

بررسی خصوصیات اسانس پوست واریته های مختلف لیموترش خارگی (*Citrus limon*) استخراج شده به روش تقطیر با آب

مهسا مؤیدی^{a*}، محمد تقی گلکانی^b، سارا موحد^c

^a دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ورامین- پیشوا، گروه علوم و صنایع غذایی، ورامین، ایران

^b استادیار دانشگاه شیراز، گروه علوم و صنایع غذایی، شیراز، ایران

^c استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ورامین- پیشوا، گروه علوم و صنایع غذایی، ورامین، ایران

چکیده

مقدمه: اسانس لیموترش یک ترکیب پیچیده آلی است که به عنوان طعم دهنده در بسیاری از مواد غذایی نظیر نوشیدنی ها کاربرد فراوانی دارد.

مواد و روش ها: در این مطالعه از روش تقطیر با آب به وسیله الکترومنتل به منظور استخراج اسانس از پوست دو واریته لیموترش خارگی (*Citrus limon*)، واریته های لیسبون و یورکا استفاده گردید و سینتیک استخراج، بازدهی، ترکیبات تشکیل دهنده و ثابت های فیزیکی اسانس، میزان انرژی مصرفی و مباحث زیست محیطی (دی اکسید کربن آزاد شده در محیط) مورد بحث و بررسی قرار گرفتند.

یافته ها: میزان اسانس استخراج شده از واریته های لیسبون و یورکا به ترتیب، 0.14 ± 0.01 و 0.118 ± 0.01 ٪ وزنی-وزنی بود. میان ثابت های فیزیکی (ضریب شکست، وزن مخصوص و رنگ) اسانس های استخراج شده از پوست هر دو واریته لیموترش خارگی تفاوت معنی داری وجود نداشت. همچنین، بین میزان انرژی مصرفی برای هر دو واریته لیسبون و یورکا (0.67 کیلو وات ساعت) تفاوت معنی داری مشاهده نگردید. ترکیبات اسانس های استخراج شده با دستگاه کروماتوگرافی گازی/ طیف سنخ جرمی مورد شناسایی قرار گرفتند. لیمون، اصلی ترین ترکیب موجود در اسانس واریته لیسبون ($69/24 \pm 4/66$ ٪) و واریته یورکا ($20/40 \pm 4/59$ ٪) بود.

نتیجه گیری: به شکل کلی، از لحاظ کمی و کیفی نیز تفاوت معنی داری میان ترکیبات اصلی اسانس های استخراج شده از واریته های لیسبون و یورکا وجود نداشت.

واژه های کلیدی: اسانس، استخراج، تقطیر با آب، کلونجر، لیموترش خارگی

مقدمه

مرکبات از مهمترین میوه‌های گرمسیری و نیمه گرمسیری جهان و از خانواده Rutaceae و زیر خانواده Auratiodea بوده که شامل ۱۵۰ جنس و تقریباً ۲۰۰۰ گونه می‌باشند (Campelo et al., 2011). Webber و همکاران در سال ۱۹۶۷ نشان دادند که منشأ مرکبات نقاط گرمسیری مثل شمال شرقی هند و شمال برمه و جنوب شرقی قاره آسیا از جمله کشورهای مالزی، اندونزی، فیلیپین و جنوب هیمالیا بوده و از آنجا به هندوستان و جنوب چین راه یافته است (Webber, 1967). یکی از گونه‌های جنس مرکبات، لیموترش مازندرانی با نام علمی *Citrus limon* می‌باشد که منشأ آن آرژانتین، اسپانیا و آمریکا می‌باشد (Khan, 2008). سیسیلیان یک گروه مهم از لیموترش مازندرانی بوده که می‌توان در این گروه به دو وارسته لیموترش یورکا و لیموترش لیسبون اشاره کرد که در نواحی جنوبی ایران نیز کاشته شده (فرزاد، ۱۳۸۹) و در آنجا به لیموی سنگی یا لیموترش خارجی (*Citrus limon*) معروف هستند (انصاری، ۱۳۸۹). لیموترش مازندرانی بدلیل داشتن ترکیبات فنولی، سلامت زا بوده و سرشار از فیبر رژیمی، ویتامین، مواد معدنی، اسانس و کاروتنوئیدها می‌باشد (Gonzalez-Molina et al., 2010). همچنین، لیموترش مازندرانی غنی از فلاونوئید می‌باشد که نقش مهمی در رژیم غذایی، به خصوص در جلوگیری از بیماری‌هایی مانند چاقی، دیابت، بیماری‌های قلبی-عروقی و سرطان‌ها دارد (Campelo et al., 2011; Gonzalez-Molina et al., 2010). علاوه بر این، آب لیموترش اثر ضد خون دماغی، ضد تیفوسی، ضد سرخکی، ضد آبله مرغانی و ضد مخملکی داشته، سموم خون را سوزانده و اسهال معمولی و خونی را معالجه می‌کند (Wikipedia, 2012). پوست مرکبات به عنوان ضایعات (محصول جانبی) آبیگری از مرکبات مطرح بوده و از سه لایه اگزوکارپ (فلاودو)، مزوکارپ (آلبیدو) و اندوکارپ تشکیل شده است. در لایه بیرونی یا همان اگزوکارپ، گروهی از سلول‌ها به شکل غده‌های تورفته که حاوی روغن‌های اسانسی فرار هستند، قرار دارند (Bennici & Tani, 2004).

اسانس‌ها ترکیبات روغنی فراری هستند که در قسمت‌های مختلف گیاهان معطر مانند برگ، پوست، گل، میوه، دانه و ریشه یافت می‌شوند (Gonzalez-Molina et al., 2010). اسانس مرکبات مخلوط بیش از ۴۰۰ ترکیب بوده که به ۲ بخش فرار که ۹۹-۸۵٪ از کل اسانس را تشکیل می‌دهد و بخش غیر فرار که میزان آن ۱-۱۵٪ از کل اسانس می‌باشد، تقسیم می‌شود. بخش فرار شامل مونوترپن‌ها (مانند لیمونن) و هیدروکربن‌های سزکوئی‌ترین و مشتقات اکسیژن‌دار (آلدئیدها (مثل سیترال)، کتون‌ها و اسیدها) همراه با آلدئیدهای خطی، الکل‌ها (مثل لینالول) و استرها بوده و بخش غیر فرار شامل هیدروکربن‌ها، اسیدهای چرب، استرول‌ها، کاروتنوئیدها، واکس‌ها، کومارین و فلاونوئیدها می‌باشد (Espina et al., 1979; Shaw, 2011). لیمونن اصلی‌ترین ترکیب مونوترپنی اسانس مرکبات بوده (Roy et al., 2007) و از ویژگی‌های آن می‌توان به خاصیت ضد باکتری و ضد ویروسی آن اشاره کرد. از لیمونن به عنوان ماده خام برای تولید کاروون جهت تولید عطر و طعم دهنده‌های مصنوعی، استفاده می‌شود (Kekelidze et al., 1989). همچنین، ترکیب مذکور از جمله ترکیباتی است که در جلوگیری از پیشرفت سرطان به خصوص سرطان سینه کاربرد دارد (Kinoshita et al., 1959). از اسانس مرکبات به عنوان طعم دهنده در بسیاری از مواد غذایی نظیر نوشابه‌های غیر الکی، شکلات، ژلاتین، محصولات قنادی (مانند شیرینی و کلوچه)، دسرها، لوازم آرایشی، عطرسازی، صنایع دارویی و اسانس درمانی استفاده می‌شود (Safaei-Ghomi & Meshkatalsadat, 2010).

استخراج، یکی از اساسی‌ترین مراحل جهت بازیافت و خالص‌سازی اسانس از گیاهان است. متداول‌ترین روش استخراج اسانس‌ها، روش تقطیر با آب^۱ می‌باشد (Wang & Weller, 2006). دستگاه کلونجر، که بر پایه تقطیر با آب استوار است، بهترین روش برای تعیین میزان اسانس است (Ferhat et al., 2006). در این روش آب به کمک الکترومنتل (منبع حرارتی) به نقطه‌جوش (۱۰۰ درجه سلسیوس) می‌رسد (Dugo & Di Giacomo, 2002; Golmakani & Rezaei, 2008a).

¹ Hydrodistillation

انتقال جرم از داخل به خارج رخ می‌دهد در حالی که انتقال حرارت از خارج به داخل می‌باشد (Ma et al., 2011).

