

تغییرات محتوی و ترکیبات اسانس گیاه دارویی به‌لیمو (*Lippia citriodora* (Palau) Kunth)

تحت تأثیر خشک کردن با آون خلاء و عملیات پیش خشک کردن

علی رضوانی‌اقدام^۱، حسنعلی نقدی‌بادی^{۲*}، وحید عبدوسی^۱، رضا حاجی‌آقایی^۲، سید ابراهیم حسینی^۳

۱- گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲- مرکز تحقیقات گیاهان دارویی، پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی، کرج، ایران

۳- گروه صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

*آدرس مکاتبه: مرکز تحقیقات گیاهان دارویی، پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی

صندوق پستی: ۳۱۳۷۵-۱۳۶۹

تلفن: ۳۴۷۶۴۰۱۰ (۰۲۶)، نمابر: ۳۴۷۶۴۰۲۱ (۰۲۶)

پست الکترونیک: naghdbadi@yahoo.com

doi: [10.29252/jmp.4.72.S12.110](https://doi.org/10.29252/jmp.4.72.S12.110)

تاریخ پذیرش: ۹۸/۷/۳

تاریخ دریافت: ۹۸/۴/۱۸

چکیده

مقدمه: عملیات پیش خشک و روش‌های خشک کردن تأثیر قابل توجهی بر میزان و ترکیبات اسانس گیاهان دارویی دارند.

هدف: تأثیر عملیات پیش خشک و خشک کردن با خلاء بر میزان و ترکیبات اسانس گیاه به‌لیمو در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفت.

روش بررسی: این تحقیق به صورت یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. دو فاکتور مورد مطالعه عبارت بودند از (۱) عملیات پیش خشک کردن در دو سطح (انجام عملیات پیش خشک و عدم انجام آن) و همچنین (۲) روش خشک کردن در ۵ سطح شامل شاهد (نمونه خشک نشده)، خشک کردن در سایه و آون خلاء در ۳ دمای ۳۵، ۴۵ و ۵۵ درجه سانتی‌گراد با فشار اتمسفری ۰/۵ بار. در این تحقیق، مقدار رنگیزه‌های گیاهی، میزان اسانس و ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس مورد سنجش قرار گرفتند.

نتایج: نتایج نشان داد که بیشترین مقدار کلروفیل مربوط به تیمار آون خلاء با دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد با عملیات پیش خشک کردن می‌باشد، در حالی که بیشترین مقدار اسانس حاصل خشک کردن در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد بدون عملیات پیش خشک می‌باشد. بیشترین میزان مونوترپن‌های هیدروکربنی و مونوترپن‌های اکسیژن‌دار و ژرانیال در خشک کردن با دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد حاصل شد ولی بیشترین میزان سزکوئی‌ترین‌های هیدروکربنی و سزکوئی‌ترین‌های اکسیژن‌دار و نرال در دمای پایین‌تر خشک کردن مشاهده شد.

نتیجه‌گیری: به طور کلی نتایج نشان داد که خشک کردن برگ گیاه به‌لیمو با آون خلاء در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد بهترین روش خشک کردن برای حصول حداکثر میزان اسانس و ترکیبات مؤثره می‌باشد.

گل‌واژگان: اسانس، به‌لیمو، خشک کردن، ژرانیال، نرال



مقدمه

به لیمو (*Lippia citriodora* (Palau) Kunth) درختچه ای به ارتفاع ۱/۵ تا ۲ متر از خانواده شاه‌پسندیان (Verbenaceae) و بومی آمریکای جنوبی است که خواص درمانی متعددی از آن گزارش شده است. این گیاه به طور سنتی در درمان اسهال، نفخ شکم، بی‌خوابی و رماتیسم مورد استفاده قرار می‌گیرد و در مطالعات سلولی و حیوانی، خواص آنتی‌اکسیدانی، ضد اضطراب، ضد سرطان و ضد میکروبی این گیاه نیز به اثبات رسیده است [۱]. همچنین با توجه به اثرات ضد باکتریایی، ضد قارچی و حشره‌کشی اسانس این گیاه [۲]، امروزه استفاده از عصاره یا اسانس آن به عنوان نگهدارنده در صنایع غذایی نیز مطرح می‌باشد.

در اسانس و عصاره برگ‌های گیاه به لیمو ترکیبات فیتوشیمیایی متعددی مشاهده می‌شوند و ترکیبات ژرانیال، نرال، لیمونن، نرول، کارواکرول، پارا-سیمن، گاما-تریپنن، کارون و تیمول از مهم‌ترین اجزای اسانس [۳، ۱] و ورباسکونید [۱] از مهم‌ترین ترکیب عصاره این گیاه می‌باشند. به هر حال حفظ کمیت و کیفیت مواد مؤثره بسیار ارزشمند بوده و دستیابی به دانش جلوگیری از کاهش مواد مؤثره گیاهان پس از برداشت و فاصله زمانی تولید تا فراوری ضروری می‌باشد. خشک کردن گیاه یکی از عملیات‌های پس از برداشت می‌باشد که برای جلوگیری از رشد و فساد ناشی از میکروارگانیسم‌ها و به حداقل رساندن بسیاری از واکنش‌های زیان‌بخش ناشی از رطوبت بافت‌های گیاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد و یکی از مهم‌ترین مکانیزم‌های نگهداری گیاهان بدون کاهش مواد مؤثره می‌باشد [۴]. در این راستا، برای به حداقل رساندن کاهش مواد مؤثره برخی گیاهان در فرآیند خشک کردن [۵]، تحقیقات متعددی در زمینه چگونگی تسریع فرآیند خشک شدن گیاهان در دمای پایین انجام شده است. تکنولوژی ماکروویو به منظور افزایش سرعت خشک شدن از کارایی بسیار بالایی برخوردار است، اما متأسفانه در فشار ثابت منجر به دمای بسیار بالا می‌شود. به منظور جلوگیری از افزایش دمای خشک شدن می‌توان از تکنولوژی کاهش فشار اتمسفر یا ایجاد خلاء استفاده نمود. کاهش فشار اتمسفری یا خلاء با پایین

آوردن نقطه جوش، موجب افزایش سرعت خشک شدن در دمای پایین‌تر می‌شود [۶]. همچنین خلاء یا کاهش فشار اتمسفری منجر به کاهش اکسیژن و در نتیجه کاهش واکنش واکنش‌های مضر اکسیداسیون و تا حدی حفظ رنگ، طعم و بافت محصولات خشک شده می‌شود [۷].

