فرم‌های سیس و ترانس می‌باشد که علاوه بر اثرات بیولوژیکی متعدد به عنوان طعم‌دهنده دارو، فرآورده‌های غذایی و آرایشی، بهداشتی و در تهیه عطر و ادکلن کاربرد وسیعی دارد [۵۲]. به صورت خوراکی کاملاً در دستگاه گوارش هضم می‌شود. در صنایع غذایی یکی از مهم‌ترین ترکیبات طعم‌دهنده طبیعی با عطر و طعم شدید لیمو است و به‌طور گسترده به عنوان یک افزودنی در غذاها و نوشیدنی‌ها استفاده می‌شود [۵۳]. سیترال و سیترونال جز گروه آلدئیدها بوده و دارای اثرات ضد ویروسی، ضد باکتریایی، ضد التهاب، ضد سرطان، ضد تب، ضد اسپاسم،

28. *trans* citral; α-citral; citral A; *E*-isomer

29. *cis* citral; β-citral; citral B; *Z*-isomer

30. Citronellal; Rhodinal; 3,7-Dimethyl-6-octenal

31. 3,7-dimethyl-2,6-octadienal

ترکیبات اصلی، راندمان اسانس نیز روند وارون و معنی داری را طی کرده که با لحاظ نمودن سایر پارامترهای مؤثر خصوصاً انرژی های مصرفی، حتی دخیل نمودن افزایش برخی ترکیبات فرعی و کم مقدار نظیر کاربوفیلن، کاربوفیلن اکساید و ژرانیل استات توجه پذیر نخواهد بود. این موضوع حتی با وارد کردن تعداد بیشتری از ترکیبات کم مقدار نظیر پولگون، ایزوسیترال، متیل سیترونلات، پیریتون و ... در آنالیز نیز قابل تأیید است؛ به نحوی که تیمار ۲۴۰ دقیقه به صورت مجزا و با فرجه بیشتری از سایر تیمارها قابل ملاحظه است (شکل ۲). در واقع با حذف تیمار ۲۴۰ دقیقه، تولیدکننده با استحصال حداکثری اسانس توأم با محتوی بالاتر ترکیبات هدف نظیر ژرانیل نرال و سیترونال در فرآورده مورد نظر؛ در زمان کوتاه تر تقطیر، بستر مصرف انرژی کمتری را فراهم می کند که این امر به کاهش هزینه های تولید کمک شایانی می نماید.

آنتی اکسیدانی، گشادکننده عروق، کاهنده فشار خون و آرامبخشی هستند [۵۲ و ۵۴].

مجموع مقادیر ترکیبات اصلی (ژرانیل، نرال و سیترونال) در تیمارهای ۶۰، ۱۲۰، ۱۸۰ و ۲۴۰ دقیقه به ترتیب ۷۶/۳ درصد، ۷۶/۳ درصد، ۷۷/۱ درصد و ۷۵/۵ درصد حاصل شد. علیرغم کاهش جزئی در میزان نسبی برخی ترکیبات اصلی به موازات پیشرفت فرآیند تقطیر و در تیمار ۱۲۰ دقیقه، اما به دلیل اینکه میزان کاهش نامحسوس بوده و همچنان مجموع این ترکیبات به عنوان شالوده اثربخشی در تیمار ۱۸۰ دقیقه در سطح حداکثری (۷۷/۱ درصد) قرار دارند (جدول ۱ و شکل ۲)، اثرات فعال و بیولوژیکی آن دستخوش تغییر نمی شود و لذا با لحاظ نمودن راندمان اسانس که نسبت به زمان ۱۲۰ دقیقه دارای اختلاف قابل ملاحظه و معنی داری است؛ می توان تیمار ۱۸۰ دقیقه را در اولویت گزینش قرار داد. با افزایش زمان به ۲۴۰ دقیقه، علاوه بر کاهش سطح