پوست مرکبات از پلی ساکارید، آنتی اکسیدان، اسانس و دیگر ترکیبات تشکیل شده است. اگر این ترکیبات استخراج نشوند، میکروارگانیزم‌ها آن را تجزیه می‌کنند و به شکل دی اکسیدکربن، سیترات، سولفات و فسفات محلول در آب درآورده که موجب آلودگی محیط زیست می‌شود. بنابراین، برای رفع این مشکل و با توجه به ارزشمند بودن این ترکیبات، می‌توان آن‌ها را با استفاده از روش‌های مناسب از پوست مرکبات استخراج کرده و از باقیمانده پوست به عنوان خوراک دام استفاده شود (Ahmad & Langrish, 2012). اسانس مرکبات دارای خواص آنتی اکسیدانی و ضد میکروبی و از همه مهمتر عطر و طعمی بوده که بدلیل وجود ترکیباتی مانند لیمونن (۹۸-۳۳٪) می‌باشد. با توجه به حجم بالای تولید مرکبات و عدم استخراج اسانس از پوست آن‌ها به شکل صنعتی، بررسی شرایط استخراج و ارزیابی ویژگی‌های کیفی اسانس به منظور استفاده بهینه از این ترکیبات می‌تواند از لحاظ اقتصادی سودمند باشد (Espina et al., 2011; Matsuura et al., 2006). با توجه به خواص اسانس لیموترش خارجی، استخراج اسانس از واریته‌های مختلف پوست این میوه حائز اهمیت می‌باشد. هدف از این تحقیق، مقایسه سینتیک استخراج، میزان اسانس و ویژگی‌های اسانس پوست دو واریته متداول و پرمصرف لیموترش خارجی در ایران (واریته‌های لیسبون و یورکا) با استفاده از روش مرجع و متداول تقطیر با آب می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، از سولفات سدیم بی آب ۹۹٪ (تهیه شده از شرکت مرک آلمان)، آب مقطر دو بار تقطیر، نرمال هگزان درجه آزمایشگاهی (تهیه شده از شرکت مرک آلمان)، آون آزمایشگاهی، ترازوی سه رقم دیجیتال و دستگاه کلونجر (طراحی و ساخته شده در کارگاه شیشه‌گری دانشکده علوم دانشگاه شیراز) استفاده گردید.

- آماده سازی میوه

هر دو واریته لیموترش خارجی (واریته‌های لیسبون و یورکا) از باغ‌های چهارم واقع در جنوب استان فارس در ۸

اسفند ماه سال ۱۳۹۰ جمع‌آوری گردیدند. جنس و گونه واریته‌ها توسط متخصصین بخش علوم باغبانی دانشگاه شیراز مورد تأیید قرار گرفت. پوست لیموترش‌ها به روش دستی جدا و در دمای محیط (20 ± 3 درجه سلسیوس) و رطوبت نسبی 10 ± 1 درصد به مدت ۳ روز خشک شدند. میزان رطوبت نمونه‌ها طبق روش AACC ۴۴-۱۹ (۱۹۸۳) با استفاده از آون آزمایشگاهی و در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس تا رسیدن به وزن ثابت اندازه‌گیری گردید (AACC, 1983). در ضمن، تمام نتایج بر اساس وزن خشک گزارش گردیده اند.

- استخراج اسانس پوست لیموترش خارجی با روش تقطیر با آب به وسیله کلونجر

روش تقطیر با آب به وسیله کلونجر یکی از روش‌های مرجع و متداول استخراج اسانس است. دستگاه کلونجر یا تقطیر با آب بسیار شبیه دستگاه‌های گلاب‌گیری می‌باشد. همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شده است، دستگاه کلونجر شامل بالن محتوی آب و نمونه، کندانسور، قسمت جمع کننده، قسمت برگشت دهنده و الکتروموتل (گرم کن برقی) می‌باشد. در این روش انتقال حرارت فقط به صورت هدایت و جابجایی صورت پذیرفته و نمونه و آب با حرارت تولید شده به وسیله انرژی الکتریکی گرم می‌شوند. حرارت باعث تخریب غده‌های حاوی اسانس و در نتیجه خروج اسانس می‌گردد. بعد از آن که آب درون بالن به نقطه جوش رسید، کم کم بخار شده و همراه با اسانس به سمت کندانسور حرکت می‌کند و این عمل تا زمانی که استخراج اسانس تکمیل شود، ادامه می‌یابد. بخار آب به دلیل فراریتی که دارد، هنگام خروج از بالن مقداری از ترکیبات فرار (اسانس) موجود در بالن را نیز همراه خود به سمت کندانسور می‌برد. در کندانسور بخار آب و اسانس به وسیله برودت غیر مستقیم آب سرد، تقطیر شده و وارد قسمت جمع کننده می‌شوند. در قسمت جمع کننده بر اثر اختلاف چگالی آب با اسانس، عمل جداسازی انجام می‌شود. از آنجایی که چگالی اسانس لیموترش مازندرانی (حدود $0.855-0.851$) کمتر از چگالی آب ($1/000$) می‌باشد (Weiku, 2011)، در قسمت بالایی یک فاز مجزا تشکیل داده و آب که سنگین‌تر است نیز در پایین قرار گرفته و به وسیله قسمت برگشت دهنده مجدداً وارد بالن

مطابق استاندارد ملی ایران با شماره ۹-۲۲۷۴ (بی نام، ۱۳۸۲) و اندازه‌گیری ضریب شکست در دمای ۲۰ درجه سلسیوس مطابق استاندارد ملی ایران با شماره ۶-۲۲۷۴ (بی نام، ۱۳۸۲) انجام پذیرفت.

رنگ اسانس با استفاده از رنگ سنج و نرم افزار Adobe Photoshop CS3 (بر حسب Lab) مورد بررسی قرار گرفت (Afshari-Jouybari & Farahnaky, 2011). روش کار به این صورت بود که نمونه اسانس مورد نظر در دستگاه رنگ سنج با شدت نور مشخص قرار داده شد و عکس آن توسط دوربین دیجیتالی با دقت 3456×4608 پیکسل گرفته و در کارت حافظه با فرمت JPEG ذخیره شد. سپس این عکس در کامپیوتر توسط نرم افزار Adobe Photoshop CS3 آنالیز گردید. شاخص L^* نشان‌دهنده روشنایی است که مقدار آن در محدوده صفر (سیاهی) تا صد (سفیدی)، شاخص b نشان‌دهنده آبی-زردی و مقدار آن در محدوده ۶۰- (آبی) تا ۶۰+ (زردی) و شاخص a نشان‌دهنده سبزی-قرمزی و مقدار آن در محدوده ۶۰- (سبزی) تا ۶۰+ (قرمزی) می‌باشد. این روش منطبق بر روش Afshari-Jouybari و Farahnaky (۲۰۱۱) جهت ارزیابی رنگ مواد غذایی با استفاده از نرم افزار فتوشاپ می‌باشد (Afshari-Jouybari & Farahnaky, 2011). همچنین بررسی رنگ اسانس پوست لیموترش واریته‌های لیسبون و یورکا به شکل بصری (چشم غیر مسلح) نیز انجام پذیرفت. میزان ΔE_{ab} ، h_{ab} و Chroma C طبق فرمول زیر محاسبه شد (Nielsen, 2010).

$$\text{Chroma } C = \sqrt{a^2 + b^2}$$

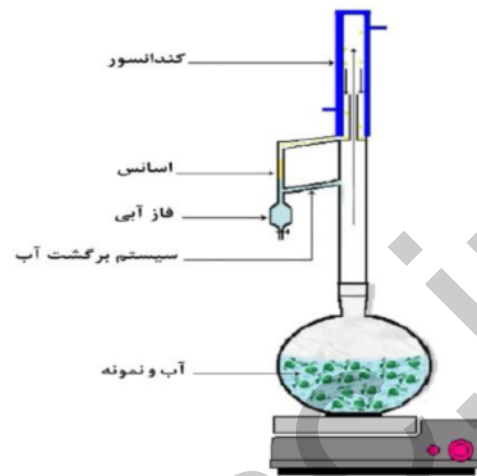
$$\text{Hue angle } h_{ab} = \tan^{-1} \left(\frac{b}{a} \right)$$

$$\Delta E_{ab} = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$$

- تعیین ترکیب اسانس پوست لیموترش خارجی با استفاده از کروماتوگرافی گازی / طیف سنج جرمی (GC/MS)

در این قسمت نمونه ها مجدداً به وسیله سولفات سدیم بی‌آب، خشک و به وسیله یک میلی‌لیتر نرمال هگزان رقیق

حاوی نمونه و آب گردیده و این چرخه مجدداً ادامه پیدا می‌کند.