به منظور بررسی اثر کاهش فشار اتمسفری یا خلاء بر خشک شدن گیاهان مختلف، تحقیقات متعددی انجام شده است. در تحقیق انجام شده توسط آگریپولوس و مولر (۲۰۱۴) کمترین مقدار اسانس، ژرانیال و نرال از گیاهان بادرنجبویه خشک شده با استفاده از تکنولوژی خلاء در مقایسه با خشک کردن همرفتی و در دمای انجماد حاصل شد [۷]. در یک مطالعه، گیاه نعنا خشک شده در آن خلاء و دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد از بیشترین میزان کلروفیل برخوردار بوده است، البته اختلاف معنی‌داری با نمونه‌های خشک شده در دماهای ۵۰، ۷۰ و ۸۰ درجه سانتی‌گراد مشاهده نشده است [۸]. در تحقیق انجام شده بر روی گیاه مرزنجوش، کاهش میزان و اجزای اسانس با افزایش دما و توان ماکروویو مشاهده شد و بهترین نتیجه از گیاهان خشک شده توسط ماکروویو خلاء‌دار تحت توان ۲۴۰ وات حاصل شد [۹].

در یک بررسی صورت گرفته بر روی گیاه آویشن دناپی (*Thymus daenensis* Celak.) نشان داده شد که بیشترین مقدار اسانس از نمونه‌های خشک شده توسط آن و آن خلاء در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد بدون انجام عملیات پیش‌خشک شدن و بیشترین میزان تیمول به عنوان ترکیب غالب مونوترپن اکسیژن‌دار از نمونه‌های خشک شده توسط آن خلاء در دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد حاصل شد [۱۰]. صمدی و همکاران (۲۰۱۸) در آزمایشی بر روی گیاه بادرنجبویه دناپی، بیشترین مقدار اسانس را از نمونه‌های خشک شده توسط آن خلاء تحت دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد گزارش نموده‌اند. همچنین خشک کردن به روش آن خلاء را برای دستیابی به بیشترین مقدار اسانس و روش ماکروویو را برای حفظ رنگ نمونه توصیه نموده‌اند [۱۱].

با توجه به اهمیت گیاه دارویی به لیمو در راستای دستیابی به مناسب‌ترین روش خشک کردن آن، برگ‌های گیاه به لیمو تحت عملیات پیش خشک کردن و همچنین روش‌های مختلف خشک



فاکتورهای اندازه‌گیری شده

تعیین میزان رطوبت

قبل از آغاز آزمایش میزان رطوبت گیاهان برداشت شده با روش آون تعیین شد. برای این منظور ۱۰۰ گرم از برگ گیاه برداشت شده مدت ۲۴ ساعت داخل آون قرار گرفته و میزان رطوبت نمونه‌ها تعیین شد.

میزان کلروفیل و کارتنوئید

به منظور اندازه‌گیری کلروفیل و کارتنوئید از روش آرنون استفاده شد. بدین منظور مقدار نیم گرم از ماده گیاهی در هاون چینی خرد شد. جهت استخراج رنگیزه‌ها ۲۰ میلی‌لیتر استن ۸۰٪ به نمونه اضافه شده و با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه سانتیفریژ شد. مقداری از محلول رویی داخل کوت اسپکتروفوتومتر ریخته شد و در طول موج‌های ۴۸۰، ۵۱۰، ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر خوانده شد. مقدار کلروفیل a و b و کارتنوئید مطابق روابط ذیل بر حسب میلی‌گرم بر گرم محاسبه شد:

رابطه (۱)

$$\text{Chlorophyll a} = 12.7 (A663) - 2.69 (A645) \times \frac{v}{1000 \times W}$$

رابطه (۲)

$$\text{Chlorophyll b} = 22.9 (A645) - 4.68 (A663) \times \frac{v}{1000 \times W}$$

رابطه (۳)

$$\text{Carotenoid} = 7.6 (A480) - 1.49 (A510) \times \frac{v}{1000 \times W}$$

در روابط فوق v حجم عصاره مصرف شده و W وزن نمونه می‌باشد [۱۲].

استخراج اسانس از برگ‌های گیاه

در این تحقیق برای استخراج اسانس برگ گیاه، از روش تقطیر با آب و دستگاه کلونجر استفاده شد. برای این منظور ۱۰۰ گرم از برگ‌های گیاه به صورت خرد شده به بالن تقطیر یک لیتری منتقل و بر روی آن، آنقدر آب مقطر اضافه شد که دو سوم حجم بالن را

کردن از جمله استفاده آون خلاء در دماهای مختلف خشک شدند و از نظر میزان و ترکیبات اسانس و رنگیزه‌های برگ مورد ارزیابی قرار گرفتند.

مواد و روش‌ها

تهیه مواد آزمایشی

این آزمایش با هدف بررسی تأثیر پیش خشک کردن و استفاده از خلاء بر مقدار رنگیزه‌های گیاهی، میزان و اجزای اسانس گیاه به‌لیمو، در آزمایشگاه‌های تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات انجام شد.

برگ به‌لیمو با کد هراریومی (MPIH) ۱۳۴۵ از پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی واقع در کیلومتر ۵۵ اتوبان تهران قزوین با طول جغرافیایی ۵۶° ۵۰' و عرض جغرافیایی ۳۶° ۳۵' و ارتفاع ۱۴۲۶ متر از سطح دریا در ساعت ۸ صبح برداشت شد.

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور و سه تکرار اجرا شد. فاکتور اول (پیش خشک کردن) شامل دو سطح پیش‌خشک کردن (قرار دادن برگ‌های تازه در معرض آفتاب به مدت ۳ ساعت و سپس اعمال تیمارهای خشک کردن) و خشک کردن بلافاصله پس از برداشت تحت تیمارهای مورد مطالعه بود. فاکتور دوم (روش خشک کردن) شامل آون خلاء در سه دمای ۳۵، ۴۵ و ۵۵ درجه سانتی‌گراد با فشار ۰/۵ بار، خشک کردن در سایه و شاهد (نمونه خشک نشده) بود. به منظور خشک کردن نمونه‌ها در آون خلاء، ۵۰۰ گرم از برگ‌های برداشت شده گیاه به‌لیمو به صورت لایه‌های نازکی در طبقات مختلف آون خلاء‌دار با فشار خلاء ۵۰۰ میلی‌بار تحت سه شرایط دمایی ۳۵، ۴۵ و ۵۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. در کلیه آزمایش‌ها دستگاه آون ۳۰ دقیقه قبل از شروع آزمایش روشن شده و پس از رسیدن دمای آون به دمای تنظیم شده، نمونه‌ها جهت انجام آزمایش داخل آون قرار گرفتند. جهت خشک کردن در سایه نیز ۵۰۰ گرم برگ‌های گیاه به‌لیمو در فضای اتاق با تهویه مناسب در دمای ۳ ± ۲۵ درجه سانتی‌گراد روی پارچه‌ای تمیز پهن و خشک شدند.



