Archive of SID

دوماهنامه علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران
جلد ۳۲، شماره ۱، صفحه ۱۷۳- ۱۶۱ (۱۳۹۵)

بررسی تأثیر سرعت جریان هوا و شدت تابش مادون قرمز بر مؤلفه‌های خشک کردن گیاه دارویی به‌لیمو (*Lippia citriodora* Kunth.)

محمدتقی عبادی[۱]، فاطمه سفیدکن[۲]، مجید عزیزی[۳] و نوراله احمدی[۴*]

۱- دانشجوی دکترای علوم باغبانی، گرایش گیاهان دارویی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۲- استاد، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۳- استاد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

۴*- نویسنده مسئول، استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران، پست الکترونیک: ahmadin@modares.ac.ir

تاریخ دریافت: مهر ۱۳۹۳ تاریخ اصلاح نهایی: دی ۱۳۹۳ تاریخ پذیرش: دی ۱۳۹۳

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر سرعت جریان هوا و شدت تابش مادون قرمز بر زمان خشک کردن، درصد و اجزای اسانس گیاه دارویی به‌لیمو (*Lippia citriodora* Kunth.)، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا شد. سرعت جریان هوا در سه سطح (۰/۵، ۱ و ۱/۵ متر بر ثانیه) و سه سطح شدت تابش مادون قرمز ۰/۲، ۰/۳ و ۰/۵ وات بر سانتی‌متر مربع در این آزمایش مورد بررسی قرار گرفتند. پس از خشک شدن نمونه‌ها و استخراج اسانس به روش تقطیر با آب، به کمک دستگاه‌های GC و GC/MS ترکیب‌های اسانس‌ها مورد تجزیه و شناسایی قرار گرفتند. نتایج نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار تیمارها بر زمان خشک شدن و میزان اسانس برگ‌های به‌لیمو بود. با کاهش سرعت جریان هوا و افزایش میزان شدت تابش مادون قرمز، زمان خشک شدن نمونه‌ها کاهش یافت، به‌طوری که کمترین مدت زمان خشک کردن (۳۵ دقیقه) مربوط به تیمار سرعت جریان هوای ۰/۵ (m/s) و شدت تابش ۰/۵ (W/cm^2) بود و بیشترین زمان (۶۵ دقیقه) به تیمار سرعت جریان هوا ۱/۵ (m/s) و شدت تابش ۰/۳ (W/cm^2) تعلق داشت. افزایش شدت تابش مادون قرمز در تمامی سرعت‌های جریان هوا سبب افزایش درصد اسانس شد، به‌طوری که بیشترین میزان اسانس (۱/۱٪) در تیمار استفاده از سرعت جریان هوا ۱ و ۱/۵ (m/s) همراه با استفاده از شدت تابش ۰/۵ (W/cm^2) بدست آمد. بررسی اجزای اسانس نشان داد که بیشترین میزان مونوترپن‌های اکسیژن‌دار (۷۳/۳٪) به‌خصوص سیترال (۶۱/۳٪) در اسانس نمونه‌های خشک شده با سرعت جریان هوای ۰/۵ (m/s) همراه با تابش مادون قرمز ۰/۲ (W/cm^2) وجود داشت. با توجه به نتایج این تحقیق، می‌توان بیان کرد که کاربرد تابش مادون قرمز در خشک‌کن‌های متداول ضمن کاهش زمان خشک کردن، سبب حفظ کمّیت و کیفیت اسانس گیاه دارویی به‌لیمو خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: به‌لیمو (*Lippia citriodora* Kunth.)، خشک کردن، تابش مادون قرمز، اسانس، سیترال.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

جنس *Lippia* با دارا بودن بیش از ۲۰۰ گونه علفی، بوته‌ای و درختچه‌ای، عمدتاً در آمریکای مرکزی و جنوبی و همچنین در مناطقی از قاره آفریقا پراکنش دارد (Pascual *et al*., 2001). تنها گونه موجود از این جنس در ایران *Lippia citriodora* Kunth. است که نام‌های به‌لیمو، لویزه و ورون به آن اطلاق می‌گردد و دارای برگ‌های کشیده، باریک و به رنگ سبز روشن است و بسیار معطر می‌باشد (Amin, 2005؛ Mozaffarian, 2010). این گیاه دارویی در طب سنتی ایران به‌عنوان آرام‌بخش، ضدتشنج و همچنین برطرف‌کننده تپش قلب کاربرد دارد (Amin, 2005). به‌لیمو دارای قدمت زیادی در درمان بی‌خوابی و اضطراب است (Carnat *et al*., 1999). همچنین این گیاه برای درمان مشکلات دستگاه گوارش و تنفسی نیز در کشورهای آمریکای مرکزی استفاده می‌شود (Pascual *et al*., 2001).

به‌طور کلی خشک کردن عبارت است از: کاهش محتوای رطوبتی محصول که در پی آن از فعالیت آنزیمی و میکروبی کاسته شده و عمر انباری محصول افزایش می‌یابد. علاوه‌بر این، خشک کردن منجر به کاهش وزن و حجم محصول شده که انبارداری و حمل و نقل آن را بهبود می‌بخشد (Nadjafi *et al*., 2012). نتایج آزمایش‌های متعددی در رابطه با تأثیر خشک کردن بر میزان و اجزای مواد مؤثره گیاهان دارویی و معطر بیانگر این نکته بوده‌است که همواره روش مناسب خشک کردن با توجه به نوع ماده مؤثره و نوع بافت گیاهی محل ذخیره‌سازی آن باید انتخاب شود و برای رسیدن به این هدف، بهره‌گیری از روش‌های جدید و مقایسه آنها با روش‌های متداول خشک کردن کمک بسزایی می‌کند (Ahmadi *et al*., 2008؛ Azizi *et al*., 2009؛ Omidbaigi *et al*., 2004؛ Sefidkon *et al*., 2006). روش‌های سنتی و قدیمی مانند خشک کردن طبیعی (خشک کردن در سایه یا آفتاب) و خشک کردن با هوای گرم به‌دلیل استفاده از حداقل امکانات و دستگاه‌های ارزان‌قیمت، هنوز هم از مهمترین روش‌های مورد استفاده در تولید ماده گیاهی خشک هستند (Ebadi *et al*., 2011). ولی در سال‌های اخیر روش‌های جدید خشک کردن جایگزین روش‌های سنتی و قدیمی شده‌اند که برخی از آنها عبارتند از: خشک کردن انجمادی، خشک کردن به‌وسیله میکروویو، خشک کردن به‌وسیله تابش مادون قرمز و خشک کردن تحت خلأ (Nadjafi *et al*., 2012).