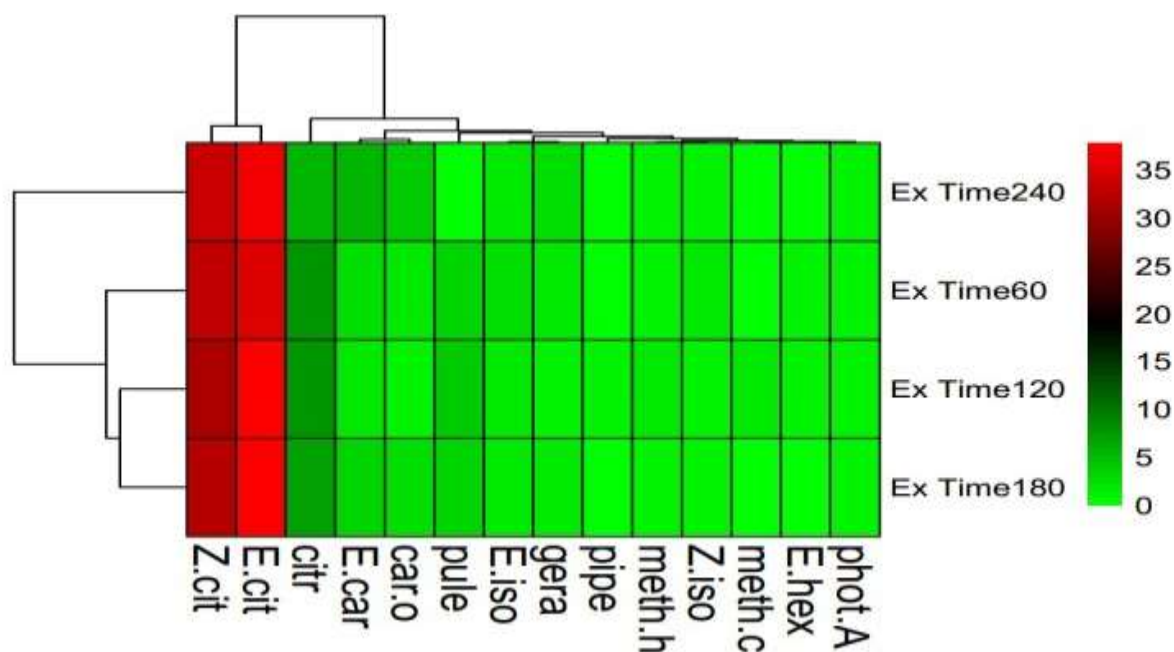


Fig 1. Presence of major and minor compounds in different extraction treatments

(E.hex) E-۲-هگزانال؛ (meth.h) ۶-متیل ۵-هپتن-۲-وان؛ (phot.A) فتوسیترال A (citr) سیترونال؛ (Z.iso) Z-ایزوسیترال؛ (E.iso) E-ایزوسیترال؛ (pule) پولگون؛ (Z.cit) نرال؛ (pipe) پیریتون؛ (meth.c) متیل سیترونلات؛ (E.cit) ژرانیل؛ (gera) ژرانیل استات؛ (E.car) E-کاربوفیلن؛ (car.o) کاربوفیلن اکساید

اکسیژنه (۹۰/۱ درصد)، سزکوئی‌ترین هیدروکربنه (۲/۶ درصد)، سزکوئی‌ترین اکسیژنه (۱/۸ درصد) و ترکیبات متفرقه ۴/۴ درصد از گروه ترکیبات را به خود اختصاص دادند. این روال در تیمار ۱۲۰ دقیقه به ترتیب ۰/۳ درصد، ۸۹/۳ درصد، ۲/۳ درصد، ۱/۱ درصد، ۶/۸ درصد؛ در تیمار ۱۸۰ دقیقه ۰/۲ درصد، ۸۷/۸ درصد، ۳/۷ درصد، ۲/۹ درصد، ۵/۲ درصد و در تیمار ۲۴۰ دقیقه ۰/۲ درصد ۸۳/۵ درصد، ۶/۲ درصد، ۴/۷ درصد، ۴/۹ درصد بود (جدول ۲). همان‌طور که ملاحظه می‌گردد مونوترپن‌های اکسیژنه علیرغم روند کاهشی به موازات افزایش زمان استخراج، در تمام تیمارها بالاترین مقادیر کلاس ترکیبات را به خود اختصاص دادند. با افزایش مدت‌زمان تقطیر، میزان مونوترپن‌ها و سزکوئی‌ترین‌های بدون اکسیژن در اسانس به صورت نسبی افزایش، اما میزان مونوترپن‌های اکسیژن‌دار به‌طور نسبی کاهش یافته می‌یابد [۳۰]. مشابه این روند در آنالیز حاضر نیز خصوصاً در رابطه با سزکوئی‌ترین‌های بدون اکسیژن و مونوترپن‌های اکسیژنه حاکم است. در واقع با افزایش مدت-زمان تقطیر از میزان ترکیبات اکسیژنه کاسته و به مقادیر ترکیبات هیدروکربنه افزوده شده است.

در رابطه با پروفایل ثانویه از ترکیبات و ترکیبات فرعی ملاحظه می‌گردد حداکثر مقادیر ترکیبات مونوترپنی سبک‌تر تا محدوده لیمون و ۸/۱ سینئول در محدوده یک تا دو ساعت اول وارد اسانس می‌شوند و پس از آن با افزایش زمان استخراج کاهش می‌یابند؛ به‌نحوی که این رده از ترکیبات گاهاً در اواخر استخراج به بیش از ۱۰۰ درصد کاهش یافته یا حتی مقدار آنها در حد ناچیز می‌گردد [۳۳ و ۵۵]. هرچند در این آزمایش ترکیبات مذکور کم‌مقدار بوده و مطرح نیستند، لذا همچنان با تأکید بر هدفمندی در نوع ترکیبات، باید به این مهم توجه داشت که چنانچه هدف و شاخص اصلی ترکیباتی از این گروه باشد، این مسئله باید بررسی و لحاظ گردد. همچنین با افزایش مدت‌زمان تقطیر، احتمال اکسیداسیون ترکیباتی مثل منتول و کاهش آنها و در پی آن افزایش برخی ترکیبات نظیر منتون وجود دارد [۴]. در آزمایش حاضر این موضوع در رابطه با ترکیب پولگون مشاهده می‌شود، به‌طوری که با گذشت مدت زمان استحصال از ۱۲۰ دقیقه میزان پولگون کاهش یافته و در زمان ۲۴۰ دقیقه کاملاً حذف شده است.

در کلاس ترکیبات، پنج گروه اصلی تفکیک گردید. در تیمار ۶۰ دقیقه مونوترپن هیدروکربنه (۰/۸ درصد)، مونوترپن

Table 2. Classification of chemical compounds of essential oils (*Melissa officinalis* L.)