الکترونولت، روش یونیزاسیون EI و دمای منبع یونیزاسیون ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد و دارای ستونی از نوع BPX5 به طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت لایه فاز ساکن ۰/۲۵ میکرومتر مورد استفاده قرار گرفت. برنامه‌ریزی دمایی ستون به صورت ۲ دقیقه دمای ثابت ۵۰ و ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد، تغییر دمای بین ۱۳۰-۵۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت ۳ درجه در دقیقه، و ۲۷۰-۱۳۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت ۵ درجه بر دقیقه، ۳ دقیقه دمای ثابت ۲۷۰ درجه سانتی‌گراد و دمای محفظه تزریق ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد انجام شد. از گاز هلیوم به‌عنوان گاز حامل با سرعت جریان (فلو) ۱ میلی‌لیتر در دقیقه استفاده شد. برای شناسایی ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس، پس از تزریق ۱ میکرو لیتر نمونه رقیق شده اسانس به نسبت ۱:۱۰ بوسیله هگزان نرمال به دستگاه، کروماتوگرام به دست آمده و طیف‌های جرمی ترکیب‌های مختلف موجود در آن بررسی شد. شناسایی طیف‌ها به کمک بانک اطلاعات جرمی، زمان بازداری، محاسبه اندیس کوآتس، مطالعه طیف‌های جرمی هر یک از اجزای اسانس و بررسی الگوهای شکست آنها و مقایسه آنها با طیف‌های استاندارد موجود در کتابخانه کامپیوتری دستگاه و منابع معتبر صورت گرفت. درصد کمی هر ترکیب بر اساس سطح زیر منحنی و توسط برنامه کامپیوتری تعیین شد [۱۴، ۱۵].

تجزیه و تحلیل آماری

محاسبات آماری داده‌های حاصل از این آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن (Duncan) در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار اکسل (Excel) استفاده شد.

نتایج

مقدار رنگی‌های گیاهی

بر اساس اطلاعات ارائه شده در جدول شماره ۱، مقدار کلروفیل a، b و کل و همچنین میزان کارتنوئید در سطح ۵٪ تحت تاثیر عملیات پیش خشک کردن و در سطح ۱٪ تحت تاثیر روش خشک کردن قرار گرفته‌اند. اثر متقابل عملیات پیش

اشغال نماید. مدت زمان اسانس‌گیری از زمان جوشیدن و بر اساس آزمایش‌های اولیه، ۳ ساعت در نظر گرفته شد [۱۳].

از آنجایی که اسانس گیاه به‌لیمو بخش قابل توجهی از ترکیبات مؤثره این گیاه را شامل می‌شود، بنابراین برای اندازه‌گیری کیفی و کمی آن ابتدا اسانس گیاه به روش کلونجر استخراج شده و بازده آن در گیاه خشک شده بر حسب حجمی - وزنی (V/W) گزارش شده است.

آنالیز کیفی اسانس

به منظور شناسایی اجزای تشکیل‌دهنده اسانس و بررسی تغییرات آنها در روش‌های مختلف خشک کردن، دستگاه‌های گاز کروماتوگرافی متصل به طیف سنج جرمی و گاز کروماتوگرافی مورد استفاده قرار گرفتند.

مشخصات دستگاه گاز کروماتوگرافی (GC)

دستگاه گاز کروماتوگرافی استفاده شده از نوع Younglin Acme 6000 مجهز به دتکتور FID و با ستونی به طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت لایه ۰/۲۵ میکرومتر از نوع BP5 بود. برای شناسایی ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس، ۱ میکرو لیتر نمونه رقیق شده توسط هگزان نرمال به دستگاه GC تزریق شد. برنامه دمایی ستون به صورت دمای ابتدایی ۵۰ درجه سانتی‌گراد آون و توقف در این دما به مدت ۲ دقیقه، افزایش دما تا ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد با گرادیان حرارتی ۳ درجه سانتی‌گراد در هر دقیقه و نگهداری در دمای ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ دقیقه و در نهایت افزایش دما به ۲۷۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت ۵ درجه سانتی‌گراد در هر دقیقه و توقف در این دما به مدت ۳ دقیقه تنظیم شد. دمای اتاقک تزریق ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد بود و از گاز هلیوم به عنوان گاز حامل با سرعت جریان (فلو) ۱ میلی‌لیتر در دقیقه استفاده شد. دمای شناساگر FID ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد بود [۱۴، ۱۵].

مشخصات دستگاه گاز کروماتوگرافی متصل به طیف‌سنج

جرمی GC/MS

دستگاه گاز کروماتوگرافی Agilent 6890 مجهز به طیف نگار جرمی مدل Agilent 5973 با ولتاژ یونیزاسیون ۷۰



میزان اسانس

بر اساس اطلاعات ارائه شده در جدول شماره ۱، بازده اسانس در سطح ۱ درصد تحت تأثیر عملیات پیش خشک کردن و روش خشک کردن قرار گرفت، اما اثر متقابل آنها بر بازده اسانس معنی دار نبود (جدول شماره ۱). بیشترین میزان اسانس از نمونه‌های خشک شده توسط آون خلاء تحت دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد حاصل شد (شکل شماره ۱). اگرچه میزان اسانس در کلیه نمونه‌های خشک شده با انجام عملیات پیش خشک شدن بیشتر از نمونه‌های بدون عملیات پیش خشک بود اما این اختلاف معنی دار نبود. البته میزان اسانس در نمونه‌های خشک شده در سایه به طور معنی داری تحت تأثیر عملیات پیش خشک شدن قرار گرفت، به طوریکه عدم انجام عملیات پیش خشک کردن در آنها، سبب کاهش بازدهی اسانس شد. به طور کلی بیشترین میزان اسانس از نمونه‌های خشک شده تحت دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد حاصل شد و کمترین مقدار اسانس مربوط به نمونه‌های خشک شده در سایه و دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد بدون عملیات پیش خشک شدن بود.

