

## بررسی خصوصیات اسانس پوست واریته های مختلف لیموترش خارگی استخراج شده به روش تقطیر با آب

### چکیده:

در این مطالعه از روش تقطیر با آب به وسیله الکترومنتل به منظور استخراج اسانس از پوست دو واریته لیموترش خارگی (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 مورد بحث و بررسی قرار گرفتند. میزان اسانس استخراج شده از واریته های لیسبون و یورکا به ترتیب،  $0.14 \pm 0.12\%$  و  $0.14 \pm 0.11\%$  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 سنج جرمی مورد شناسایی قرار گرفتند. لیمونن، اصلی ترین ترکیب موجود در اسانس واریته لیسبون ( $0.69 \pm 0.24\%$ ) و واریته یورکا ( $0.20 \pm 0.49\%$ ) بود. 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.

### کلمات کلیدی:

اسانس، استخراج، تقطیر با آب، کلونجر، لیموترش خارگی

### مقدمه

مرکبات از مهمترین میوه های گرمسیری و نیمه گرمسیری جهان و از خانواده Rutaceae و زیر خانواده Auratiodea بوده که شامل ۱۵۰ جنس و تقریباً ۲۰۰۰ گونه می باشند (۱). نیکلسی و همکاران (۲۰۰۰) 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 (۲). یکی از گونه های جنس مرکبات، لیموترش مازندرانی با نام علمی Citrus limon می باشد که منشأ آن آرژانتین، اسپانیا و آمریکا می باشد (۳). سیسیلیان یک گروه مهم از لیموترش مازندرانی بوده که می توان در این گروه به دو واریته لیموترش یورکا و لیموترش لیسبون اشاره کرد که در نواحی جنوبی ایران نیز کاشته شده (۴) و در

آنجا به لیموی سنگی یا لیموترش خارجی معروف هستند (۵). لیموترش مازندرانی بدلیل داشتن ترکیبات فنولی، سلامت زا بوده و سرشار از فیبر رژیمی، ویتامین، مواد معدنی، اسانس و کاروتنوئیدها می باشد (۷). همچنین، لیموترش مازندرانی غنی از فلاوونوئید می باشد که نقش مهمی در رژیم غذایی، به خصوص در جلوگیری از بیماری هایی مانند چاقی، دیابت، بیماری های قلبی - عروقی و سرطان ها دارد (۱، ۷). 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 می کند (۱۴). پوست مرکبات به عنوان ضایعات (محصول جانبی) آگیری 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 سلول ها به شکل غده های تورفته که حاوی روغن های اسانسی فرار هستند، قرار دارند (۶).

اسانس ها ترکیبات روغنی فراری هستند که در قسمت های مختلف گیاهان معطر مانند برگ، پوست، گل، میوه، دانه و ریشه یافت می شوند (۷). اسانس مرکبات مخلوط بیش از ۴۰۰ ترکیب بوده که به ۲ بخش فرار که ۹۹-۸۵٪ از کل اسانس را تشکیل می دهد و بخش غیر فرار که میزان آن ۱-۱۵٪ از کل اسانس می باشد، تقسیم می شود. بخش فرار شامل مونوترپن ها (مانند لیمونن) و هیدروکربن های سزکوئی ترپن و مشتقات اکسیژن دار (آلدئیدها مثل سیترال)، کتون ها و اسیدها) همراه با آلدئیدهای خطی، الکل ها (مثل لینالول) و استرها بوده و بخش غیر فرار شامل هیدروکربن ها، اسیدهای چرب، استرول ها، کاروتنوئیدها، واکس ها، کومارین و فلاوونوئیدها می باشد (۸، ۹). لیمونن اصلی ترین ترکیب مونوترپنی اسانس مرکبات بوده (۱۰) و از ویژگی های آن می توان به خاصیت ضد باکتری و ضد ویروسی آن اشاره کرد. از لیمونن به عنوان ماده خام برای تولید کاروون جهت تولید عطر و طعم دهنده های مصنوعی، استفاده می شود (۱۱). همچنین، ترکیب مذکور از جمله ترکیباتی است که در جلوگیری از پیشرفت سرطان به خصوص سرطان سینه کاربرد دارد (۱۲). از اسانس مرکبات به عنوان طعم دهنده در بسیاری از مواد غذایی نظیر نوشابه های غیر الکلی، شکلات، ژلاتین، محصولات قنادی (مانند شیرینی و کلوچه)، دسرها، لوازم آرایشی، عطرسازی، صنایع دارویی و اسانس درمانی استفاده می شود (۱۳).

استخراج، یکی از اساسی ترین مراحل جهت بازیافت و خالص سازی اسانس از گیاهان است. متداول ترین روش استخراج اسانس ها، روش تقطیر با آب می باشد (۱۵). دستگاه کلونجر، که بر پایه تقطیر با آب استوار است، بهترین روش برای تعیین میزان اسانس است (۱۶). در این روش آب به کمک الکترومنتل (منبع حرارتی) به نقطه جوش (۱۰۰ درجه سلسیوس) می رسد (۱۷، ۱۸). در این روش، انتقال جرم از داخل به خارج رخ می دهد در حالی که انتقال حرارت از خارج به داخل می باشد (۱۹).