استفاده از خشک‌کن‌های مادون قرمز در سال‌های اخیر رونق زیادی داشته و به‌دلیل هزینه پایین و تجهیزات ساده و ارزان‌قیمت آن، در کشورهای در حال توسعه بیشتر مورد توجه قرار گرفته است (Mujumdar, 2006). برخی از مهمترین مزیت‌های خشک کردن به‌وسیله تابش مادون قرمز عبارتند از: کاهش زمان خشک شدن، کارایی مصرف انرژی بالا، کیفیت خوب محصولات خشک شده و گرم کردن یکنواخت گیاهان (Hamrouni Sellami *et al*., 2011). Pääkkönen و همکاران (۱۹۹۹) گزارش کردند که نمونه‌های نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) و جعفری (*Petroselinum crispum* L.) خشک‌شده به‌وسیله خشک‌کن مادون قرمز در مقایسه با خشک‌کن هوای گرم دارای درصد اسانس بالاتری بودند و اجزای اصلی آنها بهتر حفظ شده بود. Hamrouni Sellami و همکاران (۲۰۱۱) مشاهده کردند که نمونه‌های برگ‌بو (*Laurus nobilis* L.) خشک‌شده توسط تابش مادون قرمز در مقایسه با نمونه‌های خشک شده توسط آون و میکروویو درصد اسانس بالاتری داشتند و بیشترین میزان ترکیب ۸،۱-سینئول نیز در این روش محاسبه شد. استفاده از خشک‌کن مادون قرمز برای خشک کردن نمونه‌های سیر (*Allium sativum* L.) و هویج (*Daucus carota* L.) در مقایسه با خشک‌کن میکروویو و هوای گرم در برخی صفات کیفی برتری داشت (Baysal *et al*., 2003). همچنین گزارش‌های متعددی در رابطه با استفاده از خشک‌کن‌های مادون قرمز برای سایر محصولات کشاورزی مانند سیب (Nowak & Lewicki, 2004)، سیب زمینی و هویج (Hebbar *et al*., 2004)، پیاز (Jain & Pathare, 2004)، برنج (Das *et al*., 2004) و ... منتشر شده‌است. با توجه به اینکه عمده تحقیقات انجام شده در رابطه با تأثیر روش‌های خشک کردن بر مواد مؤثره گیاه

www.SID.ir

Archive of SID

دارویی به‌لیمو از روش‌های متداول و سنتی خشک کردن استفاده کرده بودند (Shahhoseini *et al*., 2013؛ Agah & Najafian, 2012؛ Karimi *et al*., 2013) و گزارشی در مورد تأثیر خشک کردن با استفاده از تابش مادون قرمز بر خصوصیات کیفی این گیاه وجود نداشت، این آزمایش اجرا شد.

مواد و روشها

به‌منظور بررسی تأثیر سرعت جریان هوا و شدت تابش مادون قرمز بر زمان خشک کردن، میزان و اجزای اسانس گیاه دارویی به‌لیمو، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور و سه تکرار در آزمایشگاه‌های تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس در سال ۱۳۹۲ اجرا شد. عامل اول شامل سه سطح ۰/۵، ۱ و ۱/۵ متر بر ثانیه سرعت جریان هوا و عامل دوم شامل سه شدت تابش مادون قرمز با سطوح ۰/۲، ۰/۳ و ۰/۵ وات بر سانتی‌متر مربع بود. نمونه‌های برگ به‌لیمو از بوته‌های سه ساله در کشت گلخانه‌ای با شرایط دمایی حداقل و حداکثر ۲۰ و ۲۷ درجه سانتی‌گراد و درجه رطوبت نسبی حدود ۴۰٪ برداشت شد. شرایط آبیاری و تغذیه برای تمامی گیاهان به‌صورت یکسان اعمال شد و در جدول ۱ نتایج تجزیه شیمیایی نمونه خاک گلخانه مشاهده می‌گردد.

جدول ۱- نتایج تجزیه شیمیایی نمونه خاک گلخانه

رس	سیلت	شن	EC	pH	ماده آلی	N	P	K
(٪) ۵۴	(٪) ۲۹	(٪) ۱۷	(ds/m) ۲/۷	۷/۹	(٪) ۰/۰۶	(٪) ۰/۰۵	(ppm) ۸/۴	(ppm) ۲۰۰

در هنگام شروع گلدهی، سرشاخه‌های بوته‌ها در ساعت ۱۲ تا ۱۴ ظهر از ارتفاع ۱۰ سانتی‌متری سطح خاک برداشت شدند و بعد به‌سرعت به آزمایشگاه منتقل شده تا برگ‌های آنها به‌دقت و بدون آسیب دیدن از ساقه جدا شده و آماده انجام آزمایش‌های خشک کردن شوند. برای تعیین محتوای رطوبتی اولیه بر پایه وزن خشک از رابطه ۱ استفاده شد (Azizi *et al*., 2009) و بدین منظور ۴ نمونه ۵۰ گرمی در یک آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک شدند.

وزن ماده خشک/وزن رطوبت = میزان رطوبت بر پایه وزن خشک (۱)

خشک کردن نمونه‌های برگ به‌لیمو توسط خشک‌کن مادون قرمز آزمایشگاهی (شکل ۱) در سه سطح تابش ۰/۲، ۰/۳ و ۰/۵ وات بر سانتی‌متر مربع که در حدود دمای ۴۰، ۵۰ و ۶۰ درجه سانتی‌گراد را در سطح نمونه‌ها ایجاد می‌کرد در سه میزان سرعت هوای ۰/۵، ۱ و ۱/۵ متر بر ثانیه انجام شد. دما و رطوبت نسبی محیط اطراف خشک‌کن در طول مدت آزمایش به‌ترتیب ۳±۲۸ درجه سانتی‌گراد و ۵±۲۵٪ بود و برای رسیدن به شرایط پایدار دما و سرعت هوا، دستگاه پس از ده دقیقه کار کردن مورد استفاده قرار می‌گرفت. نمونه‌های ۴۰ گرمی به‌لیمو برای شروع آزمایش‌ها روی بستر خشک‌کن به‌طور یکنواخت به‌منظور جذب یکسان تابش مادون قرمز قرار داده شدند و وزن آنها تا دو رقم اعشار در هر ۵ دقیقه توسط ترازویی که در زیرشان قرار داشت، اندازه‌گیری شد. خشک کردن نمونه‌ها تا زمانی که وزن آنها در سه دفعه متوالی اندازه‌گیری تغییر نکند، ادامه داشت و برای تحلیل و مقایسه اثرات تیمارهای مختلف خشک کردن بر زمان خشک شدن، رسیدن محصول به رطوبتی معادل ۰/۱۰ بر پایه وزن خشک (یا ۱۰٪ بر پایه وزن تر) مدنظر قرار گرفت. سرعت خشک کردن برگ‌های به‌لیمو از طریق رابطه ۲ محاسبه شد که در آن M وزن