Major Grouped Compounds	Ex Time ₆₀	Ex Time ₁₂₀	Ex Time ₁₈₀	Ex Time ₂₄₀
Monoterpene hydrocarbones	0.8	0.3	0.2	0.2
Oxygenated monoterpenes	90.1	89.3	87.7	83.5
Sesquiterpene hydrocarbones	2.6	2.3	3.7	6.2
Oxygenated sesquiterpenes	1.8	1.1	2.9	4.7
Misellaneous	4.4	6.8	5.2	4.9
Total Identified	99.70	99.90	99.70	99.50

حداقل میزان ترکیبات اکسیژنه در ۱۵۰ دقیقه ثبت شده است [۱۸]. در گونه دارویی کاج^{۳۳} حداکثر عملکرد اسانس در زمان استحصال ۱۶۰ دقیقه و میزان دو ترکیبات اصلی آلفا پینن و بتاپینن در شروع فرآیند استخراج (دقایق ۵ تا ۲۰)

در سایر مطالعات در گیاه دارویی رازیانه^{۳۲} با افزایش زمان استخراج از ۱۵ تا ۱۵۰ دقیقه، راندمان اسانس نیز افزایش و حداکثر میزان اسانس، حداکثر میزان ترکیبات هیدروکربنه و

استخراج تقطیری اسانس از ریزوم گونه دارویی وج^{۳۴}، با افزایش چهار برابری زمان استخراج، خروجی اسانس نیز چهار برابر افزایش یافته است. با گذشت زمان استخراج، مشخصاً ترکیب بورنیل استات کاهش چشمگیر و تا حد صفر را در پی داشته است [۶۳]. در برخی مطالعات هم در رابطه با تأثیر زمان استخراج، یافته مشخصی ارائه نشده و علت آن را متأثر از ناهمگنی در مواد اولیه دارویی و نوسانات شرایط محیطی حاکم گزارش کرده‌اند [۶۴]. قابل ذکر است در بین انواع روش‌های تقطیر [آب، بخار و آب و بخار، میکروویو] نیز اختلاف در راندمان، نوع و کیفیت ترکیبات حاصله می‌تواند وجود داشته باشد و در اجرای آنها نتایج الزاماً مشابه یا نزدیک نمی‌باشد. انتخاب نوع تقطیر علاوه بر فراهمی تجهیزات، عمدتاً وابسته به اندام مورد استفاده، سایز یا خردایش ذرات و حتی حضور و میزان سایر ترکیبات همراه نظیر ساپونین‌ها، موم‌ها و رزین‌ها می‌باشد [۱۵ و ۲۴]. این تفاوت‌ها گاهی در حدی است که در بین روش‌های تقطیر نوع و میزان ترکیبات غالب و اصلی را هم تحت تأثیر قرار داده و به کلی پروفایل شیمیایی، خواص و اثرات اسانس را متحول می‌نماید [۶۵].

همان‌طور که ملاحظه می‌گردد نتایج سایر مطالعات علیرغم برخی تفاوت در یافته‌ها که عمدتاً می‌تواند به علت تفاوت در نوع گونه یا ارقام، مجاری و بافت‌های ترشحي و ذخیره‌ای اسانس و سطح خردایش باشد؛ اما اغلب و خصوصاً در رابطه با اندام‌های هوایی گونه‌های دارویی، بازه زمانی حدود ۱۲۰ تا ۱۸۰ دقیقه را از لحاظ کمیت و کیفیت مناسب ترکیبات ارائه نموده‌اند. در ارزیابی حاضر در مجموع و با لحاظ نمودن کمیت و کیفیت اسانس و به‌ویژه حضور ترکیبات اصلی و عمده نظیر ژرانیال، نرال و سیترونال که شاخص اثربخشی و کیفیت اسانس در صنایع غذا-دارو هستند؛ زمان استحصال

حداکثری و با گذشت زمان سیر نزولی را طی کرده است. برخلاف این دو ترکیب، سایر ترکیبات کم‌مقدار نظیر ژرماکرن‌دی، لیمونن، مایرسن و گاما‌کادینن، تا زمان حدود دو ساعت سیر صعودی و پس از آن یا روند ثابت یا کاهشی را به خود اختصاص دادند [۵۶]. در گیاه دارویی گل محمدی^{۳۴}، طی افزایش زمان استخراج تا سه ساعت میزان اسانس نیز افزایش، اما پس از آن افزایش معنی‌داری در مقدار آن مشاهده نشده است. به علت حضور بیشتر ترکیبات مونوترپن اکسیژن‌دار نظیر سیترونلول، نرال و ژانیال، زمان حدود سه ساعت و برای ترکیباتی نظیر نرول و ژرانیول ۹۰ دقیقه در اولویت توصیه شده است [۱، ۵۷، ۵۸]. در گونه‌های دارویی آویشن دنايي^{۳۵} و آویشن پهن‌برگ^{۳۶}، با لحاظ نمودن کمیت و کیفیت ترکیبات و حضور ترکیبات اصلی فنلی مونوترپنیک تیمول و کارواکرول زمان استحصال دو ساعت گزینش شده است [۵۹]. در گونه‌ی دارویی زیره سبز^{۳۷}، افزایش زمان استخراج محتوی و عملکرد اسانس را افزایش داده، اما با عبور زمان از دو ساعت، میزان ترکیب اصلی کومین‌آلدئید و اثربخشی ضد مالاریایی آن دچار کاهش شده است [۶۰]. در گونه دارویی کاجوپوت^{۳۸}، با افزایش زمان استخراج تا هشت ساعت، راندمان اسانس افزایش یافته، اما حداکثر میزان ترکیب غالب و اصلی نرولیدول در پنج ساعت حاصل شده است [۶۱]. در ارقام مختلف گیاه دارویی شاهدانه^{۳۹}، با افزایش زمان استخراج از دو به چهار ساعت، در برخی ارقام سیر صعودی و در برخی ارقام تفاوتی در عملکرد اسانس مشاهده نشده است. ترکیبات بتامایرسن و ترپینولن در زمان دو ساعت مقادیر بیشتری را به خود اختصاص داده و با گذشت زمان از میزان آنها کاسته شده است. این موضوع در رابطه با ترکیبات بتاکاریوفیلن و هومولن در اکثر موارد روند معکوس داشته است [۶۲]. در