شکل ۱- دستگاه کلونجر مورد استفاده در تحقیق حاضر

آزمایش‌ها در شرایط ثابت بر روی ۵۰ گرم پوست خشک شده از هر واریته و ۴۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر با نسبت جامد:مایع (نمونه:آب) برابر با ۹:۱ و توان الکترومنتل W ۳۳۵ به مدت ۲ ساعت انجام شد. تعیین درصد وزنی-وزنی اسانس نیز در زمان‌های ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ دقیقه انجام شد. این روش منطبق بر روش Rezaei و Golmakani در سال ۲۰۰۸ a,b برای استخراج اسانس از آویشن با روش تقطیر با آب به وسیله الکترومنتل با توان W ۵۰۰ (Golmakani & Rezaei, 2008a,b) و همچنین روش Rezvanpanah و همکاران در سال ۲۰۰۸ برای استخراج اسانس از مرزه تابستانه و مرزه زمستانه با روش تقطیر با آب به وسیله الکترومنتل با توان W ۵۰۰ (Rezvanpanah et al., 2008) می‌باشد.

در فواصل زمانی ذکر شده دستگاه استخراج (الکترومنتل) خاموش و اسانس استخراج شده جداسازی و با استفاده از سولفات سدیم بی‌آب، خشک و سپس توزین می‌گردید. اسانس‌های استخراج شده جهت انجام آزمایشات بعدی در ظروف شیشه‌ای تیره و در دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری شدند.

- ثابت‌های فیزیکی

اندازه‌گیری وزن مخصوص اسانس پوست لیموترش واریته‌های لیسبون و یورکا در دمای ۲۵ درجه سلسیوس

¹ Luminance

استفاده از زمان ماند^۴ آلکان های نرمال تزریق شده، تعیین گردید.

تعیین مصرف انرژی و دی اکسید کربن آزاد شده در محیط در حین استخراج اسانس

برای محاسبه میزان مصرف انرژی در طول استخراج (kWh) از توان مصرفی (kW) در زمان (h) استفاده شد. همچنین محاسبه میزان مصرف انرژی به ازای هر گرم اسانس از تقسیم میزان مصرف انرژی در طول استخراج بر بازدهی استخراج اسانس انجام پذیرفت. بر اساس مطالعات Vian و همکاران در سال ۲۰۰۸، برای بدست آوردن ۱ kWh از سوخت یا زغال، ۸۰۰ g دی اکسید کربن در محیط در حین سوختن آزاد می شود (Vian et al., 2008). میزان دی اکسید کربن آزاد شده در محیط به ازای هر گرم اسانس بر اساس یافته‌های Ferhat و همکاران (۲۰۰۶) ارزیابی شد (Ferhat et al., 2006).

- تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از نرم افزار SAS نسخه ۹/۱ و بر اساس روش GLM^۵ و با آزمون مقایسه میانگین LSD^۶ در سطح معنی داری ۰/۰۵٪ انجام گرفت. نمودارهای مربوطه با استفاده از نرم افزار Microsoft Office Excel 2010 نسخه ۱۴ ترسیم گردیدند. داده های نمایش داده شده به شکل میانگین \pm انحراف از استاندارد، با حداقل سه تکرار هستند.

یافته ها

تعیین نسبت پوست به میوه کامل و درصد رطوبت موجود در نمونه ی لیموترش خارجی

نسبت پوست به میوه کامل در لیموترش واریته های یورکا و لیسبون به ترتیب $34/00 \pm 3/04$ ٪ و $34/58 \pm 3/14$ ٪ (وزنی-وزنی) و میزان رطوبت پوست لیموترش واریته های یورکا و لیسبون به ترتیب $5/78 \pm 0/06$ ٪ و $5/33 \pm 0/96$ ٪ بوده است. اگر چه رطوبت پوست خشک شده لیموترش واریته یورکا اندکی بیشتر از واریته لیسبون بوده، اما تفاوت معنی داری بین رطوبت پوست خشک شده دو واریته وجود نداشت.

شدند. پس از مخلوط کردن کامل نمونه با حلال، یک میکرولیتر از آن، به دستگاه GC/MS تزریق گردید.

دستگاه GC/MS شامل دستگاه کروماتوگرافی گازی (مدل Agilent Technologies 7890A، ساخت کشور آمریکا) و طیف سنج جرمی (مدل Agilent Technologies 5975C، ساخت کشور آمریکا) بود. دمای قسمت تزریق نمونه، ۲۸۰ درجه سلسیوس و گاز مورد استفاده، هلیوم (۹۹/۹۹٪) با سرعت جریان یک میلی لیتر در دقیقه بود. سیستم در حالت تقسیم^۱ با نسبت تقسیم^۲ ۱:۱۰۰ تنظیم شده بود. ستون دستگاه (مدل Agilent Technologies Inc., HP-5MS، ساخت کشور آمریکا)، از نوع موبینه با طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ میلی متر و ضخامت فیلم ۰/۲۵ میکرومتر بود. دمای ستون، با سرعت ۳ درجه سلسیوس در دقیقه، از ۶۰ درجه سلسیوس به ۲۱۰ درجه سلسیوس رسانده شد. بلافاصله پس از آن با سرعت ۲۰ درجه سلسیوس در دقیقه به دمای ۲۴۰ درجه سلسیوس رسانده شد و به مدت ۸/۵ دقیقه در این دما نگهداری شد (کل زمان اجرایی دستگاه: ۶۰ دقیقه). زمان تأخیر حلال در شناساگر طیف جرمی ۳ دقیقه، دامنه جرم ۴۵-۵۵۰ Amu، دمای منبع طیف جرمی ۲۳۰ درجه سلسیوس، دمای کواد طیف جرمی ۱۵۰ درجه سلسیوس و دمای خط انتقال ۲۸۰ درجه سلسیوس بود.

پس از انجام تزریقات و به دست آوردن کروماتوگرام واریته های مختلف (شکل های ۲ و ۳)، شناسایی و تعیین مقدار هر یک از ترکیبات با استفاده از طیف جرمی آن ها انجام شد. تعیین نوع ماده ورودی به طیف سنج جرمی بر اساس داده های کتابخانه ای وایلی (Wiley Registry 10th Edition/ NIST 2012 Mass Spectral Library (Upgrade), ISBN: 978-1-118-61613-0) صورت گرفت. همچنین، تعیین ترکیبات اسانس با استفاده از دستگاه GC/MS مطابق استاندارد ملی ایران با شماره ۵۱۹۲ تعیین گردید (بی نام، ۱۳۷۸). ضمناً، جهت محاسبه شاخص ماند^۳، نمونه استاندارد از آلکان های نرمال تحت همان برنامه دمایی و ستون به دستگاه GC/MS تزریق شد. شاخص ماند ترکیبات موجود در اسانس پوست لیموترش واریته های لیسبون و یورکا با

¹ Split.