www.SID.ir

Archive of SID

نمونه، t زمان و dt مدت زمان بین وزن کردن متوالی نمونه‌هاست (Minaei *et al.*, 2011).

$$\text{سرعت خشک کردن} = \frac{M_{t+dt}-M_t}{dt} \qquad (۲)$$

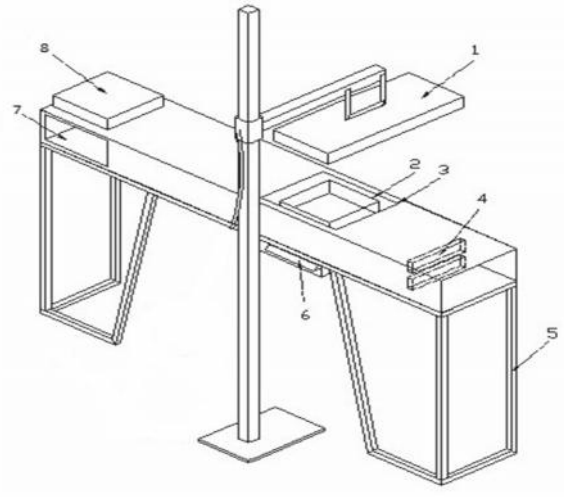
برای تعیین میزان اسانس، مقدار ۲۰ گرم برگ خشک خرد شده به کمک دستگاه کلونجر (Clevenger) و به روش تقطیر با آب به مدت ۲/۵ ساعت مورد اسانس‌گیری قرار گرفت. برای تجزیه نمونه‌های اسانس و اندازه‌گیری ترکیب‌های موجود، از دستگاه کروماتوگرافی گازی (GC) و کروماتوگرافی متصل به طیف‌سنج جرمی (GC/MS) استفاده شد که مشخصات آنها در زیر آورده شده‌است.

دستگاه GC

دستگاه GC مورد استفاده گاز کروماتوگراف فوق سریع (Ultra-Fast) مدل Thermo-UFM با ستون ph-5 (طول ۱۰ متر، قطر داخلی ۰/۱ میلی‌متر و ضخامت فاز ساکن ۰/۴ میکرومتر) بود. دمای اولیه ۶۰ درجه سانتی‌گراد (با زمان نگهداری ۳ دقیقه) بود که با ۸۰ درجه سانتی‌گراد افزایش در هر دقیقه به دمای نهایی ۲۸۵ درجه سانتی‌گراد رسید. درجه حرارت محفظه تزریق و آشکارساز (FID)، ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد بود. گاز حامل هلیوم (با درجه خلوص ۹۹/۹۹۹٪) بود که با سرعت ۳۲ سانتی‌متر بر ثانیه (۰/۵ml/min) در طول ستون حرکت می‌کرد.

دستگاه GC/MS

گاز کروماتوگراف متصل به طیف‌سنج جرمی مدل واریان (Varian) ۳۴۰۰ از نوع تله یونی مجهز به ستون BD-5 به طول ۳۰ متر و قطر ۰/۲۵ میلی‌متر با ضخامت لایه فاز ساکن ۰/۲۵ میکرومتر مورد استفاده قرار گرفت. برنامه‌ریزی حرارتی ستون مشابه با برنامه‌ریزی ستون در دستگاه GC بود. دمای محفظه تزریق ۱۰ درجه بیشتر از دمای نهایی ستون تنظیم شد. گاز حامل هلیوم بود که با سرعت ۳۱/۵ سانتی‌متر بر ثانیه در طول ستون حرکت می‌کرد. زمان اسکن برابر یک ثانیه، انرژی یونیزاسیون ۷۰ الکترون ولت و ناحیه جرمی از ۴۰ تا ۳۴۰ بود. شناسایی طیف‌ها به کمک بانک اطلاعات جرمی، زمان بازداری، محاسبه اندیس کواتس، مطالعه طیف‌های جرمی هر یک از اجزای اسانس و بررسی الگوهای شکست آنها، با مقایسه با طیف‌های استاندارد و استفاده از منابع معتبر انجام شد. همچنین با توجه به سطح زیر منحنی هر یک از پیک‌های کروماتوگرام GC و مقایسه آن با سطح کل زیر منحنی، درصد نسبی هریک از اجزای تشکیل شده اسانس تعیین شد (Adams, 2001).



شکل ۱- طرح شماتیک خشک‌کن آزمایشگاهی تابش مادون قرمز (Mohajeran *et al.*, 2006)

۱) لامپ مادون قرمز، ۲) سینی نمونه، ۳) دریچه فوقانی کانال، ۴) المنت‌های گرمایی، ۵) شاسی، ۶) ترازوی الکترونیکی، ۷) دریچه جانبی کانال، ۸) فن مکشی

www.SID.ir

Archive of SID

برای تجزیه و تحلیل داده‌های بدست آمده از نرم‌افزار آماری Mstat-C و برای ترسیم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد. قبل از تجزیه و تحلیل داده‌ها، آزمون نرمال بودن آنها انجام شد و پس از اطمینان از حالت توزیع نرمال، نسبت به تجزیه و تحلیل آنها اقدام گردید. مقایسه میانگین‌های بدست آمده توسط روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ انجام شد.