38. *Melaleuca leucadendra*39. *Cannabis sativa*40. *Acorus calamus*34. *Rosa damascena*35. *Thymus daenensis*36. *Zataria multiflora*37. *Cuminum cyminum*

علاوه بر هدررفت انرژی و ایجاد برخی واکنش‌های هیدرولیزی مخرب و نامطلوب، سبب کاهش اثرات بیولوژیکی و درمانی اسانس‌ها خصوصاً در صنایع غذایی و دارویی خواهد شد. عملکرد استخراج، نوع ترکیبات و مقادیر آنها طی زمان‌های متفاوت استحصال دستخوش تغییرات خواهد شد. لذا در این قبیل مطالعات آنچه در اولویت اهمیت می‌باشد، تعیین هدف از استخراج می‌باشد. در رابطه با دستیابی به راندمان بهینه متابولیت‌ها در زمان مناسب، در کنار کیفیت، با لحاظ نمودن پارامترهای وابسته نظیر انرژی-های مصرفی استحصال و همچنین ارزش اقتصادی اسانس، می‌توان به این مهم دست یافت. با توجه به اینکه در این پروسه عملکرد مواد مؤثره و همچنین پروفایل ترکیبات آن قابل تغییر است، بر اساس پارامترهای دخیل در فرآوری مانند سیستم‌های مصارف انرژی گرمایشی، سرمایشی، تجهیزات مورد استفاده، ظرفیت و برآیند استهلاك، هر واحد تولیدی می‌تواند زمان استخراج و سایر پارامترهای فرآوری در حوزه خود را بهینه نماید. در واقع چنانچه هدف استحصال اسانس با مقادیر مشخصی از ترکیبات مورد نظر و اثرات بیولوژیکی و دارویی خاصی باشد، با تنظیم زمان تقطیر می‌توان به یک فرآیند هدفمند و پایدار نائل آمد.

۱۸۰ دقیقه را می‌توان به عنوان تیمار مناسب معرفی نمود که تا حد زیادی همسو با مطالعات پیشین نیز می‌باشد. با بررسی و قیاس بین مطالعات انجام شده در این حوزه، می‌توان به این برآیند رسید که زمان تقطیر علاوه بر تأمین کمیت و ماکسیمم خروجی پروسه استحصال و جلوگیری از فرسایش منابع و هدررفت انرژی، می‌تواند به عنوان ابزاری جهت به دست-آوردن اسانس‌ها با ترکیب هدفمند خاص استفاده شود. بر اساس شرایط عملیاتی مورد استفاده در این پژوهش، افزایش زمان تقطیر به بیش از ۱۸۰ دقیقه، برتری کیفی، عملکردی و در پی آن مزیت صنعتی یا اقتصادی ارائه نمی‌دهد و در مدت زمان ۱۸۰ دقیقه امکان حصول اسانس با عملکرد خوب، خواص مناسب و هزینه عملیاتی پایین وجود دارد.

۴- نتیجه‌گیری

بر اساس یافته‌های بررسی حاضر، اهمیت ترکیبات، صرفه-جویی در منابع و انرژی‌های مصرفی، تیمار ۱۸۰ دقیقه را می‌توان جهت دستیابی به خروجی مناسبی از محتوی ترپنوئیدی و ترکیبات ارزشمند آن معرفی نمود. بررسی این موضوع در سایر روش‌های استخراج صنعتی قابل پیشنهاد است. یافته‌های این مطالعه با برآیند سایر مطالعات چنین می‌نماید افزایش بی‌ملاحظه زمان استخراج متابولیت‌ها،