خشک کردن و روش خشک کردن بر مقدار رنگیزه‌های گیاهی در سطح ۱ درصد معنی دار بود. در بررسی اثر متقابل روش خشک شدن و عملیات پیش خشک شدن (جدول شماره ۲)، بیشترین مقدار کلروفیل در نمونه‌های خشک شده توسط آون خلاء با دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد که عملیات پیش خشک کردن بر آنها انجام گرفته بود حاصل شد. عدم اعمال عملیات پیش خشک کردن بر روی نمونه‌های خشک شده در دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد منجر به کاهش معنی دار رنگیزه‌های گیاهی شده بود. در صورت خشک کردن نمونه‌ها در دماهای کمتر (دماهای ۳۵ و ۴۵)، عملیات پیش خشک کردن بر میزان رنگیزه‌های گیاهی تأثیر معنی داری نداشت، به طوری که در نمونه‌های خشک شده تحت دماهای ۳۵ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد، میزان رنگیزه‌های گیاهی در دو شرایط پیش خشک کردن و عدم انجام آن اختلاف معنی داری مشاهده نشد. نمونه خشک شده در سایه و نمونه برگ تازه از کمترین مقدار رنگیزه‌های گیاهی برخوردار بودند و عملیات پیش خشک کردن بر مقدار رنگیزه‌های نمونه‌های مذکور اثر معنی داری به همراه نداشت (جدول شماره ۲).

جدول شماره ۱- تجزیه واریانس اثر عملیات پیش خشک و روش خشک کردن بر میزان رنگیزه‌های گیاهی و اسانس گیاه دارویی به لیمو

C.V.	اثر متقابل عملیات		روش خشک کردن	عملیات پیش خشک کردن	منابع تغییرات
	خطای آزمایشی	پیش خشک و روش خشک کردن			
	۲۰	۴	۴	۱	درجه آزادی
۲۳/۵۱۹	۳/۵۳۴	۳۱/۱۳۶**	۴۳۷/۱۶۲**	۱۷/۲۴۴*	کلروفیل a
۱۰/۷۶۱	۱/۱۰۵	۱۱/۱۴۲**	۹۰/۱۰۷**	۸/۶۱۹*	کلروفیل b
۳۴/۲۸	۷/۷۶۲	۷۹/۳۱۹**	۹۲۲/۲۷۹**	۵۰/۲۴۵*	کلروفیل کل میانگین مربعات
۱۲/۵۱۴	۱/۳۳۸	۱۳/۲۶۷**	۸۸/۴۶۸**	۷/۵۴۵*	کارتنوئید
۰/۵۴۶۰	۰/۰۰۵۸	۰/۰۱۰۴ ^{NS}	۰/۰۹۸۵**	۰/۰۷۱۱**	مقدار اسانس

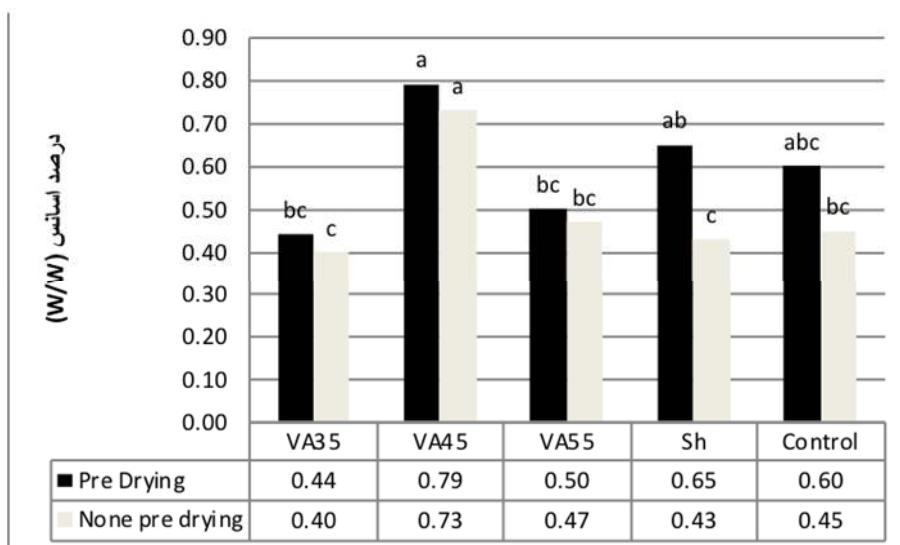
***، **، * NS به ترتیب معنی دار در سطح ۱ درصد، ۵ درصد و غیر معنی دار



جدول شماره ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل عملیات پیش خشک و روش خشک کردن بر رنگیزه‌های گیاه به‌لیمو

عملیات پیش خشک	روش خشک کردن	کلروفیل a (mg/g)	کلروفیل b (mg/g)	کلروفیل کل (mg/g)	کارتونید (mg/g)
پیش خشک شده	آون خلاء ۳۵°C	۳۰/۹۸ ^{abc}	۱۳/۸۲ ^b	۴۴/۸۰ ^b	۱۵/۸۰ ^{ab}
	آون خلاء ۴۵°C	۲۵/۷۷ ^c	۱۲/۰۰ ^b	۳۷/۷۷ ^b	۱۳/۹۲ ^b
	آون خلاء ۵۵°C	۳۶/۴ ^a	۱۷/۸۴ ^a	۵۴/۲۴ ^a	۱۹/۰۸ ^a
	سایه خشک	۱۴/۳۸ ^d	۶/۴۸ ^c	۲۰/۸۵ ^c	۸/۷۴ ^d
	بدون خشک کردن	۱۳/۸۵ ^d	۶/۳۶ ^c	۲۰/۲۱ ^c	۷/۵۴ ^d
بدون پیش خشک شدن	آون خلاء ۳۵°C	۳۱/۲۹ ^{ab}	۱۳/۶۷ ^b	۴۴/۹۶ ^b	۱۶/۹ ^{ab}
	آون خلاء ۴۵°C	۲۵/۸۳ ^c	۱۱/۴۷ ^b	۳۷/۳۰ ^b	۱۳/۵۴ ^b
	آون خلاء ۵۵°C	۲۶/۸۲ ^{bc}	۱۱/۹۹ ^b	۳۸/۸۱ ^b	۱۲/۸۳ ^{bc}
	سایه خشک	۱۵/۹۹ ^d	۷/۴۴ ^c	۲۳/۴۳ ^c	۹/۶۸ ^{cd}
	بدون خشک کردن	۱۳/۸۸ ^d	۶/۵۵ ^c	۲۰/۴۳ ^c	۷/۹۲ ^d

وجود حروف متفاوت در ستون‌های جدول نشان‌دهنده اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ می‌باشد.



شکل شماره ۱- اثر متقابل عملیات پیش خشک کردن و روش خشک کردن بر درصد اسانس گیاه دارویی به‌لیمو.