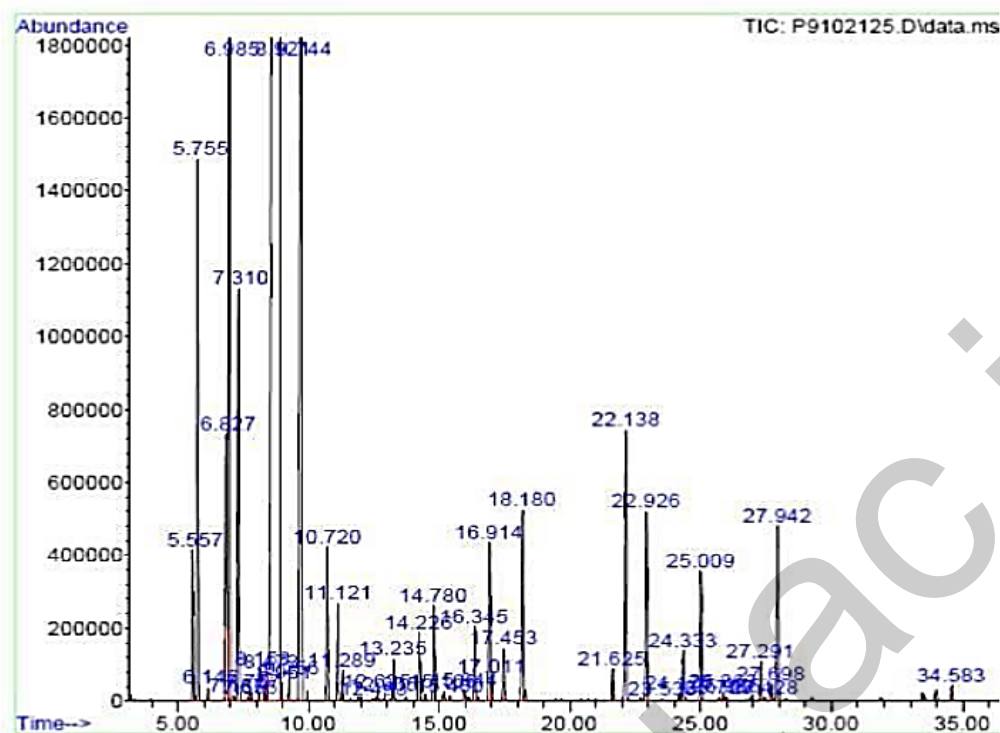
² Split Ratio

³ Retention Index

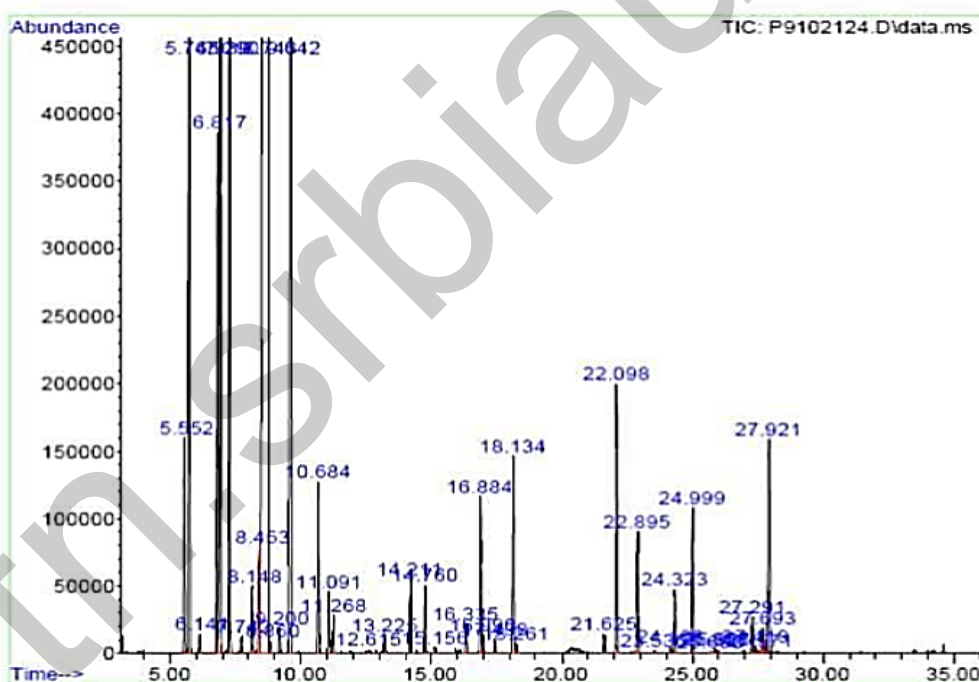
⁴ Retention Time

⁵ General Linear Models

⁶ Least Significant Difference



شکل ۲- کروماتوگرام اسانس پوست لیموترش خارجی وارپته یورکا



شکل ۳- کروماتوگرام اسانس پوست لیموترش خارجی وارپته لیسبون

داری بین زمان آغاز استخراج و در نتیجه مدت زمان استخراج اسانس (اختلاف بین زمان کلی استخراج و زمان آغاز استخراج) از پوست هر دو وارپته لیسبون و یورکا وجود نداشت.

زمان آغاز و مدت زمان استخراج اسانس

همان طور که در جدول ۱ نشان داده شده است، زمان آغاز استخراج و مدت زمان استخراج اسانس از پوست هر دو وارپته لیموترش خارجی (وارپته های لیسبون و یورکا) به ترتیب ۲۳ و ۱۲۰ دقیقه بوده که هیچ گونه تفاوت معنی

جدول ۱- زمان استخراج، بازدهی اسانس استخراج شده و افزایش دما در استخراج اسانس از پوست واریته های مختلف لیموترش خارجی

میزان افزایش دما (°C/min)	بازدهی نهایی اسانس استخراج شده (% وزنی-وزنی)	زمان کلی استخراج (دقیقه)	مدت زمان استخراج (دقیقه)	زمان آغاز (دقیقه)	واریته لیموترش خارجی
3/26±0/23 ^a	1/22±0/14 ^{a**}	120 ^a	97 ^a	23 ^{a*}	واریته لیسبون
3/26±0/23 ^a	1/18±0/14 ^a	120 ^a	97 ^a	23 ^a	واریته یورکا

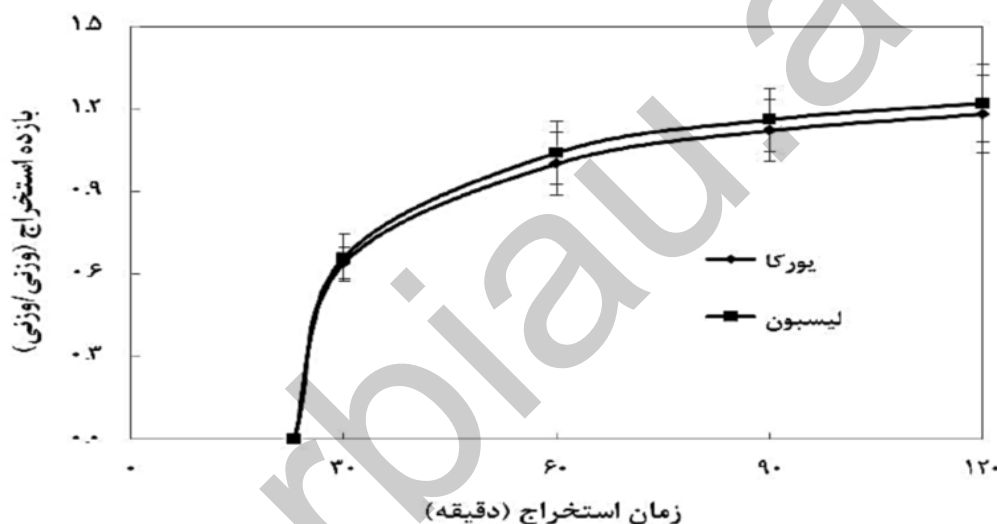
* میانگین های ارائه شده با حروف مختلف در هر ستون، به شکل معنی داری در سطح اطمینان ۹۵٪ متفاوت می باشند.

** اعداد میانگین (سه تکرار) ± انحراف از استاندارد می باشند.

جدول ۲- مصرف انرژی و دی اکسید کربن آزاد شده در استخراج اسانس از پوست واریته های مختلف لیموترش خارجی

واریته لیموترش خارجی	مصرف انرژی در طول استخراج (kWh)	اسانس (kWh/g essential oil)	درمدت استخراج (g)	ازای هر گرم اسانس (g/g essential oil)
واریته لیسبون	0/67 ^{a*}	0/55 ^a	532/80 ^a	436/72 ^a
واریته یورکا	0/67 ^a	0/56 ^a	532/80 ^a	451/53 ^a

* میانگین های ارائه شده با حروف مختلف در هر ستون، به شکل معنی داری در سطح اطمینان ۹۵٪ متفاوت می باشند.



شکل ۴- سینتیک استخراج اسانس از پوست دو واریته لیموترش خارجی (واریته های لیسبون و یورکا) به روش تقطیر با آب

دی اکسید کربن آزاد شده (۵۳۲/۸۰ گرم) در مدت استخراج اسانس از پوست هر دو واریته لیموترش خارجی (واریته های لیسبون و یورکا) یکسان می باشد و تفاوت معنی داری در مورد این دو فاکتور بین دو واریته لیموترش خارجی وجود نداشت.

در تحقیق پیش رو، میزان مصرف انرژی به ازای هر گرم اسانس و گرم دی اکسید کربن آزاد شده به ازای هر گرم اسانس از پوست واریته لیسبون (به ترتیب ۰/۵۵ و ۴۳۶/۷۲)، به شکل غیر معنی داری کمتر از مورد مشابه در مورد واریته یورکا (به ترتیب ۰/۵۶ و ۴۵۱/۵۳) بوده که دلیل آن بالاتر بودن بازده نهایی اسانس استخراج شده از پوست واریته لیسبون می باشد.