۵- منابع

- [1] Mirzaei, M., Ahmadi, N., Sefidkon, F., Shojaeiyan, A., & Mazaheri, A. (2015). Evaluation of phytochemical profiling of damask rose (*Rosa damascena* Mill.) at various post-harvest incubation conditions and determination of the best hydro-distillation time. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 31(4), 732-742. <https://doi.org/10.22092/ijmapr.2015.102689>
- [2] Zheljzakov, V.D., Gawde, A., Cantrell, C.L., Astatkie, T., & Schlegel, V. (2015). Distillation time as tool for improved antimalarial activity and differential oil composition of cumin seed oil. *PLoS One*, 10(12), 1-12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144120>
- [3] Ghorbanpour, M., & Shahhoseini, R. (2017). Influence of distillation time on the content and constituent of essential oils isolated from lemon verbena (*Lippia citriodora* Kunth). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 20(4), 1083-1089. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2017.1345648>
- [4] Marques, S.M., Pinheiro, R.O., Nascimento, R.D., Andrade, E.A., & Faria, L.D. (2023). Effects of Harvest Time and Hydrodistillation Time on Yield, Composition, and Antioxidant Activity of Mint Essential Oil. *Molecules*, 28(22), 1-13. <https://doi.org/10.3390/molecules28227583>
- [5] Kant, R., & Kumar, A. (2022). Review on essential oil extraction from aromatic and medicinal plants: Techniques, performance and economic analysis. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 30, 100829. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2022.100829>
- [6] Toker, R., Golukcu, M., & Tokgoz, H. (2017). Effects of distillation times on essential oil compositions of *Origanum minutiflorum* O. Schwarz Et. and PH Davis. *Journal of Essential Oil Research*,

- 29(4), 330-335.
<http://dx.doi.org/10.1080/10412905.2016.1276026>
- [7] Aljaafari, M.N., AlAli, A.O., Baqais, L., Alqubaisy, M., AlAli, M., Molouki, A., & Lim, S.E. (2021). An overview of the potential therapeutic applications of essential oils. *Molecules*, 26(3), 1-27. <https://doi.org/10.3390/molecules26030628>
- [8] Vora, L.K., Gholap, A.D., Hatvate, N.T., Naren, P., Khan, S., Chavda, V.P., & Khatri, D.K. (2024). Essential oils for clinical aromatherapy: a comprehensive review. *Journal of Ethnopharmacology*, 330, 1-21. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2024.118180>
- [9] Medeiros, A.R., Leite, J.F., de Assis, R.A., Rocha, J.M., Bertolucci, S.V., & Pinto, J.P. (2024). Application of natural elicitors to promote growth, photosynthetic pigments, and the content and composition of essential oil in *Melissa officinalis* L. *Industrial Crops and Products*, 208, 117885. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2024.118244>
- [10] Dodos, T., Rajcevic, N., Janackovic, P., Vujisic, L., & Marin, P.D. (2019). Essential oil profile in relation to geographic origin and plant organ of *Satureja kitaibelii* Wierzb. ex Heuff. *Industrial Crops and Products*, 139, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111549>
- [11] Yamine, J., Chihib, N.E., Gharsallaoui, A., Ismail, A., & Karam, L. (2024). Advances in essential oils encapsulation: Development, characterization and release mechanisms. *Polymer Bulletin*, 81(5), 3837-3882. <https://doi.org/10.1007/s00289-023-04916-0>
- [12] Ye, R., Tian, K., Hu, H., Li, P., & Tian, X. (2023). Extraction process optimization of essential oil from *Melissa officinalis* L. using a new ultrasound-microwave hybrid-assisted Clevenger hydrodistillation. *Industrial Crops and Products*, 203, 117165. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.117165>
- [13] Abdellatif, F., Akram, M., Begaa, S., Messaoudi, M., Benarfa, A., Egbuna, C., & Simal-Gandara, J. (2021). Minerals, essential oils, and biological properties of *Melissa officinalis* L. *Plants*, 10(6), 3-16. <https://doi.org/10.3390/plants10061066>
- [14] Perovic, A.B., Karabegovic, I.T., Krstic, M.S., Veličkov, A.V., Avramovic, J.M., Danilovic, B.R., & Veljkovic, V.B. (2024). Novel hydrodistillation and steam distillation methods of essential oil recovery from lavender: A comprehensive review. *Industrial Crops and Products*, 211, 118244. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2024.118244>
- [15] Pheko-Ofitlhile, T., & Makhzoum, A. (2024). Impact of hydrodistillation and steam distillation on the yield and chemical composition of essential oils and their comparison with modern isolation techniques. *Journal of Essential Oil Research*, 36(2), 105-115. <https://doi.org/10.1080/10412905.2024.2320350>
- [16] Katekar, V.P., Rao, A.B., & Sardeshpande, V.R. 2023. A hydrodistillation-based essential oils extraction: A quest for the most effective and cleaner technology. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 36, 101270. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2023.101270>
- [17] Barazandeh, M.M. (2005). The effect of method and time of distillation on the essential oil yield and composition of *Eucalyptus globulus*. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 21(1), 75-93. <https://doi.org/10.22092/ijmapr.2005.115209>
- [18] Jamshidi, A.H., Shams Ardakani, M.R., Hadjiakhondi, A., & Abdi, K. (2004). The influence of distillation conditions on the essential oil composition of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Journal of Medicinal Plants*, 3(11), 68-72. 20.1001.1.2717204.2004.3.11.9.9
- [19] Hekmatsorush, I., Milani Kalkhorani, N., Rezaee, M.B., Hero Abadi, F., & Hamisi, M. (2014). Phytochemical analysis of essential oil of *Tanacetum parthenium* L. with hydro-distillation and steam distillation. *Journal of Medicinal plants and By-Products*, 3(1), 53-57. doi: 10.22092/jmpb.2014.108604
- [20] Machado, C.T., Hodel, K.S., Lepikson, H.A., & Machado, B.S. (2024). Distillation of essential oils: An innovative technological approach focused on productivity, quality and sustainability. *Plos one*, 19(2), 214-220. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0299502>
- [21] Souihi, M., Amri, I., Souissi, A., Hosni, K., Brahim, N.B., & Annabi, M. (2020). Essential oil and fatty acid composition of *Melissa officinalis* L. *Progress in Nutrition*, 22, 253-258. <https://doi.org/10.23751/pn.v22i1.7758>
- [22] Castro, R., Boczkaj, G., & Cabezas, R. (2023). A perspective on missing aspects in ongoing purification research towards *Melissa officinalis*. *Foods*, 12(9), 1-15. <https://doi.org/10.3390/foods12091916>
- [23] Bounihi, A., Hajjaj, G., Alnamer, R., Cherrah, Y., & Zellou, A. (2013). *In vivo* potential anti-inflammatory activity of *Melissa officinalis* L. essential oil. *Advances in Pharmacological and Pharmaceutical Sciences*, 2013(1), 1-8. <https://doi.org/10.1155/2013/101759>
- [24] Alvarado, P.A., Soto, M.R., Gomez, F.I., Rodriguez, N.G., de Guzman, Y.R., Jara-Aguilar, D.R., & Alfaro, I.M. (2023). Effects of *Melissa officinalis* essential oil on state and trait anxiety. *Pharmacognosy Journal*, 15(3), 456-460. <https://doi.org/10.5530/pj.2023.15.101>