VA35، VA45 و VA55: به ترتیب آون خلاء در دمای ۳۵، ۴۵ و ۵۵ درجه سانتی‌گراد، Sh: خشک کردن در سایه، Control: عدم خشک کردن یا شاهد.

وجود حروف متفاوت در ستون‌های جدول نشان‌دهنده اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ می‌باشد.

ارزیابی کیفی اسانس

بررسی گروه‌های ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس گیاه

دارویی به‌لیمو تحت شرایط مختلف خشک شدن

بر اساس نتایج حاصل از آزمایش ارائه شده در جدول شماره ۳، عملیات پیش خشک کردن فقط میزان سزکوئی‌ترین سزکوئی‌ترین‌های هیدروکربنه را در سطح ۱٪ تحت تأثیر قرار



تحت دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد و سزکوئی‌ترین‌های اکسیژن اکسیژن‌دار از گیاهان خشک شده در سایه و خشک نشده با عملیات پیش خشک کردن و بدون آن بازیابی شد. استفاده از دماهای ۳۵ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد منجر به بازیابی کمترین مقدار مونوترپن‌های هیدروکربنه شد و نمونه‌های خشک شده در سایه از کمترین مقدار مونوترپن‌های اکسیژن‌دار و سزکوئی سزکوئی‌ترین بر خوردار بودند. حداقل مقدار سزکوئی‌ترین‌های اکسیژن‌دار تحت تاثیر خشک شدن در دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد بدون انجام عملیات پیش خشک شدن به دست آمد.

کردن و عملیات پیش خشک کردن بر میزان مونوترپن‌های هیدروکربنه، مونوترپن‌های اکسیژن‌دار و سزکوئی‌ترین‌ها در سطح ۱ درصد تاثیر معنی‌دار داشت ولی بر سزکوئی‌ترین‌های اکسیژن‌دار اثر معنی‌داری مشاهده نشد (جدول شماره ۳).

بر اساس اطلاعات ارائه شده در جدول شماره ۴ بیشترین درصد مونوترپن‌های هیدروکربنه و مونوترپن‌های اکسیژن‌دار از گیاهان خشک شده توسط آون خلاء با دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد حاصل شد، در حالی که بیشترین میزان سزکوئی‌ترین‌ها از نمونه‌های پیش خشک شده و سپس خشک شده

جدول شماره ۳- تجزیه واریانس عملیات پیش خشک و روش خشک کردن بر گروه‌های تریپنی اسانس گیاه دارویی به‌لیمو

C.V.	خطای آزمایشی	اثر متقابل عملیات	روش خشک	عملیات پیش	منابع تغییرات
		پیش خشک و روش خشک کردن	کردن	خشک	
	۲۰	۴	۴	۱	درجه آزادی
۱۴/۴۴۳	۰/۵۵۹۳	۲/۵۶۰۲**	۹/۹۴۷۱**	۱/۴۹۱۹ ^{ns}	مونوترپن‌های هیدروکربنی (%)
۲۴/۳۰۵	۳/۴۸۱	۲۳/۴۱۵**	۱۷/۰۸۸**	۱۰/۹۸۱ ^{ns}	مونوترپن‌های اکسیژن‌دار (%)
۸/۱۸۳	۰/۴۹۱۵	۱۵/۲۴۷۲**	۷۰/۴۴۱۸**	۱۱/۲۷۳۱**	سزکوئی‌ترین‌های هیدروکربنی (%)
۹/۲۹۱	۰/۶۲۸۷	۰/۴۶۳۰ ^{ns}	۴۸/۶۲۸۶**	۰/۰۵۰۴ ^{ns}	سزکوئی‌ترین‌های اکسیژن‌دار (%)

**، *، ns به ترتیب معنی‌دار در سطح ۱ درصد، ۵ درصد و غیر معنی‌دار

جدول شماره ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل عملیات پیش خشک کردن و روش خشک کردن بر گروه‌های تریپنی اسانس به‌لیمو

سزکوئی‌ترین‌های اکسیژن‌دار (%)	سزکوئی‌ترین‌های هیدروکربن (%)	مونوترپن‌های اکسیژن‌دار (%)	مونوترپن‌های هیدروکربن (%)	روش خشک شدن	عملیات پیش خشک
۸/۰۶ ^{bc}	۱۱/۹۳ ^a	۵۵/۲۳ ^{abc}	۱۳/۲۳ ^c	آون خلاء ۳۵°C	پیش خشک شده
۷/۸ ^{bc}	۱۱/۵۴ ^{ab}	۵۷/۴۲ ^{ab}	۱۳/۳۹ ^c	آون خلاء ۴۵°C	
۵/۹۷ ^c	۹/۵۸ ^{bc}	۵۸/۴۴ ^a	۱۶/۹ ^a	آون خلاء ۵۵°C	
۱۲/۲۱ ^a	۲/۴ ^e	۵۰/۹۸ ^c	۱۳/۷۹ ^{bc}	سایه خشک	
۱۲/۱۲ ^a	۲/۵ ^e	۵۱/۷۳ ^c	۱۳/۵۸ ^{bc}	بدون خشک کردن	
۷/۷۷ ^{bc}	۱۰/۴۸ ^{abc}	۵۳/۳۷ ^{abc}	۱۵/۶۷ ^{ab}	آون خلاء ۳۵°C	بدون پیش خشک شدن
۸/۴۹ ^b	۱۱/۱۱ ^{ab}	۵۳/۰۴ ^{bc}	۱۳/۴۲ ^c	آون خلاء ۴۵°C	
۵/۸۲ ^c	۸/۷۴ ^c	۵۳/۸۳ ^{abc}	۱۶/۲۷ ^a	آون خلاء ۵۵°C	
۱۲/۸۷ ^a	۵/۰۹ ^d	۵۱/۵۲ ^c	۱۳/۱۵ ^c	سایه خشک	
۱۱/۷۱ ^a	۸/۵۶ ^c	۵۶/۷۴ ^{abc}	۱۴/۸۲ ^{abc}	بدون خشک کردن	

وجود حروف متفاوت در ستون‌های جدول نشان‌دهنده اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ می‌باشد.