نتایج

زمان خشک کردن

برای بررسی زمان خشک کردن نیاز به تعیین محتوای رطوبتی اولیه سرشاخه‌های گلدار به‌لیمو بود که براساس رابطه ۱ انجام شد و تقریباً ۶۲/۰۸٪ بر پایه وزن تر و به عبارت دیگر ۱/۶۴ بر پایه وزن خشک بود. طبق جدول ۲، نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر سرعت جریان هوا، شدت تابش مادون قرمز و اثر متقابل این دو تیمار بر زمان خشک کردن معنی‌دار بود ($p<۰/۰۵$). همانطور که در شکل ۲ مشاهده می‌گردد با کاهش سرعت جریان هوا، زمان مورد نیاز برای رسیدن به محتوای رطوبتی ۰/۱ بر پایه وزن خشک به‌صورت معنی‌داری کاهش یافت، به‌طوری که این زمان از ۶۱/۷ دقیقه در سرعت جریان هوای ۱/۵ متر بر ثانیه به ۴۵ دقیقه در سرعت جریان هوای ۰/۵ متر بر ثانیه رسید. با کاهش سرعت جریان هوا از ۱ به ۰/۵ متر بر ثانیه، اگرچه زمان خشک کردن کاهش یافت ولی این کاهش از نظر آماری معنی‌دار نبود (شکل ۲). با افزایش شدت تابش مادون قرمز از ۰/۲ به ۰/۵ وات بر سانتی‌متر مربع، زمان خشک کردن به‌صورت معنی‌داری کاهش یافت ولی بین دو شدت تابش ۰/۲ و ۰/۳ وات بر سانتی‌متر مربع از نظر این صفت اختلافی مشاهده نشد (شکل ۳). طبق جدول ۳، بررسی اثر متقابل شدت تابش مادون قرمز و سرعت جریان هوا بر زمان خشک کردن برگ‌های به‌لیمو نشان داد که با کاهش سرعت جریان هوا در تمامی شدت‌های تابش مادون قرمز، زمان خشک کردن به‌طور معنی‌داری کاهش یافت که این کوتاه شدن زمان خشک کردن در شدت تابش‌های بالاتر به میزان بیشتری مشاهده شد. به‌طور کلی کوتاهترین زمان خشک کردن (۳۵ دقیقه) در تیمار سرعت جریان هوای ۰/۵ متر بر ثانیه به‌همراه تابش ۰/۵ وات بر سانتی‌متر مربع ثبت گردید و طولانی‌ترین زمان (۶۵ دقیقه) به تیمار سرعت جریان هوای ۱/۵ متر بر ثانیه به‌همراه تابش ۰/۳ وات بر سانتی‌متر مربع تعلق داشت (جدول ۳).

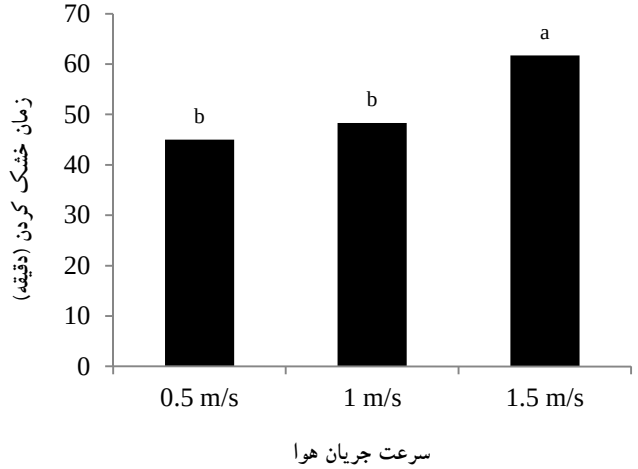
جدول ۲- تجزیه واریانس اثر سرعت جریان هوا و شدت تابش مادون قرمز بر زمان خشک کردن و درصد اسانس برگ‌های به‌لیمو

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		زمان خشک کردن	درصد اسانس
سرعت جریان هوا (**A**)	۲	۷۰۰/۰۰۷ **	۰/۰۰۶ ns
شدت تابش مادون قرمز (**B**)	۲	۳۰۰/۰۱۳ **	۰/۰۴۱ **
اثر متقابل (**A×B**)	۴	۱۰۰/۰۰۴ *	۰/۰۲۲ **
خطا	۱۸	۴۹/۰۰۹	۰/۰۰۵

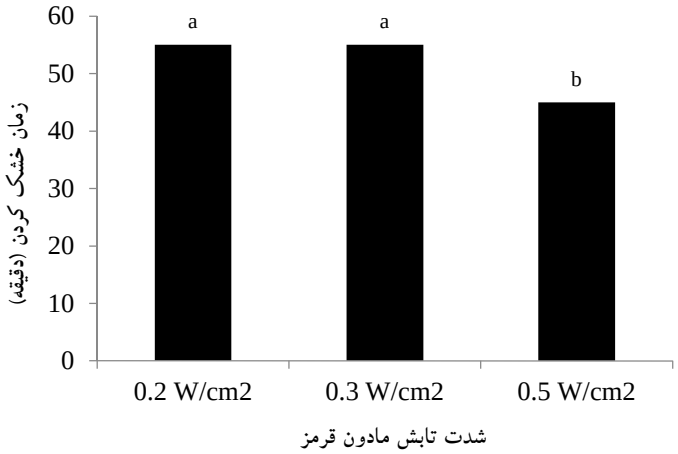
* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح ۵٪ و ۱٪؛ ns: عدم وجود اختلاف معنی‌دار

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر اصلی سرعت جریان هوا بر زمان خشک کردن برگ‌های به‌لیمو



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر اصلی شدت تابش مادون قرمز بر زمان خشک کردن برگ‌های به‌لیمو

جدول ۳- بررسی اثر متقابل سرعت جریان هوا و شدت تابش مادون قرمز بر زمان خشک کردن (دقیقه) برگ‌های به‌لیمو

سرعت	شدت تابش مادون قرمز (W/cm^2)		
(m/s)	۰/۲	۰/۳	۰/۵
۰/۵	۵۵ abc	۴۵ bcd	۳۵ d
۱	۵۰ abcd	۵۵ abc	۴۰ cd
۱/۵	۶۰ ab	۶۵ a	۶۰ ab