پوست مرکبات از پلی ساکارید، آنتی اکسیدان، اسانس و دیگر ترکیبات تشکیل شده است. اگر این ترکیبات استخراج نشوند، میکروارگانیسم ها آن را تجزیه می کنند و به شکل دی اکسیدکربن، سیترات، سولفات و فسفات محلول در آب درآورده که موجب

آلودگی محیط زیست می شود. بنابراین، برای رفع این مشکل و با توجه به ارزشمند بودن این ترکیبات، می توان آن ها را با استفاده از روش های مناسب از پوست مرکبات استخراج کرده و از باقیمانده پوست به عنوان خوراک دام استفاده شود (۲۰). اسانس مرکبات دارای خواص آنتی اکسیدانی و ضد میکروبی و از همه مهمتر عطر و طعمی بوده که بدلیل وجود ترکیباتی مانند لیمونن (۹۸-۳۲٪) می باشد. با توجه به حجم بالای تولید مرکبات و عدم استخراج اسانس از پوست آن ها به شکل صنعتی، بررسی شرایط استخراج و ارزیابی ویژگی های کیفی اسانس به منظور استفاده بهینه از این ترکیبات می تواند از لحاظ اقتصادی سودمند باشد (۸، ۲۱). با توجه به خواص اسانس لیموترش خارجی، استخراج اسانس از واریته های مختلف پوست این میوه حائز اهمیت می باشد. هدف از این تحقیق، مقایسه سینتیک استخراج، میزان اسانس و ویژگی های اسانس پوست دو واریته لیموترش خارجی (واریته های لیسبون و یورکا) می باشد.

## مواد و روش ها

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 دیجیتالی و دستگاه کلونجر (طراحی و ساخته شده در کارگاه شیشه گری دانشکده علوم دانشگاه شیراز) استفاده گردید.

## آماده سازی میوه

هر دو واریته لیموترش خارجی (واریته های لیسبون و یورکا) از باغ های چهارم واقع در جنوب استان فارس در ۸ اسفند ماه سال ۱۳۹۰ جمع آوری گردیدند. جنس و گونه واریته ها توسط متخصصین بخش علوم باغبانی دانشگاه شیراز مورد تأیید قرار گرفت. پوست لیموترش ها به روش دستی جدا و در دمای محیط ( $20 \pm 3$  درجه سلسیوس) و رطوبت نسبی  $1 \pm 10$  درصد به مدت ۳ روز خشک شدند. میزان رطوبت نمونه ها طبق روش AACC ۴۴-۱۹ (۱۹۸۳) با استفاده از آون آزمایشگاهی و در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس تا رسیدن به وزن ثابت اندازه گیری گردید (۲۲). 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 روش های مرجع و متداول استخراج اسانس است. دستگاه کلونجر یا تقطیر با آب بسیار شبیه دستگاه های گلاب گیری می باشد. همان طور که در شکل ۱ نشان داده شده است، دستگاه کلونجر شامل بالن محتوی آب و

نمونه، کندانسور، قسمت جمع کننده، قسمت برگشت دهنده و الکترومنتل (گرم کن برقی) می باشد. 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 می شوند. حرارت باعث تخریب غده های حاوی اسانس و در نتیجه خروج اسانس می گردد. بعد از آن که آب درون بالن به نقطه جوش رسید، کم کم بخار شده و همراه با اسانس به سمت کندانسور حرکت می کند و این عمل تا زمانی که استخراج اسانس تکمیل شود، ادامه می یابد. 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 می برد. در کندانسور بخار آب و اسانس به وسیله برودت غیر مستقیم آب سرد، تقطیر شده و وارد قسمت جمع کننده می شوند. در قسمت جمع کننده بر اثر اختلاف چگالی آب با اسانس، عمل جداسازی انجام می شود. از آنجایی که چگالی اسانس لیموترش مازندرانی (حدود ۰/۸۵۵-۰/۸۵۱) کمتر از چگالی آب (۱/۰۰۰) می باشد (۲۳)، در قسمت بالایی یک فاز مجزا تشکیل داده و آب که سنگین تر است نیز در پایین قرار گرفته و به وسیله قسمت برگشت دهنده مجدداً وارد بالن حاوی نمونه و آب گردیده و این چرخه مجدداً ادامه پیدا می کند.

آزمایش ها در شرایط ثابت بر روی ۵۰ گرم پوست خشک شده از هر وارپته و ۴۵۰ میلی لیتر آب مقطر با نسبت جامد:مایع (نمونه:آب) برابر با ۹:۱ و توان الکترومنتل ۳۳۵ W به مدت ۲ ساعت انجام شد. تعیین درصد وزنی-وزنی اسانس نیز در زمان های ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ دقیقه انجام شد. این روش منطبق بر روش گلمکانی و رضایی (۲۰۰۸a,b) برای استخراج اسانس از آویشن با روش تقطیر با آب به وسیله الکترومنتل با توان ۵۰۰ W (۱۸ و ۲۴) و همچنین روش رضوان پناه و همکاران (۲۰۰۸) برای استخراج اسانس از مرزه تابستانه و مرزه زمستانه با روش تقطیر با آب به وسیله الکترومنتل با توان ۵۰۰ W (۲۵) می باشد. در فواصل زمانی ذکر شده دستگاه استخراج (الکترومنتل) خاموش و اسانس استخراج شده جداسازی و با استفاده از سولفات سدیم بی آب، خشک و سپس توزین می گردید. اسانس های استخراج شده جهت انجام آزمایشات بعدی در ظروف شیشه ای تیره و در دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری شدند.