- [25] Latief, R., Bhat, K.A., Khuroo, M.A., Shawl, A.S., & Chandra, S. (2017). Comparative analysis of the aroma chemicals of *Melissa officinalis* using hydrodistillation and HS-SPME techniques. *Arabian Journal of Chemistry*, 10, 2485-2490. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2013.09.015>
- [26] Chatzopoulou, P.S., & Katsiotis, S.T. (1995). Procedures influencing the yield and the quality of the essential oil from *Juniperus communis* L. berries. *Pharmaceutica Acta Helveticae*, 70(3), 247-253. [https://doi.org/10.1016/0031-6865\(95\)00026-6](https://doi.org/10.1016/0031-6865(95)00026-6)
- [27] Smallfield, B.M., Klink, J.W., Perry, N.B., & Dodds, K.G. (2001). Coriander spice oil: effects of fruit crushing and distillation time on yield and composition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(1), 118-123. <https://doi.org/10.1021/jf001024s>
- [28] Khorshidi, J., Mohammadi, R., Fakhr, M.T., & Nourbakhsh, H. (2009). Influence of drying methods, extraction time, and organ type on essential oil content of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.). *Natural Science*, 7(11), 42-44. <https://www.researchgate.net/publication/284222289>
- [29] Biniyaz, T., Habibi, Z., & Yousefi, M. (2011). Comparison of chemical composition of the oils from aerial parts of *Artemisia turcomanica* Gand. at different distillation times. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 26(4), 574-582. <https://doi.org/10.22092/ijmapr.2011.6673>
- [30] Naderi, M., Sefidkon, F., Azizi, A., & Pourheravi, M.R. (2011). The influence of different distillation times on essential oil content and composition of *Laurus nobilis* L. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 27(2), 249-260. <https://doi.org/10.22092/ijmapr.2011.6401>
- [31] Khalid, K.A. (2012). Influence of hydro-distillation time on the yield and quality of dill volatile constituents. *Medicinal and Aromatic Plant Science and Biotechnology*, 6(1), 46-49.
- [32] Wesolowska, A., Jadcak, D.A., & Grzeszczuk, M. (2012). Influence of distillation time on the content and composition of essential oil isolated from wild thyme (*Thymus serpyllum* L.). *Herba Polonica*, 58(4), 40-50.
- [33] Zheljazkov, V.D., Astatkie, T., Jeliaskova, E.A., & Schlegel, V. (2012). Distillation time alters essential oil yield, composition, and antioxidant activity of male *Juniperus scopulorum* trees. *Journal of Oleo Science*, 61(10), 537-546. <https://doi.org/10.5650/jos.61.537>
- [34] Zheljazkov, V.D., Astatkie, T., & Schlegel, V. (2012). Distillation time changes oregano essential oil yields and composition but not the antioxidant or antimicrobial activities. *HortScience*, 47(6), 777-784. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.47.6.777>
- [35] Zheljazkov, V.D., Horgan, T., Astatkie, T., & Schlegel, V. (2013). Distillation time modifies essential oil yield, composition, and antioxidant capacity of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill). *Journal of Oleo Science*, 62(9), 665-672. <https://doi.org/10.5650/jos.62.665>
- [36] Zheljazkov, V.D., Cantrell, C.L., Astatkie, T., & Jeliaskova, E. (2013). Distillation time effect on lavender essential oil yield and composition. *Journal of Oleo Science*, 62(4), 195-199. <https://doi.org/10.5650/jos.62.195>
- [37] Zheljazkov, V.D., Astatkie, T., O'Brocki, B., & Jeliaskova, E. (2013). Essential oil composition and yield of anise from different distillation times. *HortScience*, 48(11), 1393-1396. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.48.11.1393>
- [38] Zheljazkov, V.D., Astatkie, T., Horgan, T., Schlegel, V., & Simonnet, X. (2013). Distillation time effect on essential oil yield, composition, and antioxidant capacity of sweet sage (*Artemisia annua* L.) oil. *HortScience*, 48(10), 1288-1292. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.48.10.1288>
- [39] Hennia, A., Miguel, M.G., Brada, M., Nemmiche, S., & Figueiredo, A.C. (2016). Composition, chemical variability and effect of distillation time on leaf and fruits essential oils of *Myrtus communis* from north western Algeria. *Journal of Essential Oil Research*, 28(2), 146-156. <http://dx.doi.org/10.1080/10412905.2015.1090936>
- [40] Wesolowska, A. (2019). Influence of distillation time on the content and composition of essential oils isolated from different parts of *Agastache astromontana* 'Pink Pop'. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 22(2), 311-323. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2019.1618205>
- [41] Adams RP. (2007). Identification of essential oil components by gas chromatography/quadrupole mass spectroscopy: Allured Publishing Corporation, Carol Stream, Illinois USA.
- [42] Babushok, V.I., & Zenkevich, I.G. (2009). Retention indices for most frequently reported essential oil compounds in GC. *Chromatographia*, 69, 257-269. <https://doi.org/10.1365/s10337-008-0872-3>
- [43] Almeida, H.H., Crugeira, P.J., Amaral, J.S., Rodrigues, A.E., & Barreiro, M.F. (2024). Disclosing the potential of *Cupressus leylandii* AB Jacks & Dallim, *Eucalyptus globulus* Labill., *Aloysia citrodora* Palau, and *Melissa officinalis* L. hydrosols as eco-friendly antimicrobial agents. *Natural Products and Bioprospecting*, 14(1), 1-12. <https://doi.org/10.1007/s13659-023-00417-9>
- [44] Alizadeh, B., & Shahidi, F. (2019). *Melissa officinalis* essential oil: Chemical compositions, antioxidant potential, total phenolic content and