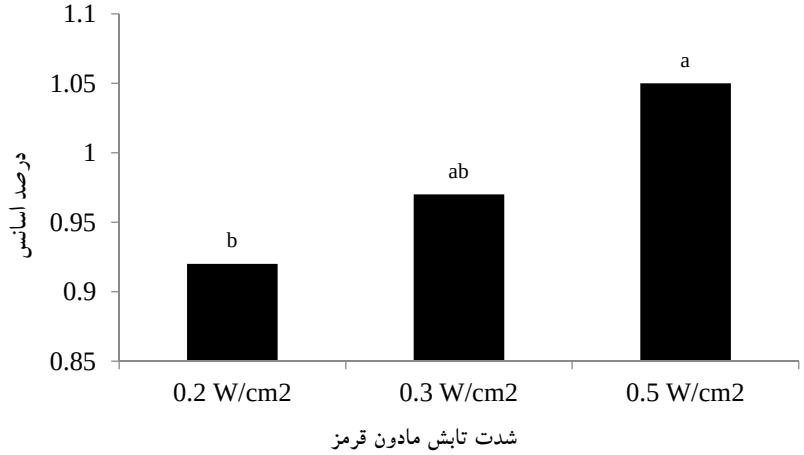
درصد اسانس

نتایج حاصل از تجزیه داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که اثر اصلی شدت تابش مادون قرمز و همچنین اثر متقابل سرعت جریان هوا و شدت تابش بر درصد اسانس برگ‌های به‌لیمو معنی‌دار بود، ولی اثر اصلی سرعت جریان هوا بر این صفت از لحاظ آماری معنی‌دار نبود ($p<۰/۰۵$). با افزایش

www.SID.ir

Archive of SID

شدت تابش مادون قرمز از ۰/۲ به ۰/۵ وات بر سانتی‌متر مربع، درصد اسانس به‌صورت معنی‌داری افزایش یافت، به‌طوری که بیشترین میزان اسانس (۱/۰۵٪) در تیمار شدت تابش ۰/۵ وات بر سانتی‌متر مربع بدست آمد و کمترین میزان (۰/۹۲٪) مربوط به شدت تابش ۰/۲ وات بر سانتی‌متر مربع بود. البته تیمار شدت تابش ۰/۳ وات بر سانتی‌متر مربع با ۰/۹۷٪ اسانس با دو شدت تابش دیگر اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۴). همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌گردد، با افزایش میزان تابش مادون قرمز در سرعت‌های جریان هوا ۱ و ۱/۵ متر بر ثانیه، درصد اسانس به‌طور معنی‌داری افزایش یافت، ولی در سرعت ۰/۵ متر بر ثانیه، نوسانهای جزئی در این صفت مشاهده گردید. افزایش شدت تابش مادون قرمز از ۰/۲ به ۰/۵ وات بر سانتی‌متر مربع سبب افزایش ۲۹ و ۲۲ درصدی اسانس به‌ترتیب در سرعت‌های جریان هوا ۱ و ۱/۵ متر بر ثانیه شد (جدول ۴).



شکل ۴- مقایسه میانگین اثر اصلی شدت تابش مادون قرمز بر درصد اسانس برگ‌های به‌لیمو

جدول ۴- بررسی اثر متقابل شدت تابش مادون قرمز و سرعت جریان هوا بر درصد اسانس برگ‌های به‌لیمو

سرعت	شدت تابش مادون قرمز (W/cm^2)		
(m/s)	۰/۲	۰/۳	۰/۵
۰/۵	۰/۹۵ ab	۰/۹ b	۰/۹۵ ab
۱	۰/۸۵ b	۱/۰ ab	۱/۱ a
۱/۵	۰/۹ b	۱/۰ ab	۱/۱ a

درصد ترکیب‌های تشکیل‌دهنده اسانس

طبق نتایج آنالیز اسانس‌ها، ۲۴ ترکیب در اسانس نمونه های گیاهی شناسایی شد که مهمترین اجزای آن عبارت بودند از: نرال (neral)، ژرانیال (geranial)، لیمونن (limonene) و ۸،۱-سینئول (1,8-cineole). البته ترکیب هایی مانند گاما-اِلِمِن (γ-elemene)، اسپاچولنول (spathulenol) و گلوبولول (globulol) نیز در مقادیر متوسطی در اسانس مشاهده شد (جدول ۵). در ادامه به تغییرات آنها تحت تیمارهای مختلف پرداخته می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

سیترال

به مجموع دو ترکیب نرال و ژرانیال، سیترال گفته می‌شود که مهمترین جزء اسانس به‌لیمو محسوب می‌گردد. بالاترین میزان سیترال (۶۱/۳٪) در اسانس به‌لیمو نمونه‌های خشک شده با سرعت جریان هوای ۰/۵ متر بر ثانیه همراه با تابش مادون قرمز ۰/۲ وات بر سانتی‌متر مربع مشاهده شد و کمترین میزان (۵۶/۴٪) به تیمار سرعت جریان هوای ۱/۵ متر بر ثانیه همراه با تابش مادون قرمز ۰/۵ وات بر سانتی‌متر مربع تعلق داشت (شکل ۵).

لیمونن

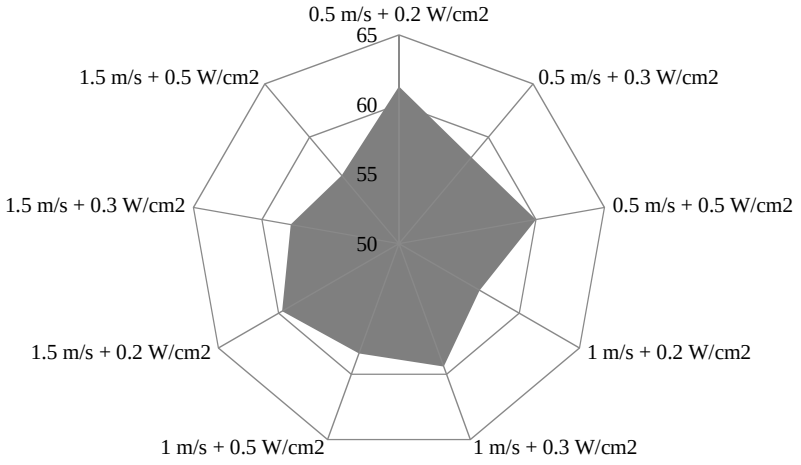
روند افزایش میزان لیمونن با بالا رفتن شدت تابش مادون قرمز در سرعت‌های جریان هوا ۱ و ۱/۵ متر بر ثانیه مشاهده شد. به‌طور کلی بیشترین و کمترین میزان این ترکیب (۸/۴٪ و ۵/۷٪) به‌ترتیب در تیمار سرعت جریان هوا ۱/۵ متر بر ثانیه به‌همراه تابش مادون قرمز ۰/۲ و ۰/۵ وات بر سانتی‌متر مربع اندازه‌گیری گردید (جدول ۵).