عملیات پیش خشک شدن منجر به تغییر معنی‌داری در میزان لیمونین نشد. خشک کردن در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد منجر به بازیابی بیشترین مقدار نرال شد. گرچه در این شرایط نمونه نمونه‌های پیش خشک نشده از مقادیر کمتری از این ترکیب برخوردار بودند اما این اختلاف معنی‌دار نبود. افزایش دمای خشک کردن منجر به کاهش معنی‌دار این ترکیب شد که اثر کاهشی در نمونه‌های پیش خشک شده بیشتر از نمونه‌های پیش‌خشک نشده بود. در نمونه‌های سایه خشک و خشک نشده کمترین مقدار ترکیب نرال بازیابی شد. با توجه به نتایج آزمایش بیشترین مقدار ژرانئال از گیاهان خشک شده توسط آون خلاء با دماهای ۴۵ و ۵۵ درجه سانتی‌گراد پیش خشک شده حاصل شد و کمترین آن در اثر خشک شدن تحت دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد بدون انجام عملیات پیش خشک شدن حاصل شد. عملیات پیش خشک کردن در اغلب روش‌های خشک شدن اثر مثبت داشته اما در نمونه‌های خشک نشده منجر به کاهش ژرانئال گردید، اما این کاهش معنی‌دار نبود. بیشترین مقدار کاربوفیلین اکسید از گیاهان خشک شده در

بررسی تغییرات ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس گیاه دارویی به‌لیمو تحت شرایط مختلف خشک شدن

بر اساس اطلاعات موجود در جدول شماره ۵ ژرانئال در سطح ۱ درصد و مقدار لیمونین در سطح ۵ درصد تحت تاثیر عملیات پیش‌خشک کردن قرار گرفتند در حالی که بر سایر ترکیبات نظیر نرال اثر معنی‌داری مشاهده نشد. شرایط خشک کردن کلیه ترکیبات مذکور غیر از لیمونین را در سطح ۱ درصد تحت تاثیر قرار داد و اثر متقابل این دو عامل بر لیمونین و نرال در سطح ۱٪ و کیورکیومن آر در سطح ۵ درصد تاثیرگذار بود. با توجه به جدول شماره ۶ بیشترین و کمترین میزان لیمونین به ترتیب از گیاهان خشک شده در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد همراه با عملیات پیش خشک شدن و دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد همراه با عملیات پیش خشک شدن حاصل شد. مقدار ترکیب لیمونین گیاهان خشک شده در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد پس از اعمال عملیات پیش خشک کردن به طور معنی‌دار افزایش یافت، در حالی که برای نمونه‌های خشک شده تحت دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد نتایج عکس حاصل شد. در نمونه‌های خشک شده در سایه و کنترل (تازه)

جدول شماره ۵- تجزیه واریانس عملیات پیش‌خشک و روش خشک کردن بر ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس گیاه دارویی به‌لیمو

C.V.	خطای آزمایشی	اثر متقابل		عملیات پیش خشک کردن	منابع تغییرات	درجه آزادی
		عملیات پیش خشک و روش خشک کردن	روش خشک کردن			
	۲۰	۴	۴	۱		
۱۰/۶۲۹	۰/۵۳۰۵	۵/۵۰۹۹**	۱/۵۶۹۹*	۴/۰۸۴۸*	لیمونین (%)	
۲۲/۷۷۳	۱/۲۷۳	۹/۰۷۶**	۱۰۹/۹۳۵**	۰/۸۷۷ ^{ns}	نرال (%)	
۲۶/۳۰۲	۱/۷۷۲	۳/۸۷۹ ^{ns}	۴۳/۵۸۹۱**	۲۰/۴۶۸۳**	ژرانئال (%)	
۴/۰۰۳	۰/۲۱۸۶	۰/۳۵۰۱ ^{ns}	۱۲/۱۷۵۹**	۰/۲۱۳۴ ^{ns}	۱،۸ سینئول (%)	میانگین مربعات
۴/۹۸۴۰	۰/۲۸۲۹	۱/۱۹۳۲*	۶/۲۰۷۸**	۱/۱۷۶۱ ^{ns}	کورکومن آر (%)	
۳/۸۲۴۰	۰/۲۰۸۷	۰/۱۸۳۶ ^{ns}	۴/۱۴۱۸**	۰/۸۸۷۵ ^{ns}	اسپاتولنول (%)	
۳/۹۱۰۷	۰/۱۴۷۹	۰/۰۸۹۷ ^{ns}	۱۱/۷۹۹۱**	۰/۱۴۱۵ ^{ns}	کاربوفیلین اکسید (%)	

***، *، ** ns به ترتیب معنی‌دار در سطح ۱ درصد، ۵ درصد و غیر معنی‌دار



جدول شماره ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل عملیات پیش خشک و روش خشک کردن بر مهم‌ترین ترکیبات تشکیل دهنده اسانس گیاه دارویی به‌لیمو

عملیات پیش خشک کردن	روش خشک کردن	لیمونن (%)	نزال (%)	ژرانیال (%)	کورکومن آر (%)	اسپاتولنول (%)	کاربوفیلن اکسید (%)
پیش خشک شده	آون خلاء ۳۵°C	۱۲/۲ ^a	۳۱/۶۷ ^a	۲۳/۲۵ ^{bc}	۴/۶۳ ^{b-e}	۴/۸ ^a	۳/۰۷ ^b
	آون خلاء ۴۵°C	۸/۹۵ ^c	۲۰/۶۷ ^c	۲۹/۳۶ ^a	۴/۲۹ ^{cde}	۳/۱۷ ^{bcd}	۲/۹۳ ^b
	آون خلاء ۵۵°C	۱۱/۷۲ ^a	۲۱/۶۵ ^{bc}	۲۹/۴۷ ^a	۳/۶۵ ^{de}	۲/۳۹ ^d	۲/۳۱ ^b
	سایه خشک	۱۱/۰۶ ^{ab}	۱۹/۰۱ ^c	۲۶/۷۸ ^{ab}	۵/۶۸ ^{abc}	۳/۹۵ ^{abc}	۵/۴۵ ^a
	بدون خشک کردن	۱۰/۹۶ ^{ab}	۱۹/۵۱ ^c	۲۶/۳۶ ^{ab}	۵/۶۱ ^{abc}	۳/۹۰ ^{abc}	۵/۵۲ ^a
بدون پیش خشک شدن	آون خلاء ۳۵°C	۹/۲۳ ^{bc}	۲۸/۴۳ ^a	۲۰/۰۷ ^c	۶/۱۳ ^{ab}	۵/۰۱ ^a	۳/۱۶ ^b
	آون خلاء ۴۵°C	۱۰/۶۷ ^{abc}	۲۴/۳۳ ^b	۲۶/۴۷ ^{ab}	۴/۹۷ ^{b-d}	۳/۹۷ ^{abc}	۳/۱ ^b
	آون خلاء ۵۵°C	۹/۳۷ ^{bc}	۲۲/۴۴ ^{bc}	۲۷/۲۷ ^a	۳/۱۹ ^e	۲/۸۷ ^{cd}	۲/۸۲ ^b
	سایه خشک	۱۰/۷۸ ^{abc}	۱۹/۴۹ ^c	۲۶/۲ ^{ab}	۶/۵۲ ^a	۴/۳۳ ^{ab}	۵/۵۴ ^a
	بدون خشک کردن	۱۱/۲۵ ^{ab}	۲۰/۰۳ ^c	۲۷/۳۷ ^a	۵/۱ ^{a-d}	۳/۸ ^{abc}	۵/۲۸ ^a

وجود حروف متفاوت در ستون‌های جدول نشان‌دهنده اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ می‌باشد.