سینتیک و بازدهی استخراج اسانس، میزان مصرف انرژی، گرم دی اکسید کربن آزاد شده در محیط و افزایش دما

سینتیک استخراج اسانس از پوست لیموترش واریته های لیسبون و یورکا به روش تقطیر با آب، در شکل ۴ نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می شود، اگرچه منحنی سینتیک استخراج اسانس از پوست واریته لیسبون اندکی بالاتر از منحنی استخراج اسانس از واریته یورکا می باشد، اما تفاوت معنی داری بین سینتیک استخراج اسانس از پوست دو واریته وجود نداشت.

همان طور که در جدول ۲ نشان داده شده است، میزان مصرف انرژی در طول استخراج (۰/۶۷ کیلو وات ساعت) و

بررسی خصوصیات اسانس پوست لیموترش خارجی استخراج شده به روش تقطیر

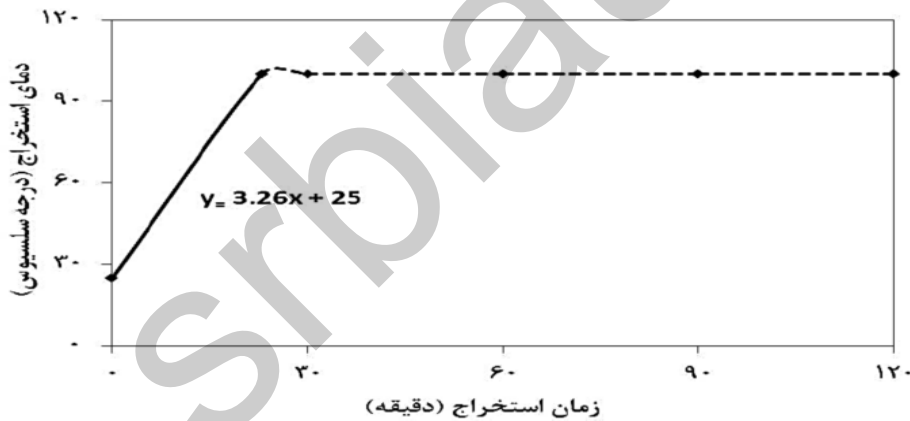
یورکا 0.21 ± 0.833 می باشد. ضریب شکست بدست آمده برای اسانس پوست لیموترش واریته لیسبون 1.470 ± 0.001 و برای واریته یورکا 1.469 ± 0.000 می باشد. رنگ اسانس پوست لیموترش واریته های لیسبون و یورکا زرد کم رنگ می باشد. با توجه به نتایج جدول ۳، از نظر آماری در مورد فاکتورهای L، a و b رنگ اسانس استخراج شده از پوست واریته های لیسبون و یورکا تفاوت معنی داری وجود نداشته است. در روش تقطیر با آب مقدار فاکتور L اسانس استخراج شده از پوست واریته لیسبون به شکل غیر معنی داری بیشتر از مقدار فاکتور L اسانس استخراج شده از پوست واریته یورکا بوده که بیانگر روشن تر بودن رنگ آن می باشد. همچنین، فاکتور a اسانس استخراج شده از پوست لیموترش واریته یورکا، به شکل غیر معنی داری بیشتر از فاکتور a اسانس استخراج شده از پوست واریته لیسبون بوده که نشان دهنده قرمزی بیشتر این اسانس می باشد. مقدار فاکتور b اسانس استخراج شده از پوست واریته های لیسبون و یورکا، یکسان بود.

همان طور که در شکل ۵ مشاهده می شود، دمای مخلوط آب و پوست در ابتدای استخراج، ۲۵ درجه سلسیوس بوده و طی استخراج اسانس از پوست هر دو واریته لیسبون و یورکا به روش تقطیر با آب، پس از گذشت ۲۳ دقیقه به دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس می رسد تا تبخیر و استخراج اسانس شروع شود. میزان افزایش دما در هر دقیقه از شیب قسمت خطی منحنی دما-زمان (شکل ۵) بدست می آید که نتایج آن در جدول ۱ نشان داده شده است.

ارزیابی ثابت های فیزیکی

ثابت های فیزیکی (رنگ، وزن مخصوص و ضریب شکست) اسانس پوست واریته های مختلف لیموترش خارجی در جدول ۳ آورده شده است. استفاده از واریته های مختلف لیموترش خارجی (واریته های لیسبون و یورکا) تأثیر معنی داری بر روی رنگ، وزن مخصوص و ضریب شکست اسانس استخراج شده نداشته است.

وزن مخصوص بدست آمده برای اسانس پوست لیموترش واریته لیسبون 0.853 ± 0.006 و برای واریته



شکل ۵- منحنی دما-زمان استخراج اسانس از پوست دو واریته لیموترش خارجی (واریته های لیسبون و یورکا) به روش تقطیر با آب

جدول ۳- ثابت های فیزیکی اسانس پوست واریته های مختلف لیموترش خارجی

واریته یورکا	واریته لیسبون	ثابت فیزیکی
0.833 ± 0.21^a	$0.853 \pm 0.006^{a*}$	وزن مخصوص
1.470 ± 0.001^a	1.469 ± 0.000^a	ضریب شکست
زرد کم رنگ	زرد کم رنگ	رنگ ظاهری
65.50 ± 1.00^a	66.25 ± 0.96^a	L
-12.25 ± 0.50^a	-11.75 ± 0.50^a	a
10.75 ± 0.50^a	10.75 ± 0.50^a	b
16.30 ± 0.58^a	15.93 ± 0.71^a	Chroma C
13.87 ± 0.29^a	13.75 ± 0.22^a	h_{ab}
		ΔE_{ab}

۰/۹۰

* میانگین های ارائه شده با حروف مختلف در هر ردیف، به شکل معنی داری در سطح اطمینان ۹۵٪ متفاوت می باشند؛ اعداد میانگین (سه تکرار) \pm انحراف از استاندارد می باشند.

دو واریته لیموترش خارجی (واریته‌های لیسبون و یورکا) برابر بوده و به ترتیب ۲۳ و ۱۲۰ دقیقه می‌باشند. علت یکسان بودن زمان آغاز و مدت زمان استخراج، یکسان بودن نسبت آب به پوست (جامد: مایع) و نیز توان مصرفی دستگاه استخراج (الکترومنتل) بوده است. Rezvanpanah و همکاران در سال ۲۰۰۸، اسانس دو گیاه مرزه تابستانه و مرزه زمستانه را به روش تقطیر با آب استخراج کردند. نتایج آنها نشان داد که زمان آغاز استخراج اسانس مرزه تابستانه ۱۴ دقیقه و مرزه زمستانه ۳۰ دقیقه بود. میزان آب مصرفی در مورد استخراج از مرزه تابستانه ۶۰۰ میلی لیتر و برای مرزه زمستانه ۱۲۰۰ میلی لیتر بود. بالاتر بودن زمان آغاز استخراج در مورد مرزه زمستانه بدلیل بیشتر بودن حجم آب مصرفی در استخراج می‌باشد (Rezvanpanah et al., 2008). Golmakani و Rezaei در سال ۲۰۰۸ a,b، از دو نوع آویشن شیرازی^۱ و آویشن باغی^۲ به روش تقطیر با آب، اسانس استخراج کردند. میزان آب، گیاه و توان مصرفی در استخراج اسانس از هر دو نوع آویشن به ترتیب ۱۲۰۰ میلی لیتر، ۶۰ گرم و ۵۰۰ وات بود. نتایج آنها نشان داد زمان آغاز و زمان کلی استخراج برای استخراج اسانس از آویشن شیرازی و آویشن باغی یکسان و به ترتیب ۳۰ دقیقه و ۴ ساعت بوده است. علت این مسئله یکسان بودن توان و آب مصرفی در استخراج اسانس از هر دو نوع آویشن می‌باشد (Golmakani & Rezaei, 2008a,b). Lucchesi و همکاران در سال ۲۰۰۴، با استفاده از روش تقطیر با آب به مدت ۴/۵ ساعت، از گیاه آویشن باغی اسانس استخراج کردند. بالا بودن زمان کلی استخراج اسانس بدلیل بالا بودن میزان آب مورد استفاده جهت استخراج (۶ لیتر) بود (Lucchesi et al., 2004). به شکل کلی می‌توان نتیجه‌گیری کرد که زمان آغاز متناسب با توان دستگاه استخراج (الکترومنتل) و حجم آب مصرفی می‌باشد. هرچه توان افزایش یابد، زمان آغاز کاهش یافته و هر چه حجم آب مورد استفاده جهت استخراج افزایش یابد، زمان آغاز نیز افزایش می‌یابد. در این تحقیق بین زمان آغاز استخراج بدلیل یکسان بودن توان و آب مصرفی تفاوت وجود نداشته است. ضمناً، زمان آغاز استخراج نیز مستقل از واریته می‌باشد.