۸،۱-سینئول

میزان این ترکیب در تمامی سرعت‌های جریان هوا با بالارفتن میزان شدت تابش مادون قرمز افزایش یافت. بیشترین و کمترین میزان این ترکیب (۸/۴٪ و ۵/۵٪) به‌ترتیب در تیمار سرعت جریان هوا ۱/۵ متر بر ثانیه به‌همراه تابش مادون قرمز ۰/۲ و ۰/۵ وات بر سانتی‌متر مربع مشاهده شد (جدول ۵).

بررسی گروه‌های اجزای اسانس

همانطور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، مونوترپن‌های اکسیژن‌دار بیشترین بخش ترکیب‌های اسانس به‌لیمو تحت تیمارهای مختلف خشک کردن را تشکیل می‌دادند. تیمار سرعت جریان هوا ۰/۵ متر بر ثانیه به‌همراه تابش مادون قرمز ۰/۲ وات بر سانتی‌متر مربع بیشترین میزان مونوترپن‌های اکسیژن‌دار (۷۳/۳٪) را به خود اختصاص داده بود، ولی بیشترین میزان مونوترپن‌های هیدروکربنی (۱۲٪) در تیمار سرعت جریان هوا ۱/۵ متر بر ثانیه بهمراه تابش مادون قرمز ۰/۵ وات بر سانتی‌متر مربع مشاهده شد. همچنین بیشترین میزان سزکوئی‌ترپن‌های هیدروکربنی و اکسیژن‌دار (۸/۶٪ و ۹/۹٪) به‌ترتیب در تیمارهای سرعت جریان هوا ۰/۵ متر بر ثانیه به‌همراه تابش مادون قرمز ۰/۳ وات بر سانتی‌متر مربع و سرعت جریان هوا ۱ متر بر ثانیه به‌همراه تابش مادون قرمز ۰/۲ وات بر سانتی‌متر مربع اندازه‌گیری شد (جدول ۵).



شکل ۵- بررسی تغییرات درصد ترکیب سیترال تحت تأثیر تیمارهای خشک کردن

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- بررسی درصد اجزای اسانس برگ‌های به‌لیمو خشک شده به‌وسیله مقادیر مختلف سرعت جریان هوا و تابش مادون قرمز

ردیف	نام ترکیب	شاخص بازداری	۰/۵ (m/s)			۱ (m/s)			۱/۵ (m/s)		
			۰/۲ (W/cm^2)	۰/۳ (W/cm^2)	۰/۵ (W/cm^2)	۰/۲ (W/cm^2)	۰/۳ (W/cm^2)	۰/۵ (W/cm^2)	۰/۲ (W/cm^2)	۰/۳ (W/cm^2)	۰/۵ (W/cm^2)
۱	α-pinene	۹۳۸	–	۰/۲	۰/۱	۰/۲	۰/۱	۰/۲	–	۰/۲	۰/۲
۲	camphene	۹۵۳	۰/۴	۰/۴	۰/۳	۰/۴	۰/۳	۰/۴	۰/۶	۰/۴	۰/۴
۳	sabinene	۹۸۱	۱/۷	۲/۲	۱/۸	۱/۸	۲/۱	۲/۱	۲/۰	۲/۴	۲/۸
۴	limonene	۱۰۲۸	۶/۲	۷/۱	۶/۶	۷/۱	۷/۱	۷/۳	۵/۷	۷/۷	۸/۴
۵	1,8-cineole	۱۰۳۱	۵/۸	۶/۰	۶/۰	۶/۷	۷/۱	۷/۳	۵/۵	۶/۸	۸/۴
۶	γ-terpinene	۱۰۶۲	۰/۳	۰/۴	۰/۳	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴
۷	terpinolene	۱۰۹۰	۰/۴	۰/۶	۰/۳	۰/۷	۰/۵	۰/۶	۰/۶	۰/۶	۰/۶
۸	transpinocarveol	۱۱۴۰	۰/۶	۰/۶	۰/۶	۰/۶	۰/۵	۰/۶	۰/۵	۰/۶	۰/۴
۹	cis-sabinol	۱۱۴۳	۱/۴	۱/۴	۱/۴	۱/۴	۱/۴	۱/۳	۱/۳	۱/۳	۰/۹
۱۰	citronellal	۱۱۵۲	۲/۱	۲/۱	۲/۰	۲/۰	۲/۱	۲/۱	۲/۰	۲/۰	۰/۹
۱۱	α-terpineol	۱۱۹۰	۰/۸	۰/۸	۰/۸	۰/۸	۰/۸	۰/۹	۰/۸	۱/۰	۰/۹
۱۲	nerol	۱۲۲۸	–	–	–	۰/۱	–	–	–	–	۰/۳
۱۳	neral	۱۲۳۸	۲۵/۳	۲۴/۸	۲۴/۷	۲۲/۹	۲۴/۶	۲۴/۳	۲۵/۵	۲۳/۹	۲۲/۹
۱۴	geranial	۱۲۶۷	۳۶/۰	۳۳/۳	۳۵/۳	۳۳/۸	۳۴/۸	۳۴/۱	۳۴/۲	۳۴/۰	۳۳/۵
۱۵	neryl acetate	۱۳۶۰	۱/۳	۱/۲	۱/۲	۱/۳	۱/۱	۱/۱	۱/۴	۱/۲	۱/۰
۱۶	α-copaene	۱۳۷۹	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۴	۰/۴	۰/۵	۰/۵	۰/۵
۱۷	α-gurjunene	۱۴۱۰	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۱	۰/۲	۰/۳	۰/۲	۰/۱
۱۸	E-caryophyllene	۱۴۲۱	۱/۳	۱/۶	۱/۴	۱/۱	۱/۶	۱/۵	۱/۴	۱/۶	۰/۹
۱۹	γ-elemene	۱۴۳۹	۵/۳	۵/۸	۵/۵	۵/۷	۵/۳	۵/۱	۵/۷	۵/۵	۵/۲
۲۰	α-humulene	۱۴۵۶	۰/۴	۰/۵	۰/۴	۰/۵	۰/۴	۰/۶	۰/۴	۰/۵	۰/۵
۲۱	cubenol	۱۵۱۴	۱/۲	۱/۱	۱/۰	۱/۳	۰/۷	۱/۰	۱/۳	۰/۸	۱/۲
۲۲	spathulenol	۱۵۸۰	۴/۳	۴/۵	۴/۸	۵/۰	۳/۸	۴/۱	۴/۸	۴/۱	۴/۳
۲۳	globulol	۱۵۸۷	۲/۴	۲/۳	۲/۶	۳/۰	۲/۳	۲/۲	۲/۷	۲/۳	۳/۴
۲۴	epi-α-cadinol	۱۶۴۲	۰/۵	۰/۹	۰/۷	۰/۶	۰/۶	۰/۷	۰/۸	۰/۷	۰/۴
	مونوترپن‌های هیدروکربنی		۹	۱۰/۹	۹/۴	۱۰/۶	۱۰/۵	۱۰/۹	۹/۳	۱۱/۷	۱۲
	مونوترپن‌های اکسیژن‌دار		۷۳/۳	۷۰/۲	۷۲	۶۹/۶	۷۲/۴	۷۱/۷	۷۱/۲	۷۰/۸	۶۹/۲
	سزکوئی‌ترپن‌های هیدروکربنی		۷/۷	۸/۶	۸	۸	۷/۸	۷/۸	۸/۳	۸/۳	۷/۲
	سزکوئی‌ترپن‌های اکسیژن‌دار		۸/۴	۸/۸	۹/۱	۹/۹	۷/۴	۸	۹/۶	۷/۹	۹/۳
	کل ترکیب‌های شناسایی شده		۹۸/۴	۹۸/۵	۹۸/۵	۹۸/۱	۹۸/۱	۹۸/۴	۹۸/۴	۹۸/۷	۹۷/۷