- antimicrobial activity. *Nutrition and Food Sciences Research*, 6(1), 17-25. <https://doi.org/10.29252/nfsr.6.1.17>
- [45] Nurzynska, R., Bogucka-Kocka, A., & Szymczak, G. (2014). Volatile constituents of *Melissa officinalis* leaves determined by plant age. *Natural Product Communications*, 9(5), 1-4. <https://doi.org/10.1177/1934578X140090053>
- [46] Nouri, A., Mirabzadeh, M., Safari, N., & Ebadi, M.T. (2020). Evaluation of essential oil composition and rosmarinic acid content in lemon balm (*Melissa officinalis* L.) cultivated in south of Iran. *Journal of Medicinal plants and By-Products*, 9(2), 159-166. <https://doi.org/10.22092/jmpb.2020.123119>
- [47] Abdellatif, F., & Hassani, A. (2015). Chemical composition of the essential oils from leaves of *Melissa officinalis* extracted by hydrodistillation, steam distillation, organic solvent and microwave hydrodistillation. *Journal of Materials and Environmental Science*, 6(1), 207-213.
- [48] Bogdanovic, A., Tadic, V., Arsic, I., Milovanovic, S., Petrovic, S., & Skala, D. (2016). Supercritical and high pressure subcritical fluid extraction from lemon balm (*Melissa officinalis* L., Lamiaceae). *The Journal of Supercritical Fluids*, 107, 234-242. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2015.09.008>
- [49] Virchea, L.I., Gligor, F.G., Frum, A., Mironescu, M., Myachikova, N.I., & Georgescu, C. (2021). Phytochemical analysis and antioxidant assay of *Melissa officinalis* L. (lemon balm). In *BIO Web of Conferences* (Vol. 40, p. 02004). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20214002004>
- [50] Cannon, J.B., Cantrell, C.L., Astatkie, T., & Zheljazkov, V.D. (2013). Modification of yield and composition of essential oils by distillation time. *Industrial Crops and Products*, 41, 214-220. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.04.021>
- [51] Medeiros, A.R., Assis, R.A., dos Santos Boeira, L., Leite, J.F., Rocha, J.M., Diotto, A.V., & Pinto, J.P. (2023). Magnetically treated water affects *Melissa officinalis* L. growth, nutritional status and essential oil compounds. *Journal of Cleaner Production*, 428, 139311. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.139311>
- [52] Sharma, S., Habib, S., Sahu, D., & Gupta, J. (2021). Chemical properties and therapeutic potential of citral, a monoterpene isolated from lemongrass. *Medicinal Chemistry*, 17(1), 2-12. <https://doi.org/10.2174/1573406416666191227111106>
- [53] Maswal, M., & Dar, A.A. (2014). Formulation challenges in encapsulation and delivery of citral for improved food quality. *Food Hydrocolloids*, 37, 182-195. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.10.035>
- [54] Djilani, A., & Dicko, A. (2012). The therapeutic benefits of essential oils. *Nutrition, Well-Being and Health*, 7, 155-179. <https://doi.org/10.5772/25344>
- [55] Moudachirou, M., Gbenou, J.D., Chalchat, J.C., Chabard, J.L., & Lartigue, C. (1999). Chemical composition of essential oils of Eucalyptus from Benin: *Eucalyptus citriodora* and *E. camaldulensis*. Influence of location, harvest time, storage of plants and time of steam distillation. *Journal of Essential Oil Research*, 11(1), 109-118. <https://doi.org/10.1080/10412905.1999.9701085>
- [56] Zheljazkov, V.D., Astatkie, T., & Schlegel, V. (2012). Effects of distillation time on the *Pinus ponderosa* essential oil yield, composition, and antioxidant activity. *HortScience*, 47(6), 785-789. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.47.6.785>
- [57] Baydar, H., Schulz, H., Kruger, H., Erbas, S., & Kineci, S. (2008). Influences of fermentation time, hydro-distillation time and fractions on essential oil composition of Damask Rose (*Rosa damascena* Mill.). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 11(3), 224-232. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2008.10643624>
- [58] Mirza, M., & Najafpour Navaei, M.D. (2016). The effect of extraction time on essential oil composition of 4 genotype of *Rosa damascene* Mill. *Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants*, 4(2), 23-32. [20.1001.1.23223235.1395.4.2.3.7](https://doi.org/10.1001.1.23223235.1395.4.2.3.7)
- [59] Najafian, S.H., Shahcheraghi, M.A., & Rowshan, V. (2016). Investigation of the effect of extraction duration on the essential oil content and composition of *Zataria multiflora* and *Thymus daenensis* under flowering stages. *IJHS*, 17(2), 181-192. URL: <http://journal-irshs.ir/article-1-155-en.html>
- [60] Zheljazkov, V.D., Astatkie, T., Shiwakoti, S., Poudyal, S., Horgan, T., Kovatcheva, N., & Dobрева, A. (2014). Essential oil yield and composition of garden sage as a function of different steam distillation times. *HortScience*, 49(6), 785-790. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.49.6.785>
- [61] Kholiya, S., Bhatt, G., Chauhan, A., Kumar, D., Venkatesha, K.T., Upadhyay, R.K., & Padalia, R.C. (2023). Effect of seasons, storage and distillation times on essential oil composition of *Melaleuca leucadendra* (L.). *Indian Journal of Natural Products and Resources (IJNPR)[Formerly Natural Product Radiance (NPR)]*, 14(4), 611-616. <https://doi.org/10.56042/ijnpr.v14i4.5449>
- [62] Palmieri, S., Maggio, F., Pellegrini, M., Ricci, A., Serio, A., Paparella, A., & Lo Sterzo, C. (2021). Effect of the distillation time on the chemical composition, antioxidant potential and antimicrobial activity of essential oils from different *Cannabis sativa* L. cultivars. *Molecules*, 26(16), 1-13.