تاثیر گرما و مدت زمان تیمار گرمایی قرار می‌گیرد [۱۶]. در این تحقیق بر خلاف نظر مادهاوا و همکاران دمای بالای خشک شدن (۵۵ درجه سانتی‌گراد) منجر به بازیابی بیشترین مقدار کلروفیل شد که با نتایج حاصله با تحقیق انجام شده بر گیاه نعنا توسط اوربیه و همکاران (۲۰۱۶) مطابقت دارد [۸]. از دلایل این امر می‌توان به کوتاه شدن زمان خشک شدن، فقدان اکسیژن و نور در زمان خشک شدن اشاره نمود. از نکات حائز اهمیت می‌توان به جایگزینی منیزیم توسط هیدروژن در مولکول کلروفیل و تبدیل آن به فتوفیتین اشاره کرد، که شاید علت کاهش کلروفیل در دماهای کمتر و خشک شدن در سایه را بتوان به این واکنش منتسب دانست. از آنجایی‌که بسیاری از واکنش‌های شیمیایی در محیط آبی انجام می‌گیرد، تیمارهای پیش‌خشک بویژه در دماهای بالا منجر به کاهش رطوبت و در نتیجه کاهش واکنش فوق شده و به این ترتیب عملیات پیش خشک کردن مانع تجزیه کلروفیل می‌شود [۸].

فرایند خشک کردن بر درصد و اجزای اسانس تاثیر قابل توجهی دارد و این تاثیر بر اساس دمای خشک کردن، طول مدت زمان خشک کردن و گونه گیاهی متفاوت است [۹]. نتایج این آزمایش نشان‌دهنده بیشترین بازدهی اسانس از گیاهان خشک شده تحت دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد آون خلاء بعد از عملیات پیش خشک کردن می‌باشد. نتایج حاصله از این

سایه و نمونه‌های کنترل حاصل شد. عملیات پیش خشک کردن در کلیه تیمارها به جز نمونه شاهد منجر به افزایش این ترکیب شد، اما مقدار افزایش معنی‌دار نبود. بیشترین و کمترین مقدار کیورکومن به ترتیب از نمونه‌های سایه خشک و خشک شده تحت دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد بدون اعمال عملیات پیش خشک شدن حاصل شد. در کلیه نمونه‌ها غیر از نمونه‌های شاهد، عملیات پیش خشک کردن منجر به کاهش این ترکیب شد، که در نمونه‌های خشک شده در دماهای بالاتر این اثر کاهشی کمتر شد.

بیشترین و کمترین میزان اسپاتولنول به ترتیب از نمونه‌های خشک شده در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد پیش خشک نشده و دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد به همراه عملیات پیش خشک کردن حاصل شد. عملیات پیش خشک کردن غیر از نمونه‌های شاهد منجر به کاهش این ترکیب شد، که مقدار کاهش معنی‌دار نبود.

بحث

با توجه به استفاده مستقیم برخی گیاهان خشک شده توسط مصرف‌کنندگان و اهمیت رنگ نمونه‌های خشک شده میزان رنگ‌بندی‌های گیاهی نیز از اهمیت خاصی برخوردار است. در تحقیق انجام شده توسط مادهاوا و همکاران (۲۰۱۶) مشخص شد، کلروفیل به گرما حساس بوده و بازیابی آن تحت



زمان قرار گرفتن گیاه در این حالت می‌تواند به حفظ این ترکیبات کمک نماید. عملیات پیش خشک کردن تنها بر گیاهان خشک شده در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد اثر معنی‌دار داشت، که دلیل آن را می‌توان بدین شکل عنوان نمود که عملیات پیش‌خشک کردن ممکن است با کاهش رطوبت گیاه سبب تغییراتی در ترکیبات مونو پنی هیدروکربنه شود، که قرار گرفتن بیشتر در معرض خلاء سبب تغییرات بیشتری در ترکیبات حاصله می‌شود. کاهش مقدار مونوترپن‌های هیدروکربنه در اثر عملیات پیش‌خشک کردن با یافته‌های دهقان و همکاران (۲۰۱۸) مطابقت دارد [۱۰]. به طور کلی در اجزای اسانس گیاهان مختلف طی فرآیند خشک شدن بسته به عوامل مختلف شامل روش خشک کردن، گونه گیاهی، فراریت و ساختار شیمیایی ترکیبات تغییراتی رخ می‌دهد. از دیگر دلایل بروز اختلاف در اجزای اسانس می‌توان به تغییر در نفوذپذیری غشاء و سنتز ترکیبات جدید و ذخیره در سلول اشاره کرد. به عنوان مثال فرآیند خشک شدن تبدیل مونوترپن‌های هیدوکربنه را به مونوترپن‌های اکسیژنه تسهیل می‌نماید که می‌توان دلیل بیشتر بودن این ترکیبات در نمونه‌های خشک شده را بدین شکل توجیه نمود [۱۱].

نتیجه‌گیری

یافته‌های این تحقیق نشان داد بیشترین میزان کلروفیل، کارتوتوئید، اسانس و اجزای آن با انجام عملیات پیش‌خشک کردن حاصل شده است. همچنین تأثیر عملیات پیش‌خشک کردن در دماهای بالا بیشتر بوده است. به‌رحال بیشترین مقدار اسانس در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد آون خلاء حاصل شده است و دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد آون خلاء جهت حفظ رنگیزه‌های گیاهی (حفظ رنگ) مناسب بوده است.