www.SID.ir

Archive of SID

بحث

انتخاب روش خشک کردن در گیاهان معطر دارای اهمیت فراوانی است، زیرا تأثیر معنی‌داری بر کمّیت و کیفیت اسانس آنها دارد (Asekun *et al*., 2007). فرایند خشک کردن بر درصد و اجزای اسانس تأثیر قابل توجهی دارد و این تأثیر براساس دمای خشک کردن، طول مدت خشک کردن و گونه گیاهی متفاوت است (Yazdani *et al*., 2006). نتایج این آزمایش نشان داد که کاهش سرعت جریان هوا و افزایش شدت تابش مادون قرمز سبب کوتاه شدن مدت زمان خشک کردن گردید، به‌طوری که کمترین زمان خشک کردن در تیمار سرعت جریان هوای ۰/۵ متر بر ثانیه بهمراه تابش ۰/۵ وات بر سانتی‌متر مربع مشاهده شد. کاهش مدت زمان خشک شدن با افزایش شدت تابش مادون قرمز احتمالاً ناشی از جذب بالای امواج مادون قرمز توسط مولکول‌های آب و افزایش گرمای درون بافت گیاهی است که سبب کاهش مدت زمان خشک شدن می‌گردد. با جذب این امواج به‌وسیله رطوبت موجود در برگ‌ها و ارتعاش مولکول‌های آب، گرما در درون بافت گیاهی تولید می‌شود و مشکلات مربوط به هدایت گرمایی و خشک شدن لایه سطحی که در خشک‌کن‌های هوای گرم متداول وجود دارد، تا حدود زیادی برطرف شده، در نتیجه زمان خشک کردن کاهش می‌یابد (Mohajeran *et al*., 2006؛ Amirnejat *et al*., 2011). افزایش شدت تابش مادون قرمز سبب بالا رفتن دمای نمونه‌ها می‌گردد، در نتیجه رطوبت با سرعت بیشتری از محصول تبخیر می‌شود (Mujumdar, 2006). در خصوص طولانی شدن زمان خشک کردن با افزایش سرعت جریان هوا، احتمالاً این پدیده ناشی از خنک‌سازی سطح نمونه به دلیل جریان هوای عبوری است، به‌طوری که با افزایش سرعت جریان هوا، دمای نمونه‌ها کاهش یافته، در نتیجه سرعت تبخیر رطوبت کمتر می‌گردد و طولانی شدن زمان خشک کردن را در پی دارد (Sharma *et al*., 2004؛ Motevali *et al*., 2011). بنابراین کاهش زمان خشک کردن محصولات گیاهی در کاهش هزینه‌های مربوط به مصرف انرژی برای خشک کردن اهمیت زیادی دارد (Motevali *et al*., 2011؛ Nowak & Lewicki., 2004؛ Hamrouni Sellami *et al*., 2011) و از این جهت کاربرد خشک‌کن‌های مادون قرمز می‌تواند در کاهش هزینه‌های فرایند تولید گیاه دارویی به‌لیمو مؤثر باشد. نتایج این تحقیق مبنی بر کاهش زمان خشک شدن در اثر کاهش سرعت جریان هوا و افزایش شدت تابش مادون قرمز با نتایج سایر محققان در رابطه با خشک کردن انواع محصولات کشاورزی مطابقت داشت (Kocabiyik & Tezer, 2009؛ Amirnejat *et al*., 2011).

در این آزمایش با افزایش میزان تابش مادون قرمز در سرعت‌های جریان هوا ۱ و ۱/۵ متر بر ثانیه، درصد اسانس به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ولی در سرعت ۰/۵ متر بر ثانیه، تغییرات قابل ملاحظه‌ای مشاهده نشد. احتمالاً دلیل افزایش میزان اسانس در اثر افزایش شدت تابش مادون قرمز، تأثیر مثبت آن بر بیوسنتز اسانس در برگ‌های در حال خشک شدن که هنوز زنده هستند، می‌باشد که از مکانیزم مشابه با تأثیر تنش‌های زیستی بر گیاهان اسانس‌دار تبعیت می‌کند. نتایج مشابهی توسط سایر محققان در رابطه با تأثیر مثبت تابش مادون قرمز بر میزان اسانس گیاهان دارویی که اندام مورد استفاده آنها از نوع برگ می‌باشد، گزارش شده‌است (Hamrouni Sellami *et al*., 2011؛ Pääkkönen *et al*., 1999).