تعیین کمی و کیفی ترکیبات موجود در اسانس پوست لیموترش خارجی

ترکیبات اسانس پوست لیموترش واریته‌های لیسبون و یورکا تعیین شده به وسیله دستگاه GC/MS در جدول ۴ نشان داده شده است. مجموعاً ۱۲ ترکیب در اسانس پوست لیموترش واریته‌های لیسبون و یورکا وجود دارد که بیش از ۹۹٪ ترکیبات موجود در اسانس پوست دو واریته لیموترش خارجی را (بر مبنای سطح زیر پیک اجزای کروماتوگرام) تشکیل می‌دهند.

همان طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود بر اساس نتایج آماری بدست آمده در سطح معنی‌داری ۹۵٪ میان ترکیبات آلفا-پینن، بتا-پینن، لیمونن، گاما-ترپینن، ساینین و میرسن موجود در اسانس پوست واریته‌های لیسبون و یورکا تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. همچنین، تفاوت معنی‌داری میان پنج ترکیب لیمونن، گاما-ترپینن، بتا-پینن، میرسن و آلفا-پینن که حدود ۸۸٪ از ترکیب اسانس پوست لیموترش واریته‌های لیسبون و یورکا را تشکیل می‌دهند، وجود نداشت. لیمونن اصلی‌ترین ترکیب موجود در اسانس پوست لیموترش واریته لیسبون (۶۹/۲۴±۰/۶۶٪) و واریته یورکا (۲۰/۴۰±۰/۵۹٪) بود. در اسانس پوست لیموترش واریته یورکا بعد از لیمونن، گاما-ترپینن با ۱۳/۵۷±۰/۹۶٪ در رتبه دوم، بتا-پینن با ۹/۰۸±۰/۶۴٪ در رتبه سوم، میرسن با ۳/۳۰±۰/۲۳٪ در رتبه چهارم و آلفا-پینن با ۳/۲۷±۰/۲۳٪ در رتبه پنجم قرار دارند. در اسانس پوست لیموترش واریته لیسبون نیز بعد از لیمونن، گاما-ترپینن با ۱۱/۷۴±۰/۸۳٪ در رتبه دوم، بتا-پینن با ۹/۴۵±۰/۶۷٪ در رتبه سوم، میرسن با ۲/۷۹±۰/۲۰٪ در رتبه چهارم و آلفا-پینن با ۲/۷۷±۰/۲۰٪ در رتبه پنجم قرار دارند. همان طور که در جدول ۴ نشان داده شده است، اگر چه تنها بین برخی ترکیبات کم مقدار (کمتر از ۱٪) استخراج شده تفاوت معنی‌دار مشاهده شده، اما بین ترکیبات پرمقدار (بیشتر از ۱٪) استخراج شده از پوست هر دو واریته لیموترش خارجی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشده است.

بحث

زمان آغاز و مدت زمان استخراج اسانس

زمان آغاز و مدت زمان استخراج اسانس از پوست هر

^۱ *Zataria multiflora* Boiss

^۲ *Thymus vulgaris* L.

بررسی خصوصیات اسانس پوست لیموترش خارجی استخراج شده به روش تقطیر

جدول ۴- تعیین کمی و کیفی ترکیبات موجود در اسانس پوست واریته های مختلف لیموترش خارجی

ردیف	نام ترکیب ^۱	نام شیمیایی ترکیب	عدد CAS ^۲	فرمول مولکولی	وزن مولکولی	زمان ماند (دقیقه)	شاخص ماند	واریته لیسبون (وزنی-وزنی)	واریته یورکا (وزنی-وزنی)
مونوترپن های هیدروکربنی									
۱	α -Thujene	1-isopropyl-4-methylbicyclo[3.1.0]hex-3-ene	۲۸۶۷-۰۵-۲	C ₁₀ H ₁₆	۱۳۶/۲۴	۵/۶	۹۲۴	۰/۶۲±۰/۰۴ ^{br}	۰/۸۸±۰/۰۷ ^a
۲	α -Pinene	Bicyclo(3.1.1)hept-2-ene	۸۰-۵۶-۸	C ₁₀ H ₁₆	۱۳۶/۲۴	۵/۸	۹۳۲	۲/۷۷±۰/۲۰ ^a	۳/۲۷±۰/۲۳ ^a
۳	Sabinene	4-methylene-1-(1-methylethyl)bicyclo[3.1.0]hexane	۳۳۸۷-۴۱-۵	C ₁₀ H ₁₆	۱۳۶/۲۴	۶/۸	۹۷۱	۲/۰۰±۰/۱۵ ^a	۲/۵۲±۰/۱۷ ^a
۴	β -Pinene	Bicyclo(3.1.1)heptane	۱۲۷-۹۱-۳	C ₁₀ H ₁₆	۱۳۶/۲۴	۷/۰	۹۷۷	۹/۴۵±۰/۶۷ ^a	۹/۰۸±۰/۶۴ ^a
۵	Myrcene	3-Methylene-7-methyl-1,6-octadiene	۱۲۳-۳۵-۳	C ₁₀ H ₁₆	۱۳۶/۲۴	۷/۳	۹۸۹	۲/۷۹±۰/۲۰ ^a	۳/۳۰±۰/۲۳ ^a
۶	Limonene	1-methyl-4-(1-methyl ethenyl)	۱۳۸-۸۶-۳	C ₁₀ H ₁₆ O	۱۵۲/۲۳	۸/۹	۱۰۳۶	۶۶/۲۴±۴/۶۹ ^a	۵۹/۴۰±۴/۲۰ ^a
۷	γ -Terpinene	1-Isopropyl-4-methyl-1,4-cyclohexadiene	۹۹-۸۵-۴	C ₁₀ H ₁₆	۱۳۶/۲۴	۹/۷	۱۰۵۹	۱۱/۷۴±۰/۸۳ ^a	۱۳/۵۷±۰/۹۶ ^a
مونوترپن های اکسیژن دار									
۸	Geranial	3,7-Dimethyl-trans-2,6-octadienal	۵۳۹۲-۴۰-۵	C ₁₀ H ₁₆ O	۱۵۲/۲۳	۱۸/۲	۱۲۶۸	۰/۹۰±۰/۰۶ ^b	۱/۵۹±۰/۱۱ ^a
۹	Neryl acetate	2,6-Octadien-1-ol	۱۴۱-۱۲-۸	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	۱۹۶/۲۹	۲۲/۱	۱۳۶۲	۱/۲۲±۰/۰۸ ^b	۲/۳۳±۰/۱۶ ^a
۱۰	Geranyl acetate	2,6-Octadien-1-ol	۱۰۵-۸۷-۳	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	۱۹۶/۲۹	۲۲/۹	۱۳۸۱	۰/۵۳±۰/۰۴ ^b	۱/۵۲±۰/۱۱ ^a
سزکوئی ترین ها									
۱۱	trans- α -Bergamotene	(-)-trans- α -bergamotene	۱۳۴۷۴-۵۹-۴	C ₁₅ H ₂₄	۲۰۴/۳۵	۲۵/۰	۱۴۳۲	۰/۷۱±۰/۰۵ ^b	۱/۰۷±۰/۰۸ ^a
۱۲	β -Bisabolene	4-(1,5-dimethyl-4-hexenylidene)-1-methyl	۴۹۵-۶۲-۵	C ₁₅ H ₂₄	۲۰۴/۳۵	۲۷/۹	۱۵۰۵	۱/۰۳±۰/۰۷ ^b	۱/۴۷±۰/۱۱ ^a

۱- شناسایی ترکیبات به کمک مقایسه طیف های جرمی آنها با طیف های مرجع و همچنین مقایسه شاخص های بازداری آنها با شاخص های بازداری این ترکیبات انجام گرفته است.

2- Chemical Abstracts Service number

۳- میانگین های ارائه شده با حروف مختلف در هر ردیف، به شکل معنی داری در سطح اطمینان ۹۵٪ متفاوت می باشند؛ اعداد میانگین (سه تکرار) ± انحراف از استاندارد می باشند.