### ثابت های فیزیکی

اندازه گیری وزن مخصوص اسانس پوست لیموترش وارپته های لیسبون و یورکا در دمای ۲۵ درجه سلسیوس مطابق استاندارد ملی ایران با شماره ۲۲۷۴-۹ و استاندارد بین المللی ISO 279:1998 (۲۶) و اندازه گیری ضریب شکست در دمای ۲۰ درجه سلسیوس مطابق استاندارد ملی ایران با شماره ۲۲۷۴-۶ و استاندارد بین المللی ISO 280:1998 (۲۷) انجام پذیرفت.

رنگ اسانس با استفاده از رنگ سنج و نرم افزار Adobe Photoshop CS5 (بر حسب Lab) مورد بررسی قرار گرفت (۲۸). 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  $3456 \times 4608$  پیکسل گرفته و در کارت حافظه با فرمت JPEG ذخیره شد. سپس این عکس در کامپیوتر توسط نرم افزار Adobe Photoshop CS5 آنالیز گردید. شاخص  $L^1$  نشان دهنده روشنایی است که مقدار آن در محدوده صفر (سیاهی) تا صد (سفیدی)، شاخص  $b$  نشان دهنده آبی-زردی و مقدار آن در محدوده ۶۰- (آبی) تا ۶۰+ (زردی) و شاخص  $a$  نشان دهنده سبزی-قرمزی و مقدار آن در محدوده ۶۰- (سبزی) تا ۶۰+ (قرمزی) می باشد. این روش منطبق بر روش (افشاری-جوئیاری و فرحناکی سال ۲۰۱۱) جهت ارزیابی رنگ مواد غذایی با استفاده از نرم افزار فتوشاپ می باشد. (۲۸). همچنین بررسی رنگ اسانس پوست لیموترش وارسته های لیسبون و یورکا به شکل بصری (چشم غیر مسلح) نیز انجام پذیرفت.

#### 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 بی آب، خشک و به وسیله یک میلی لیتر نرمال هگزان رقیق 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<sup>۲</sup> با نسبت تقسیم<sup>۳</sup> ۱:۱۰۰ تنظیم شده بود.

ستون دستگاه (مدل Agilent Technologies Inc. HP-5MS، ساخت کشور آمریکا)، از نوع موئینه 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  $45-550$  Amu، دمای منبع طیف جرمی ۲۳۰ درجه سلسیوس، دمای کواد طیف جرمی ۱۵۰ درجه سلسیوس و دمای خط انتقال ۲۸۰ درجه سلسیوس بود.

<sup>1</sup> . Luminance

<sup>2</sup> . Split

<sup>3</sup> . Split ratio

پس از انجام تزریقات و به دست آوردن کروماتوگرام وارپته های مختلف (شکل ۲)، 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 صورت گرفت. همچنین، تعیین ترکیبات اسانس با استفاده از دستگاه GC/MS مطابق استاندارد ملی ایران با شماره ۵۱۹۲ و استاندارد بین المللی ISO 7609:1985 تعیین گردید (۲۹). ضمناً، جهت محاسبه شاخص ماند<sup>۴</sup>، 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 وارپته های لیسبون و یورکا با استفاده از زمان ماند<sup>۵</sup> آلکان های نرمال تزریق شده، تعیین گردید.

### تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از نرم افزار SAS نسخه ۹٫۱ و بر اساس روش GLM<sup>۶</sup> و با آزمون مقایسه میانگین LSD<sup>۷</sup> 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.

### نتایج و بحث

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

نسبت پوست به میوه کامل در لیموترش وارپته های یورکا و لیسبون به ترتیب  $3/04 \pm 0/03$  و  $3/14 \pm 0/34$  (وزنی-وزنی) و میزان رطوبت پوست لیموترش وارپته های یورکا و لیسبون به ترتیب  $0/06 \pm 0/578$  و  $0/96 \pm 0/33$  می باشد. اگر چه رطوبت پوست خشک شده لیموترش وارپته یورکا اندکی بیشتر از وارپته لیسبون است، اما تفاوت معنی داری بین رطوبت پوست خشک شده دو وارپته وجود ندارد.

#### 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 داری بین زمان آغاز

<sup>۴</sup> . Retention index

<sup>۵</sup> . Retention time

<sup>۶</sup> . General Linear Models

<sup>۷</sup> . Least Significant Difference

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

علت یکسان بودن زمان آغاز و مدت زمان استخراج، یکسان بودن نسبت آب به پوست (جامد: مایع) و نیز توان مصرفی دستگاه استخراج (الکترومنتل) می باشد. رضوان پناه و همکاران (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 می باشد (۲۵). گلمکانی و رضایی (۲۰۰۸a,b)، از دو نوع آویشن شیرازی<sup>۸</sup> و آویشن باغی<sup>۹</sup> 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 می باشد (۱۸، ۲۴). لوچسی و همکاران (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 (۳۰). به شکل کلی می توان نتیجه گیری کرد که زمان آغاز متناسب با توان دستگاه استخراج (الکترومنتل) و حجم آب مصرفی می باشد. هرچه توان افزایش یابد، زمان آغاز کاهش یافته و هر چه حجم آب مورد استفاده جهت استخراج افزایش یابد، زمان آغاز نیز افزایش می یابد. در این تحقیق بین زمان آغاز استخراج بدلیل یکسان بودن توان و آب مصرفی تفاوت وجود نداشته است. ضمناً، زمان آغاز استخراج مستقل از وارسته 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 وارسته های لیسبون و یورکا به روش تقطیر با آب، در شکل ۳ نشان داده شده است. بازدهی نهایی اسانس استخراج شده از پوست لیموترش وارسته های لیسبون و یورکا به ترتیب  $0.14 \pm 0.1/1.18\%$  و  $0.14 \pm 0.1/2.2\%$  می باشد. همان طور که مشاهده می شود، اگر چه منحنی سینتیک استخراج اسانس از پوست وارسته لیسبون اندکی بالاتر از منحنی استخراج اسانس از وارسته یورکا می باشد، اما تفاوت معنی داری بین سینتیک استخراج اسانس از پوست دو وارسته وجود ندارد.