[63] Kumar, R., Sharma, S., Sharma, S., & Kumar, N. (2016). Drying methods and distillation time affects essential oil content and chemical compositions of *Acorus calamus* L. in the western Himalayas. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 3(3), 136-141. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jarmap.2016.06.001>

[64] Bozovic, M., Navarra, A., Garzoli, S., Pepi, F., & Ragno, R. (2017). Essential oils extraction: A 24-hour steam distillation systematic methodology. *Natural*

Product Research, 31(20), 2387-2396. <https://doi.org/10.1080/14786419.2017.1309534>

[65] Elhawary, E.A., Nilofar, N., Zengin, G., & Eldahshan, O.A. (2024). Variation of the essential oil components of *Citrus aurantium* leaves upon using different distillation techniques and evaluation of their antioxidant, antidiabetic, and neuroprotective effect against Alzheimer's disease. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, 24(1), 4-10. <https://doi.org/10.1186/s12906-024-04380-x>



Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage: www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Optimization of distillation time in medicinal and industrial crops using chromatographic-spectrometric conditions and based on the chemical profile of compounds

Reza Shahhoseini^{1*}

1-Department of Medicinal Plants, Arak University, P.O.Box: 38156-8-8349, Arak, Iran

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article History: Received:2025/2/10 Accepted:2025/5/4 Keywords: Bioactive compounds, Essential oils, Extraction, Food-pharmaceutical DOI: 10.22034/FSCT.22.166.213. *Corresponding Author E- reza.shahhoseini@gmail.com r-shahhoseini@araku.ac.ir	Despite the progress and innovation of new methods in the field of extracting and processing pharmaceutically active compounds (PhACs), the distillation technique which has a long history combined with scientific progress and evolution, is still considered an innovative technological approach. Productivity, quality, and sustainability are its main indicators. This study was conducted to determine the optimal extraction time and draw the biochemical profile of compounds using gas chromatography-mass spectrometry analysis at different extraction times. <i>Melissa officinalis</i> was selected as a widely used medicinal species in the food and pharmaceutical industries. Data analysis revealed a significant difference in essential oil content at various extraction times. The maximum (0.33% v/w) and minimum (0.25% v/w) extraction efficiency was observed at 180 and 240 minutes, respectively. In total, 62 chemical compounds were isolated in different treatments, with 58 compounds identified. Geranial, neral and citronellal were the main indicators of effectiveness, comprising total of 77.1%, with the highest levels found in the 180-minute treatment. In terms of compound class, oxygenated monoterpenes decreased as extraction time increased. After observing and analyzing the results, it can be determined that the ideal distillation time for this and similar species is 180 minutes. This timeframe not only ensures maximum metabolite yield and high-quality products, but also helps prevent the unnecessary waste of consumable inputs and energy during the extraction process. This finding can serve as a valuable reference point for the production of food and pharmaceutical items.