اختلاف معنی داری مشاهده نگردید. Rezvanpanah و همکاران در سال ۲۰۰۸ نشان دادند که بازدهی استخراج اسانس برای مرزه تابستانه و مرزه زمستانه به ترتیب ۳/۱ و ۰/۷٪ وزنی-وزنی بوده که بیانگر وجود اختلاف معنی دار در بازدهی استخراج اسانس از دو گونه مرزه می باشد (Rezvanpanah et al., 2008). در مطالعات دیگری Rezaei و Golmakani در سال ۲۰۰۸a,b نشان دادند

سینتیک و بازدهی استخراج اسانس، میزان مصرف انرژی، گرم دی اکسید کربن آزاد شده در محیط و افزایش دما

بازدهی نهایی اسانس استخراج شده از پوست لیموترش واریته های لیسبون و یورکا به ترتیب ۱/۲۲±۰/۱۴٪ و ۱/۱۸±۰/۱۴٪ بود. با توجه به نتایج بدست آمده بین بازدهی استخراج اسانس از هر دو واریته لیموترش خارجی

که بازدهی استخراج اسانس آویشن شیرازی $0.4 \pm 0.04/3/44\%$ و آویشن باغی $0.6 \pm 0.06/2/39\%$ بود. آن‌ها گزارش کردند که بازدهی استخراج اسانس از آویشن شیرازی به شکل معنی‌داری بیشتر از آویشن باغی بوده است (Golmakani & Rezaei, 2008a,b). به شکل کلی، که اگر چه بازدهی استخراج اسانس به واریته بستگی دارد اما در این تحقیق بین بازدهی استخراج اسانس دو واریته لیموترش خارجی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت.

میزان انرژی مصرفی و گرم دی اکسید کربن آزاد شده در مدت استخراج اسانس برای هر دو واریته لیموترش خارجی (واریته های لیسبون و یورکا) به ترتیب kWh 0.67 و $532/80$ گرم بود که تفاوت معنی داری در مورد این دو فاکتور بین دو واریته لیموترش خارجی وجود نداشت. Golmakani و Rezaei در سال 2008 a,b نیز نشان دادند که میزان انرژی مصرفی در مدت استخراج و میزان دی اکسید کربن آزاد شده در محیط به ازای هر گرم اسانس برای هر دو نوع آویشن شیرازی و باغی به ترتیب 2 کیلو وات ساعت و 1600 گرم بوده که در نتیجه تفاوت معنی داری بین این دو فاکتور در مورد آویشن شیرازی و باغی وجود نداشته است (Golmakani & Rezaei, 2008a,b). علت یکسان بودن این فاکتورها این است که میزان انرژی مصرفی (کیلو وات ساعت) و دی اکسید کربن تولیدی به توان دستگاه و کل زمان استخراج بستگی داشته و ارتباطی به نوع واریته ندارد. همچنین میزان دی اکسید کربن تولیدی، متناسب با میزان انرژی مصرفی می باشد. همچنین در تحقیق پیش رو، میزان دی اکسید کربن آزاد شده به ازای هر گرم اسانس برای هر دو واریته لیموترش خارجی متفاوت بوده اما این تفاوت، معنی دار نمی باشد. این فاکتور نیز به میزان بازدهی استخراج اسانس، زمان استخراج و توان دستگاه بستگی دارد. هر چه میزان بازدهی استخراج اسانس بیشتر باشد، گرم دی اکسید کربن آزاد شده به ازای هر گرم اسانس کمتر خواهد بود. در نتیجه، در مورد استخراج اسانس از واریته‌های مختلف لیموترش خارجی نیز، واریته لیسبون که بازدهی استخراج اسانس بیشتری داشته است، گرم دی اکسید کربن کمتری به ازای هر گرم اسانس تولید کرده است.

طبق نتایج بدست آمده شیب منحنی استخراج به روش تقطیر با آب برای هر دو واریته لیموترش خارجی

(واریته‌های لیسبون و یورکا)، $3/26$ بوده که بیانگر، $3/26$ درجه سلسیوس افزایش دما در هر دقیقه می‌باشد. همچنین، تفاوت معنی‌داری در مورد این فاکتور بین دو واریته لیموترش خارجی وجود نداشت. Gavahian و همکاران در سال 2012 ، نشان دادند در استخراج اسانس از 30 گرم آویشن باغی به روش تقطیر با آب (0.5 لیتر)، شروع تبخیر و رسیدن به دمای استخراج (100 درجه سلسیوس) نیازمند گذشت $27/79 \pm 0.76$ دقیقه بوده است (Gavahian *et al.*, 2012). در حالی که Golmakani و Rezaei در سال 2008 a نشان دادند برای رسیدن به دمای استخراج اسانس از آویشن باغی 30 دقیقه زمان لازم بوده است (Golmakani & Rezaei, 2008a). علت این اختلاف، یکسان نبودن نسبت آب به گیاه و همچنین توان دستگاه مورد استفاده جهت استخراج اسانس از آویشن باغی بوده است. همچنین، در تحقیق حاضر بین میزان افزایش دما در هر دو واریته لیسبون و یورکا تفاوت معنی‌داری وجود نداشته است زیرا نسبت آب به پوست و همچنین توان دستگاه استخراج برای هر دو واریته یکسان بوده است.

ثابت های فیزیکی

در این تحقیق نشان داده شد که ثابت‌های فیزیکی (ضریب شکست، وزن مخصوص و رنگ) اسانس‌های استخراج شده از پوست دو واریته لیموترش خارجی (واریته‌های لیسبون و یورکا) با یکدیگر متفاوت بوده اما این تفاوت معنی‌دار نمی‌باشد. Golmakani و Rezaei در سال 2008 a,b نشان دادند که وزن مخصوص اسانس آویشن باغی و آویشن شیرازی به ترتیب 0.918 و 0.934 ، ضریب شکست آنها نیز به ترتیب $1/503$ و $1/505$ و رنگ اسانس هر دو نوع آویشن زرد بود (Golmakani & Rezaei, 2008a,b). همچنین، Gavahian و همکاران در سال 2012 ، نشان دادند وزن مخصوص و ضریب شکست اسانس آویشن باغی استخراج شده با روش تقطیر با آب به ترتیب 0.930 و $1/5017$ بود (Gavahian *et al.*, 2012). به شکل کلی ثابت‌های فیزیکی اسانس مختلف، متفاوت می‌باشد. نتایج Ferhat و همکاران در سال 2006 ، بیانگر آن بود که وزن مخصوص و ضریب شکست اسانس پوست پرتقال به ترتیب 0.86 و $1/477$ و

بررسی خصوصیات اسانس پوست لیموترش خارجی استخراج شده به روش تقطیر

کربن آزاد شده در محیط)، ترکیبات تشکیل دهنده و ثابت‌های فیزیکی اسانس پوست دو واریته لیموترش خارجی (واریته های لیسبون و یورکا) تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. از این رو، از هر دو واریته لیسبون و یورکا می‌توان جهت استخراج اسانس و خالص سازی لیمون استفاده کرد.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از همکاری و مساعدت‌های بخش علوم و صنایع غذایی و معاونت پژوهشی دانشگاه شیراز، معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین (پیشوا) و همچنین مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، کمال تشکر و قدردانی را دارند.

منابع

- انصاری، خ. (۱۳۸۹). میوه‌های گرمسیری و نیمه گرمسیری. انتشارات برگ فردوس، قم، صفحه ۸۳.
- بی نام. (۱۳۷۸). اسانس‌ها - روش عمومی تجزیه و شناسایی اجزاء توسط دستگاه گازکروماتوگرافی با ستون پر شده. مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، استاندارد ملی ایران، شماره ۵۱۹۲، چاپ اول.
- بی نام. (۱۳۸۲). اسانس‌ها - اندازه گیری چگالی نسبی در دمای ۲۰ درجه سلسیوس - روش آزمون. مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، استاندارد ملی ایران، شماره ۲۲۷۴-۹، چاپ اول.
- بی نام. (۱۳۸۲). اسانس‌ها - اندازه‌گیری ضریب شکست - روش آزمون. مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، استاندارد ملی ایران، شماره ۲۲۷۴-۶، چاپ اول.
- فرزاد، م. (۱۳۸۹). پرورش و باغداری مرکبات (کاشت، داشت و برداشت) آفات، امراض، کنه‌ها، چیدن و نگهداری. انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، صفحه ۶۲.
- AACC. (1983). Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. 8th ed. Salem, MA: Library of Congress.
- Afshari-Jouybari, H. & Farahnaky, A. (2011). Evaluation of Photoshop software potential for food colorimetry. Journal of Food Engineering, 106, 170-175.
- Ahmad, J. & Langrish, T. A. G. (2012). Optimisation of total phenolic acids extraction from mandarin peels using microwave energy: The importance of the Maillard reaction. Journal of Food Engineering, 109, 162-174.