<sup>۸</sup> . *Zataria multiflora* Boiss.

<sup>۹</sup> . *Thymus vulgaris* L.

رضوان پناه و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که بازدهی استخراج اسانس برای مرزه تابستانه و مرزه زمستانه به ترتیب ۳/۱ و ۰/۷٪ وزنی-وزنی بود که بیانگر وجود اختلاف معنی دار در بازدهی استخراج اسانس از دو گونه مرزه می باشد (۲۵). در مطالعات دیگری گلمکانی و رضایی (۲۰۰۸a,b) نشان دادند که بازدهی استخراج اسانس آویشن شیرازی  $۰/۰۴ \pm ۳/۴۴\%$  و آویشن باغی  $۰/۰۶ \pm ۲/۳۹\%$  بود. آن ها گزارش کردند که بازدهی استخراج اسانس از آویشن شیرازی به شکل معنی داری بیشتر از آویشن باغی می باشد (۱۸، ۲۴). بنابراین می توان نتیجه گرفت که اگر چه بازدهی استخراج اسانس به واریته بستگی دارد اما بین بازدهی استخراج اسانس این دو واریته لیموترش خارجی اختلاف معنی داری وجود ندارد.

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

گلمکانی و رضایی (۲۰۰۸a,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 ۲ کیلو وات ساعت و ۱۶۰۰ گرم بوده که در نتیجه تفاوت معنی داری بین این دو فاکتور در مورد آویشن شیرازی و باغی وجود نداشته است (۱۸، ۲۴). 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 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) می باشد که دلیل آن بالاتر بودن بازده نهایی اسانس استخراج شده از پوست واریته لیسبون می 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 واریته های 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.

همان طور که در شکل ۴ مشاهده می شود، دمای مخلوط آب و پوست در زمان صفر، 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 ۴) بدست می آید که نتایج آن در جدول ۱ نشان داده شده است.

طبق نتایج بدست آمده شیب منحنی استخراج به روش تقطیر با آب برای هر دو واریته لیموترش خارجی (واریته های لیسبون و یورکا)، ۳/۲۶ بوده که بیانگر، درجه سلسیوس افزایش دما در هر دقیقه می باشد. همچنین، تفاوت معنی داری در مورد این فاکتور بین دو واریته لیموترش خارجی وجود ندارد. گواهیان و همکاران (۲۰۱۲)، نشان دادند در استخراج اسانس از ۳۰ گرم آویشن باغی به روش تقطیر با آب (۰/۵ لیتر)، شروع تبخیر و رسیدن به دمای استخراج (۱۰۰ درجه سلسیوس) نیازمند  $27/79 \pm 0/76$  دقیقه می باشد (۳۱)، در حالی که گلمکانی و رضایی (۲۰۰۸) نشان دادند برای رسیدن به دمای استخراج اسانس از آویشن باغی ۳۰ دقیقه زمان لازم است (۱۸). 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 معنی داری وجود نداشته است زیرا نسبت آب به پوست و همچنین توان دستگاه استخراج برای هر دو واریته یکسان بوده 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  $0/853 \pm 0/006$  و برای واریته یورکا  $0/833 \pm 0/021$  می باشد. ضریب شکست بدست آمده برای اسانس پوست لیموترش واریته لیسبون  $1/469 \pm 0/000$  و برای واریته یورکا  $1/470 \pm 0/001$  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 ندارد. 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 است.

گلمکانی و رضایی (۲۰۰۸a,b) نشان دادند که وزن مخصوص اسانس آویشن باغی و آویشن شیرازی به ترتیب ۰/۹۱۸ و ۰/۹۳۴، ضریب شکست آنها نیز به ترتیب ۱/۵۰۳ و ۱/۵۰۵ و رنگ اسانس هر دو نوع آویشن زرد بود (۱۸، ۲۴). همچنین، گواهیان و همکاران (۲۰۱۲)، نشان دادند وزن مخصوص و ضریب شکست اسانس آویشن باغی استخراج شده با روش تقطیر با آب به ترتیب ۰/۹۳۰ و ۱/۵۰۱۷ بود (۳۱). به شکل کلی ثابت های فیزیکی اسانس (ضریب شکست، وزن مخصوص و رنگ) آویشن های مختلف، متفاوت می باشد. نتایج فرهاد و همکاران (۲۰۰۶)، بیانگر آن بود که وزن مخصوص و ضریب شکست اسانس پوست پرتقال به ترتیب ۰/۸۶ و ۱/۴۷۷ و رنگ آن زرد کم رنگ بوده است (۱۶)، 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

ترکیبات اسانس پوست لیموترش واریته های لیسبون و یورکا تعیین شده به وسیله دستگاه GC/MS در جدول ۴ نشان داده شده است. مجموعاً ۱۲ ترکیب در اسانس پوست لیموترش واریته های 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 می دهند.