تحقیق مبنی بر نتیجه مناسب استفاده از دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد آون خلاء نسبت به خشک کردن در سایه و نمونه نمونه‌های تازه با نتایج حاصله از تحقیقات صورت گرفته بر گیاهان مختلف شامل به‌لیمو [۳]، نعنا فلفلی [۸]، بادرنجوبیه دنایی [۱۱]، مرزه بختیاری [۱۷] مطابقت دارد و با نتایج حاصله از تحقیقات در گیاهان مختلف شامل *Mentha pulegium* L. [۱۸] و گشنیز [۱۹] مغایرت دارد. البته در تحقیق انجام شده بر گیاه *Mentha pulegium* L. از دماهای پایین آون خلاء استفاده شده است و احتمال نتایج متناقض به این مسأله بر می‌گردد. از دلایل کاهش اسانس در نمونه‌های خشک شده در دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد می‌توان به فرار بودن اسانس، واکنش‌های اکسیداسیون در طول فرآیند خشک شدن، تجزیه تحت تأثیر گرما و خروج اسانس همراه با خروج آب در حین فرآیند خشک شدن اشاره نمود [۱۱].

یافته‌های این تحقیق دلالت بر بیشتر بودن مقادیر اسانس در نمونه‌های پیش‌خشک شده دارد که در برخی شرایط مانند خشک کردن در سایه معنی‌دار و در سایر تیمارها اختلاف غیرمعنی‌دار می‌باشد. به طور کلی افزایش دمای آون خلاء منجر به کاهش اختلاف اسانس در نمونه‌های پیش‌خشک شده و بدون انجام پیش‌خشک شدن می‌شود، به طوری که در نمونه‌های سایه خشک این اختلاف معنی‌دار و در نمونه‌های خشک شده تحت دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد معنی‌دار نبوده و اختلاف بسیار ناچیز است. این یافته با یافته‌های حاصله از تحقیق انجام شده توسط دهقان و همکاران (۲۰۱۸) مطابقت دارد [۱۰]، اما از نظر دمای خشک کردن این توافق وجود ندارد که اختلاف آن را می‌توان به متفاوت بودن گونه‌های گیاهی منتسب دانست [۳، ۹].

بازیابی بیشتر مونوترپن‌ها تحت تأثیر دمای بالای آون خلاء را می‌توان به مدت زمان کمتر تماس گیاه با شرایط خلاء منتسب دانست. با توجه به اینکه فقدان هوا منجر به برخی واکنش‌های شیمیایی در گیاهان می‌شود بنابراین کاهش مدت

منابع

1. Bahramsoltani R, Rostamiasrabadi P, Shahpiri Z, Marques AM, Rahimi R and Farzaei MH. *Aloysia citrodora* Palau (Lemon verbena): A

review of phytochemistry and pharmacology. *J. Ethnopharmacol.* 2018; 222: 34-51.



2. Hanson A, Joubert E, De Beer, Dalene M, Witthuhn CJ. and Corli R. Phenylethanoid glycosides as major antioxidants in *Lippia multiflora* herbal infusion and their stability during steam pasteurisation of plant material. *Food Chem.* 2011; 127 (2): 581-588.
3. Soodmand-Moghadam S, Sharifi M and Zareiforush H. Investigation of fuel consumption and essential oil content in drying process of lemon verbena leaves using a continuous flow dryer equipped with a solar pre-heating system. *J. Cleaner Prod.* 2019; 233: 1133-1145.
4. Dehghani Mashkani MR, Naghdi Badi HA, Larijani K, Mehrafarin A. Changes in the amount and composition of *Thymus daenensis* Celak. Under the influence of pretreatment and different storage conditions. *J. Med. Plants* 2018; 64 (4): 49-65.
5. Argyropoulos D and Muller J. Changes of essential oil content and composition during convective drying of lemon balm (*Melissa officinalis* L.). *Ind. Crop. Prod.* 2014; 52: 118-124.
6. Scaman CH, Durance TD, Drummond L and Sun D-W. Combined Microwave Vacuum Drying. In: Sun DW, editor. *Emerging Technologies for Food Processing*. San Diego: Academic Press. 2014, pp: 427-445.
7. Argyropoulos D and Muller J. Effect of convective-, vacuum- and freeze drying on sorption behaviour and bioactive compounds of lemon balm (*Melissa officinalis* L.). *J. Appl. Res. Med. Aromat. Plants.* 2014; 1 (2): 59-69.
8. Uribe E, Marín D, Vega-Galvez A, Quispe-Fuentes I and Rodríguez A. Assessment of vacuum-dried peppermint (*Mentha piperita* L.) as a source of natural antioxidants. *Food Chem.* 2016; 190: 559-565.
9. Calin-Sanchez A, Figiel A, Lech K, Szumny A, Martinez TJ and Carbonell-Barrachina AA. Drying methods affect the aroma of *Origanum majorana* L. analyzed by GC-MS and descriptive sensory analysis. *Ind. Crop. Prod.* 2015; 74: 218-227.
10. Dehghani Mashkani MR, Larijani K, Mehrafarin A and Naghdi Badi H. Changes in the essential oil content and composition of *Thymus daenensis* Celak. under different drying methods. *Ind. Crop. Prod.* 2018; 112: 389-395.
11. Samadi L, Larijani K, Naghdi Badi HA and Mehrafarin A. Quality and quantity variation of the essential oils of *Deracocephalum kotschyi* Boiss, as affected by different drying methods. *J. Food Process. Preserv.* 2018; 42 (11) : 1-12.
12. Arnon AN. Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy J.* 1967; 23: 112-121.
13. European Pharmacopeia. Council of Europe, Strasburg. 5th ed, 2005, 2: pp: 2888.
14. Adams RP. Identification of essential oil components by gas chromatography/ mass spectrometry. 2001; Allured Publishing Corporation Carol Stream, IL.
15. McLafferty FW and Stauffer DB. The Wiley/Nbs registry of mass spectral data. Wiley. New York. 1989.
16. Madhava Naidu M, Vedashree M, Satapathy P, Khanum H, Ramsamy R and Hebbar HU. Effect of drying methods on the quality characteristics of dill (*Anethum graveolens*) greens. *Food Chem.* 2016; 192: 849-856.
17. Ghasemi Pirbalouti A, Oraie M, Pouriamehr M and Babadi ES. Effects of drying methods on qualitative and quantitative of the essential oil of Bakhtiari savory (*Satureja bachtiarica* Bunge.). *Ind. Crop. Prod.* 2013; 46: 324-327.
18. Ahmed A, Ayoub K, Chaima AJ, Hanaa L and Abdelaziz C. Effect of drying methods on yield, chemical composition and bioactivities of essential oil obtained from Moroccan *Mentha pulegium* L. *Biocatalys. Agricult. Biotech.* 2018; 16: 638-643.
19. Ghasemi Pirbalouti A, Salehi S and Craker L. Effect of drying methods on qualitative and quantitative properties of essential oil from the aerial parts of coriander. *J. Appl. Res. Med. Aromat. Plants.* 2017; 4: 35-40.