رنگ آن زرد کم رنگ بوده است (Ferhat *et al.*, 2006)، که این ثابت های فیزیکی مشابه ثابت های فیزیکی اسانس پوست هر دو واریته لیموترش خارجی (واریته های لیسبون و یورکا) می باشد.

تعیین کمی و کیفی ترکیبات موجود در اسانس پوست لیموترش خارجی

نتایج GC/MS اسانس پوست دو واریته لیموترش خارجی (واریته‌های لیسبون و یورکا) نشان داد که اگر چه بین ترکیبات کم مقدار (کمتر از ۱٪) اسانس‌های استخراج شده تفاوت معنی دار وجود داشت اما بین ترکیبات پرمقدار (بیشتر از ۱٪) اسانس‌های استخراج شده مانند لیمون تفاوت معنی داری مشاهده نگردید. Ferhat و همکاران در سال ۲۰۰۶، با استفاده از روش تقطیر با آب، اسانس پوست پرتقال تازه واریته والنسیا را استخراج کردند. نتایج آن‌ها نیز بیانگر آن بود که ترکیب غالب در اسانس استخراج شده، لیمون (۷۸/۵٪) بوده است (Ferhat *et al.*, 2006). Espina و همکاران در سال ۲۰۱۱، اسانس ۳ میوه از مرکبات (پرتقال، لیموترش مازندرانی و نارنگی) را مورد بررسی قرار دادند. نتایج GC/MS آن‌ها نیز بیانگر آن بود که لیمون ترکیب اصلی اسانس این ۳ میوه بود (Espina *et al.*, 2011). Fuselli و همکاران در سال ۲۰۰۸، ترکیبات شیمیایی اسانس ۴ میوه از مرکبات (گریپ فروت، پرتقال شیرین، نارنگی و لیموترش مازندرانی) را بررسی کردند. نتایج آنالیز GC/MS آن‌ها نیز نشان داد که لیمون عمده‌ترین ترکیب اسانس این ۴ میوه بوده که درصد آن بین ۷۴/۴-۳۳/۹٪ قرار داشت (Fuselli *et al.*, 2008).

نتیجه گیری

در این مطالعه از روش تقطیر با آب به منظور استخراج اسانس از پوست دو واریته لیموترش خارجی (واریته‌های لیسبون و یورکا) استفاده شده و فاکتورهای زمان آغاز، مدت زمان و زمان کلی استخراج، سینتیک استخراج، ترکیب شیمیایی اسانس، ثابت‌های فیزیکی اسانس، میزان انرژی مصرفی و دی اکسید کربن آزاد شده در محیط به ازای اسانس تولید شده مورد بررسی قرار گرفته‌اند. به شکل کلی بین بازدهی اسانس، سینتیک استخراج اسانس، میزان انرژی مصرفی، مباحث زیست محیطی (معادل دی اکسید

Bennici, A. & Tani, C. (2004). Anatomical and ultrastructural study of the secretory cavity development of *Citrus sinensis* and *Citrus limon*: evaluation of schizolysigenous ontogeny. *Flora*, 199, 464-475.

Campelo, L. M. L., De Almeida, A. A. C., De Freitas, R. L. M., Cerqueira, G. S., De Sousa, G. F., Saldanha, G. B., Feitosa, C. M. & De Freitas, R. M. (2011). Antioxidant and Antinociceptive Effects of *Citrus limon* Essential Oil in Mice. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, 2011, 1-8.

Dugo, G. & Di Giacomo, A. (2002). *Citrus* The Genus *Citrus*. Taylor & Francis Group, pp. 1, 63, 115, 179, 539.

Espina, L., Somolinos, M., Loran, S., Conchello, P., Garcia, D. & Pagan, R. (2011). Chemical composition of commercial *Citrus* fruit essential oils and evaluation of their antimicrobial activity acting alone or in combined processes. *Food Control*, 22, 896-902.

Ferhat, M. A., Meklati, B. Y., Smadja, J. & Chemat, F. (2006). An improved microwave Clevenger apparatus for distillation of essential from orange peel. *Journal of Chromatography A*, 1112, 121-126.

Fuselli, S. R., Garcia de la Rosa, S. B., Eguaras, M. J. & Fritz, R. (2008). Chemical composition and antimicrobial activity of Citrus essences on honeybee bacterial pathogen *Paenibacillus larvae*, the causal agent of American foulbrood. *World Journal Microbiol Biotechnol*, 24, 2067-2072.

Gavahian, M., Farahnaky, A., Javidnia, K. & Majzoobi, M. (2012). Comparison of ohmic-assisted hydrodistillation with traditional hydrodistillation for the extraction of essential oils from *Thymus vulgaris* L. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 14, 85-91.

Golmakani, M. T. & Rezaei, K. (2008a). Comparison of microwave-assisted hydrodistillation with the traditional hydrodistillation method in the extraction of essential oils from *Thymus vulgaris* L. *Food Chemistry*, 109, 925-930.

Golmakani, M. T. & Rezaei, K. (2008b). Microwave-assisted hydrodistillation of essential oils from *Zataria multiflora* Boiss. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 110, 448-454.

Gonzalez-Molina, E., Dominguez-Perles, R., Moreno, D. A. & Garcia-Viguera, C. (2010). Natural bioactive compounds of *Citrus*

limon for food and health. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 51, 327-345.

Kekelidze, N. A., Lomidze, E. P. & Yanikashvili, H. I. (1989). Analysis of terpen variation in leaves and fruits of citrus unshiu Marc. during ontogenesis. *Journal of flavor fragrance*, 4, 37-41.

Khan, I. A. (2008). *Citrus Genetics, Breeding and Biotechnology*. UK by Biddles Ltd, Kings Lynn. pp. 1-2.

Kinoshita, K., Sakai, H. & Hirao, Y. (1959). Crystalline terpineol form oil of citrus umshiu. *Journal of Hoshi Yakka Daigaky Kiyo*, 8, 11-13.

Lucchesi, M. E., Chemat, F. & Smadja, J. (2004). Solvent-free microwave extraction of essential oil from aromatic herbs: Comparison with conventional hydrodistillation. *Journal of Chromatography A*, 1043, 323-327.

Ma, C. H., Liu, T. T., Yang, L., Zu, Y. G., Chen, X., Zhang, L., Zhang, Y. & Zhao, Ch. (2011). Ionic liquid-based microwave-assisted extraction of essential oil and biphenyl cyclooctene lignans from *Schisandra chinensis* Baill fruits. *Journal of Chromatography A*, 1218, 8573-8580.

Matsuura, R., Ukeda, H. & Sawamura, M. (2006). Tyrosinase Inhibitory Activity of Citrus Essential Oils. *Journal of Agriculture of Food Chemistry*, 54, 2309-2313.

Nielsen, S. S. (2010). *Food Analysis*. Fourth edition, edited by Nielsen, S. S. Springer. New York. pp. 22, 580-582.

Rezvanpanah, Sh., Rezaei, K., Razavi, S. H. & Moini, S. (2008). Use of Microwave-assisted Hydrodistillation to Extract the Essential Oils from *Satureja hortensis* and *Satureja Montana*. *Food Science and Technology Research*, 14, 311-314.

Roy, B. C., Hoshino, M., Ueno, H., Sasaki, M. & Goto, M. (2007). Supercritical Carbon Dioxide Extraction of the Volatiles from the Peel of Japanese *Citrus* Fruits. *Journal of Essential Oil Research*, 19, 78-84.

Safaei-Ghomi, J. & Meshkatsadat, M. H. (2010). Nano scale injection for the determination of volatile organic component of *vitex Pseudo-Negundo* using various extraction techniques. *Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures*, 5, 207-213.

Shaw, P. E. (1979). Review of quantitative analyses of citrus essential oils. *Journal of Agriculture Food Chemistry*, 27, 246-257.

Vian, M. A., X., Fernandez, F., Visinoni and F., Chemat. (2008). Microwave hydrodiffusion and gravity, a new technique for extraction oils. *Journal of Chromatography A*, 1190, 14-17.

Wang, L. & Weller, C. L. (2006). Recent advances in extraction of nutraceuticals from plants. *Trends in Food Science and Technology*, 17, 300-312.

Webber, H. J. (1967). History and development of the Citrus industry. In: Reuther, W., Batchelor, L. D. and Webber, H. J. (eds). *The Citrus Industry*, 2nd edn. University of California Press, California, pp. 4-5.

WWW.Wikipedia.Com

WWW.WeiKu.com

jstnar.srbiau.ac.ir