همان طور که در جدول ۴ مشاهده می شود بر اساس نتایج آماری بدست آمده در سطح معنی داری ۹۵٪ میان ترکیبات آلفا-پینن، بتا-پینن، لیمونن، گاما-ترپینن، سابینن و میرسن موجود در اسانس پوست واریته های لیسبون و یورکا تفاوت معنی داری وجود ندارد. همچنین، تفاوت معنی داری میان پنج ترکیب لیمونن، گاما-ترپینن، بتا-پینن، میرسن و آلفا-پینن که حدود ۸۸٪ از ترکیب اسانس پوست لیموترش واریته های لیسبون و یورکا را تشکیل می دهند، وجود ندارد.

لیمونن اصلی ترین ترکیب موجود در اسانس پوست لیموترش واریته لیسبون (۶۶/۲۴±۴/۶۹٪) و واریته یورکا (۵۹/۴۰±۴/۲۰٪) می باشد. 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 معنی دار مشاهده می

شود، اما بین ترکیبات پرمقدار (بیشتر از ۱٪) استخراج شده از پوست هر دو وارپته لیموترش خارجی تفاوت معنی داری مشاهده نمی شود. فرهاد و همکاران (۲۰۰۶)، با استفاده از روش تقطیر با آب، اسانس پوست پرتقال تازه وارپته والنسیا را استخراج کردند. نتایج آن ها نیز بیانگر آن بود که ترکیب غالب در اسانس استخراج شده، لیمونن (۷۸/۵٪) می باشد (۱۶). اسپینا و همکاران (۲۰۱۱)، اسانس ۳ میوه از مرکبات (پرتقال، لیموترش مازندرانی و نارنگی) را مورد بررسی قرار دادند. نتایج GC/MS آن ها نیز بیانگر آن بود که لیمونن ترکیب اصلی اسانس این ۳ میوه می باشد (۸). فوسلی و همکاران (۲۰۰۸)، ترکیبات شیمیایی اسانس ۴ میوه از مرکبات (گریپ فروت، پرتقال شیرین، نارنگی و لیموترش مازندرانی) را بررسی کردند. نتایج آنالیز GC/MS آن ها نیز نشان داد که لیمونن عمده ترین ترکیب اسانس این ۴ میوه بوده که درصد آن بین ۷۴/۴-۳۳/۹٪ قرار داشت (۳۲).

### نتیجه گیری

در این مطالعه از روش تقطیر با آب به منظور استخراج اسانس از پوست دو وارپته لیموترش خارجی (وارپته های لیسبون و یورکا) استفاده شده و فاکتورهای زمان آغاز، مدت زمان و زمان کلی استخراج، سینتیک استخراج، ترکیب شیمیایی اسانس، ثابت های فیزیکی اسانس، میزان انرژی مصرفی و دی اکسید کربن آزاد شده در محیط به ازای اسانس تولید شده مورد بررسی قرار گرفته اند. به شکل کلی بین بازدهی اسانس، سینتیک استخراج اسانس، میزان انرژی مصرفی، مباحث زیست محیطی، ترکیبات تشکیل دهنده و ثابت های فیزیکی اسانس پوست دو وارپته لیموترش خارجی (وارپته های لیسبون و یورکا) تفاوت معنی داری وجود نداشت. از این رو، از هر دو وارپته لیسبون و یورکا می توان جهت استخراج اسانس و خالص سازی لیمونن استفاده کرد.

### تقدیر و تشکر

نویسندگان مقاله از همکاری و مساعدت های بخش علوم و صنایع غذایی 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 مورد استفاده

1. 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.

2. Nicolosi, E., Deng, Z. N., Gentile, A., La Malfa, S., Continella, G., Tribulato, E., 2000. Citrus phylogeny and genetic origin of important species as investigated by molecular markers. *Theoretical and Applied Genetics* 100: 1155-1166.
3. Khan , I. A., 2008. *Citrus Genetics, Breeding and Biotechnology*, UK by Biddles Ltd, Kings Lynn. pp.: 1-2.
- ۴- فرزاد، م.، ۱۳۸۹. پرورش و باغداری مرکبات (کاشت، داشت و برداشت) آفات، امراض، کنه ها، چیدن و نگهداری، انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ص ۶۲.
- ۵- انصاری، خ.، ۱۳۸۹. میوه های گرمسیری و نیمه گرمسیری، انتشارات برگ فردوس، قم، ص ۸۳.
6. 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.
7. 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.
8. 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.
9. Shaw, P. E., 1979. Review of quantitative analyses of citrus essential oils. *Journal of Agriculture Food Chemistry* 27: 246-257.
10. 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.
11. Kekelidze, N. A., Lomidze, E. P., Yanikashvili, H. I., 1989. Analysis of terpen variation in leaves and fruits of citrus unshiu Marc. During otogenesis. *Journal of flavor fragrance* 4: 37-41.
12. Kinoshita, K., Sakai, H., Hirao, Y., 1959. Crystalline terpineol form oil of citrus umshiu. *Journal of Hoshi Yakka Daigaky Kiyō* 8: 11-13.
13. Safaei-Ghomi, J., Meshkatalasadat, 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.
14. WWW.Wikipedia.Com

15. Wang, L., Weller, C. L., 2006. Recent advances in extraction of nutraceuticals from plants. *Trends in Food Science and Technology* 17: 300-312
  16. 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.
  17. Dugo, G., Di Giacomo, A., 2002. *Citrus The Genus Citrus*, Taylor & Francis Group, pp.: 1, 63, 115, 179, 539.
  18. 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.
  19. Ma, Ch. 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.
  20. 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.
  21. Matsuura, R., Ukeda, H., Sawamura, M., 2006. Tyrosinase Inhibitory Activity of Citrus Essential Oils. *Journal of Agriculture of Food Chemistry* 54: 2309-2313.
  22. AACC (1983), *Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists* (8th ed.), Salem, MA: Library of Congress.
  23. WWW.Weiku.com
  24. 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.
  25. 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.
- ۲۶- بی نام. ۱۳۸۲. مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. استاندارد ملی ایران به شماره ۲۲۷۴-۹. ۱۳۸۲. Anonymous, 1998.
- ISO 279: 1998
- ۲۷- بی نام. ۱۳۸۲. مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. استاندارد ملی ایران به شماره ۲۲۷۴-۶. ۱۳۸۲. Anonymous, 1998.
- ISO 280: 1998

28. Afshari-Jouybari, H., Farahnaky, A., 2011. Evaluation of Photoshop software potential for food colorimetry. *Journal of Food Engineering* 106: 170-175.

Anonymous, 1985. ۲۹-بی نام. ۱۳۷۸. مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. استاندارد ملی ایران به شماره ۵۱۹۲ ;

ISO 7609: 1985

30. 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.

31. 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.

32. 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.

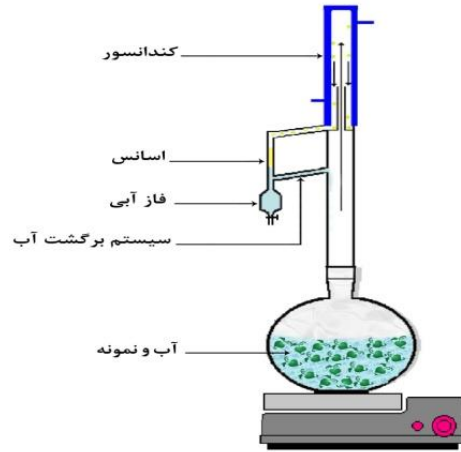
## **Investigation of essential oil properties of different varieties of lemon (*Citrus Limon*) peel extracted by hydrodistillation**

### **Abstract:**

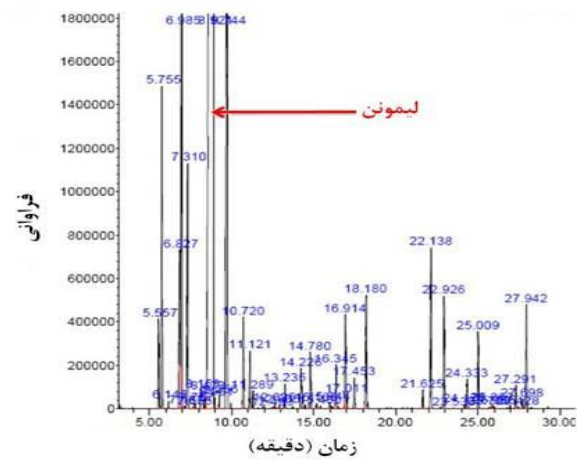
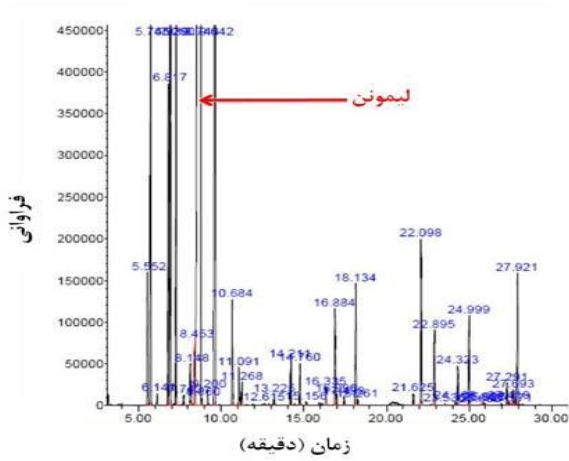
In this research, extraction of essential oil from dry *Citrus Limon* (Lisbon and Eureka varieties) peel was performed by hydrodistillation (HD) method and extraction yield, extraction time, chemical composition of essential oils, physical constants, energy consumption, and quantities of released carbon dioxides in the atmosphere were investigated. Essential oil yield of Lisbon and Eureka varieties were  $1.22 \pm 0.14$  and  $1.18 \pm 0.14\%$  (w/w), respectively. There were no significant differences among physical constants (refractive index, color, and specific gravity) of extracted essential oils from Lisbon and Eureka varieties of lemon peel. Also, there were no significant differences among extraction energy consumption of both Lisbon and Eureka varieties (0.67 kWh). Using GC/MS apparatus, components of extracted essential oils were identified. The major component of extracted essential oils from Lisbon and Eureka varieties was limonene ( $66.24 \pm 4.69$  and  $59.40 \pm 4.20\%$ , respectively). Also, there were no significant differences between quantity and quality of major components of extracted essential oils from two *C. Limon* varieties.

### **Keywords:**

*Citrus limon*, Clevenger, Essential oil, Extraction, Hydrodistillation

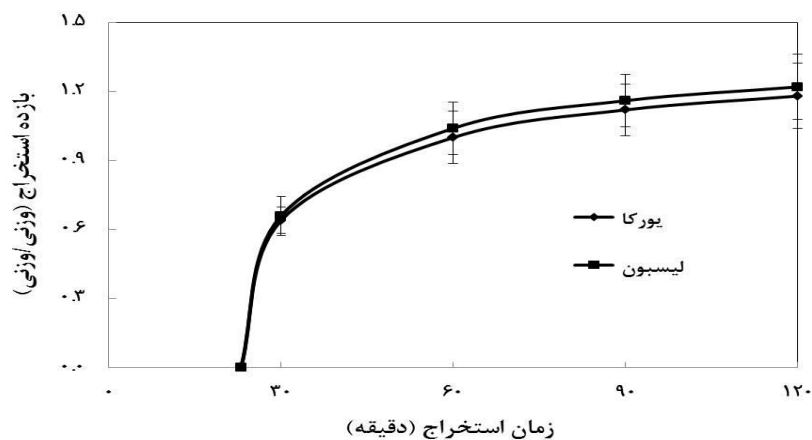


شکل ۱- دستگاه کلونجر مورد استفاده در تحقیق حاضر.

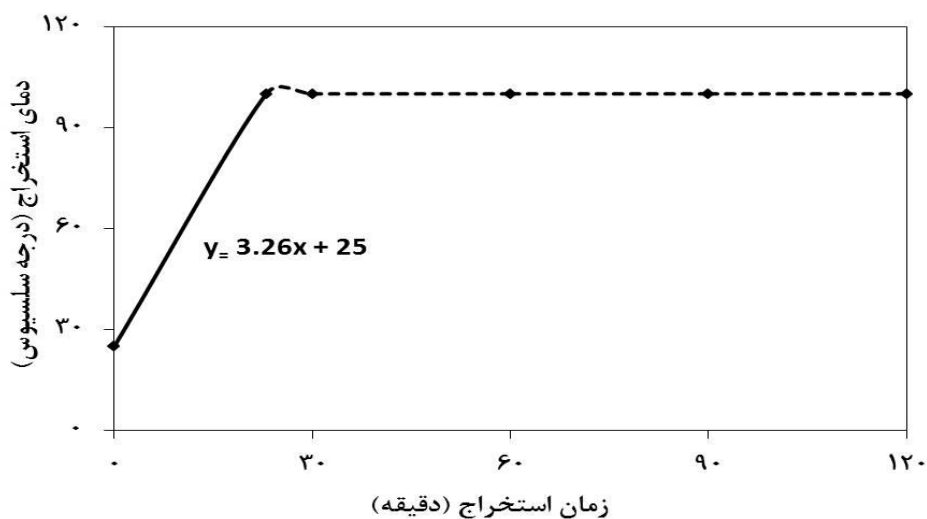


شکل ۲- کروماتوگرام اسانس پوست لیموترش خارجی واریته یورکا (راست) و واریته لیسبون (چپ).





شکل ۳- سینتیک استخراج اسانس از پوست دو واریته لیموترش خارجی (واریته های لیسبون و یورکا) به روش تقطیر با آب.



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

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 <sup>a</sup>	1/22 ± 0/14 <sup>a</sup>	120 <sup>a</sup>	97 <sup>a</sup>	23 <sup>a*</sup>	واریته لیسبون

واريته يوركا  $23^a$   $97^a$   $120^a$   $1/18 \pm 0/14^a$   $3/26 \pm 0/23^a$

\* ميانگين هاي ارائه شده با حروف مختلف در هر ستون، به شكل معنی داری در سطح اطمینان ۹۵٪ متفاوت می باشند.

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

واريته لیموترش خارجی	مصرف انرژی در طول استخراج (kWh)	مصرف انرژی به ازای هر گرم اسانس (kWh/g essential oil)	گرم دی اکسید کربن آزاد شده در مدت استخراج (g)	گرم دی اکسید کربن آزاد شده به ازای هر گرم اسانس (g/g essential oil)
واريته ليسبون	$0/67^{a*}$	$0/55^a$	$532/80^a$	$436/72^a$
واريته يوركا	$0/67^a$	$0/56^a$	$532/80^a$	$451/53^a$

\* ميانگين هاي ارائه شده با حروف مختلف در هر ستون، به شكل معنی داری در سطح اطمینان ۹۵٪ متفاوت می باشند.

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

ثابت فیزیکی	واريته ليسبون	واريته يوركا
وزن مخصوص	$0/853 \pm 0/006^{a*}$	$0/833 \pm 0/021^a$
ضریب شکست	$1/469 \pm 0/000^a$	$1/470 \pm 0/001^a$
رنگ ظاهری	زرد کم رنگ	زرد کم رنگ
L	$66/25 \pm 1/00^a$	$65/50 \pm 1/00^a$
a	$-11/75 \pm 0/50^a$	$-12/25 \pm 0/50^a$
b	$10/75 \pm 0/50^a$	$10/75 \pm 0/50^a$

\* ميانگين هاي ارائه شده با حروف مختلف در هر ردیف، به شكل معنی داری در سطح اطمینان ۹۵٪ متفاوت می باشند.

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

ردیف	نام	نام شیمیایی ترکیب	عدد	فرمول	وزن	زمان	شاخ	وارپته	وارپته یورکا
ف	ترکیب		CA	مولکولی	مولکو	ماند	ص	لیسبون	(./وزنی-
۱			<sup>۲</sup> S	لی	لی	(دقیه	ماند	(./وزنی-	وزنی)
					قه			وزنی)	
مونوترپن های هیدروکربنی									
۱	آلفا- تویون	1-isopropyl-4- methylbicyclo[3.1.0]hex- 3-ene	-۲ -۰.۵ ۲۸۶ ۷	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	/۲۴ ۱۳۶	۵/۶	۹۲۴	/۶۲±۰/۰۴ .b <sup>۳</sup>	/۸۸±۰/۰۷ .a
۲	آلفا- پینن	Bicyclo(3.1.1)hept-2-ene	-۸ -۵۶ ۸۰	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	/۲۴ ۱۳۶	۵/۸	۹۳۲	/۷۷±۰/۰۲۰ ۲ <sup>a</sup>	/۲۷±۰/۰۲۳ ۳ <sup>a</sup>
۳	سایپن ن	4-methylene-1-(1- methylethyl)bicyclo[3.1.0 ]hexane	-۵ -۴۱ ۳۳۸ ۷	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	/۲۴ ۱۳۶	۶/۸	۹۷۱	/۰۰±۰/۰۱۵ ۲ <sup>a</sup>	/۵۲±۰/۰۱۷ ۲ <sup>a</sup>
۴	بتا- پینن	Bicyclo(3.1.1)heptane	-۳ -۹۱ ۱۲۷	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	/۲۴ ۱۳۶	۷/۰	۹۷۷	/۴۵±۰/۰۶۷ ۹ <sup>a</sup>	/۰۸±۰/۰۶۴ ۹ <sup>a</sup>
۵	میرس ن	3-Methylene-7-methyl- 1,6-octadiene	-۳ -۳۵ ۱۲۳	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	/۲۴ ۱۳۶	۷/۳	۹۸۹	/۷۹±۰/۰۲۰ ۲ <sup>a</sup>	/۳۰±۰/۰۲۳ ۳ <sup>a</sup>

۱/۴۰±۴/۲۰	۱/۲۴±۴/۶۹	۱۰۳	۸/۹	۱/۲۳	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	-۳	1-methyl-4-(1-methyl	۶	لیمونن
۵۹ <sup>a</sup>	۶۶ <sup>a</sup>	۶		۱۵۲	O	-۸۶	ethenyl)		
						۱۳۸			
۱/۵۷±۰/۹۶	۱/۷۴±۰/۸۳	۱۰۵	۹/۷	۱/۲۴	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	-۴	1-Isopropyl-4-methyl-	۷	گاما-
۱۳ <sup>a</sup>	۱۱ <sup>a</sup>	۹		۱۳۶		-۸۵	1,4-cyclohexadiene		ترپینن
						۹۹			
مونوترپین های اکسیژن دار									
۱/۵۹±۰/۱۱	۱/۹۰±۰/۰۶	۱۲۶	۱۸/۲	۱/۲۳	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	-۵	3,7-Dimethyl- <i>trans</i> -2,6-	۸	ژرانیال
۱ <sup>a</sup>	.b	۸		۱۵۲	O	-۴۰	octadienal		
						۵۳۹			
						۲			
۱/۳۳±۰/۱۶	۱/۲۲±۰/۰۸	۱۳۶	۲۲/۱	۱/۲۹	C <sub>12</sub> H <sub>20</sub>	-۸	2,6-Octadien-1-ol	۹	نریل
۳ <sup>a</sup>	۱ <sup>b</sup>	۲		۱۹۶	O <sub>2</sub>	-۱۲			استات
						۱۴۱			
۱/۵۲±۰/۱۱	۱/۵۳±۰/۰۴	۱۳۸	۲۲/۹	۱/۲۹	C <sub>12</sub> H <sub>20</sub>	-۳	2,6-Octadien-1-ol	۱۰	ژرانیل
۱ <sup>a</sup>	.b	۱		۱۹۶	O <sub>2</sub>	-۸۷			استات
						۱۰۵			
سزکوئی ترپین ها									
۱/۰۷±۰/۰۸	۱/۷۱±۰/۰۵	۱۴۳	۲۵/۰	۱/۳۵	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	-۴	(-)- <i>trans</i> - $\alpha$ -bergamotene	۱۱	ترانس
۱ <sup>a</sup>	.b	۲		۲۰۴		-۵۹			-آلفا-
						۱۳۴			برگامو
						۷۴			تن
۱/۴۷±۰/۱۱	۱/۰۳±۰/۰۷	۱۵۰	۲۷/۹	۱/۳۵	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	-۵	4-(1,5-dimethyl-4-	۱۲	بتا-
۱ <sup>a</sup>	۱ <sup>b</sup>	۵		۲۰۴		-۶۲	hexenylidene)-1-methyl		بیسابول

---

۱- شناسایی ترکیبات به کمک مقایسه طیف‌های جرمی آنها با طیف‌های مرجع و همچنین مقایسه شاخص‌های بازداری آنها با شاخص‌های بازداری این ترکیبات انجام گرفته است.

۲- Chemical Abstracts Service number. ۳- میانگین‌های ارائه شده با حروف مختلف در هر ردیف، به شکل معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵٪ متفاوت می‌باشند.