بررسی اجزای اسانس نمونه‌های خشک شده نشان داد که بیشترین میزان مونوترپن‌های اکسیژن‌دار و به‌طور خاص ترکیب سیترال در اسانس برگ‌های خشک شده با سرعت جریان هوای ۰/۵ متر بر ثانیه همراه با تابش مادون قرمز ۰/۲ وات بر سانتی‌متر وجود داشت. در واقع استفاده از پایین‌ترین سرعت جریان هوا به‌همراه کمترین میزان شدت تابش مادون قرمز سبب دستیابی به محصول خشک شده با بیشترین مقدار ترکیب سیترال گردید که دلیل آن احتمالاً به علت پایین بودن شدت تابش مادون قرمز و کاهش تجزیه اجزای اسانس می‌باشد.

به‌طور کلی با توجه به نتایج این تحقیق می‌توان بیان کرد که کاربرد تابش مادون قرمز در خشک‌کن‌های متداول

www.SID.ir

Archive of SID

همانند خشک‌کن‌های جریان هوای گرم، ضمن کاهش زمان خشک کردن و خشک شدن یکنواخت مواد گیاهی، سبب حفظ کمّیت و کیفیت مواد مؤثره گیاه دارویی به‌لیمو خواهد شد.

منابع مورد استفاده

- Adams, R.P., 2001. Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/Mass Spectrometry. Allured Publishing Crop, USA, 456p.
- Agah, M. and Najafian, S., 2012. Essential oil content and composition of *Lippia citriodora* as affected by drying method before flowering stages. European Journal of Experimental Biology, 2(5): 1771-1777.
- Ahmadi, K., Sefidkon, F. and Assareh, M.H., 2008. Effect of drying methods on quantity and quality of essential oil three genotype of *Rosa damascena* Mill. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plant, 24(2): 162-176.
- Amin, Gh., 2005. Popular Medicinal Plants of Iran. Tehran University of Medical Sciences Press, Tehran, 300p.
- Amirnejat, H., Khosh Taghaza, M.H. and Pahlavan Zadeh, H., 2011. A determination of thin layer drying kinetics of button mushroom when dried through an infrared applied drying method. Iranian Journal of Biosystems Engineering (Iranian Journal of Agricultural Sciences), 42(1): 53-61.
- Asekun, O.T., Grierson, D.S. and Afolayan, A.J., 2007. Effects of drying methods on the quality and quantity of the essential oil of *Mentha longifolia* L. subsp. *Capensis*. Food Chemistry, 101(3): 995-998.
- Azizi, M., Rahmati, M.M., Ebadi, M.T. and Hassanzadeh-Khayyat, M., 2009. The effects of different drying methods on weight loss rate, essential oil and chamazolene contents of chamomile (*Matricaria recutita*) flowers. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 25(2): 182-192.
- Baysal, T., Icier, F., Ersus, S. and Yildiz, H., 2003. Effects of microwave and infrared drying on the quality of carrot and garlic. European Food Research and Technology, 218: 68-73.
- Carnat, A., Fraisse, D. and Lamaison, J.L., 1999. The aromatic and polyphenolic composition of lemon verbena tea. Fitoterapia, 70: 44-49.
- Das, I., Das, S.K. and Bal, S., 2004. Specific energy and quality aspects of infrared (IR) dried parboiled rice. Journal of Food Engineering, 62: 9-14.
- Ebadi, M.T., Rahmati, M., Azizi, M. and Hassanzadeh-Khayyat, M., 2011. Effects of different drying methods (natural method, oven and microwave) on drying time, essential oil content and composition of Savory (*Satureja hortensis* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 26(4): 477-489.
- Hamrouni Sellami, I., Wannes, W.A., Bettaieb Rebey, I., Berrima, S., Chahed, T., Marzouk, B. and Limam, F., 2011. Qualitative and quantitative changes in the essential oil of *Laurus nobilis* L. leaves as affected by different drying methods. Food Chemistry, 126(2): 691-697.
- Hebbar, H.U., Viswanathan, K.H. and Ramesh, M.N., 2004. Development of combined infrared and hot air dryer for vegetables. Journal of Food Engineering, 65(4): 557-563.
- Jain, D. and Pathare, P.B., 2004. Selection and evaluation of thin layer drying models for infrared radiative and convective drying of onion slices. Biosystems Engineering, 89(3): 289-296.
- Karimi, S., Shahhoseini, R. and Zakeri, S., 2013. Assessment of drying process, quantity of essential oil and mathematical modeling of lemon verbena (*Lippia citriodora*) using hot air. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 28(4): 684-698.
- Kocabiyik, H. and Tezer, D., 2009. Drying of carrot slices using infrared radiation. International Journal of Food Science and Technology, 44(5): 953-959.
- Minaei, S., Motevali, A., Najafi, G. and Mousavi Seyedi, S.R., 2011. Influence of drying methods on activation energy, effective moisture diffusion and drying rate of pomegranate arils (*Punica granatum*). Australian Journal of Crop Science, 6(4): 584-591.
- Mohajeran, S., Khoush Taghaza, M.H. and Moazami Goudarzi, A., 2006. Effect of rough rice temperature and air velocity on grain crack during infrared radiation drying. Iranian Journal of Food Science and Technology, 3(2): 57-65.
- Motevali, A., Minaei, S., Khoshtaghaza, M.H. and Amirnejat, H., 2011. Comparison of energy consumption and specific energy requirements of different methods for drying mushroom slices. Energy, 36(11): 6433-6441.
- Mozaffarian, V., 2010. A Dictionary of Iranian Plant Names: Latin, English, Persian. Farhang Moaser, Tehran, 671p.
- Mujumdar, A.S., 2006. Handbook of Industrial Drying. CRC Press, USA, 1312p.
- Nadjafi, F., Ebadi, M.T. and Abbasian, J., 2012. Medicinal and Aromatic Crops: Harvesting, Drying and Processing (Translation). Shahid Beheshti University Press, Tehran, 380p.
- Nowak, D. and Lewicki, P.P., 2004. Infrared drying of apple slices. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 5(3): 353-360.

www.SID.ir

Archive of SID

- Shahhoseini, R., Ghorbani, H., Karimi, S.R., Estaji, A. and Moghaddam, M., 2013. Qualitative and quantitative changes in the essential oil of lemon verbena (*Lippia citriodora*) as affected by drying condition. Drying Technology: An International Journal, 31(9): 1020-1028.
- Sharma, G.P., Verma, R.C. and Pathare, P.B., 2004. Thin-layer infrared radiation drying of onion slices. Journal of Food Engineering, 67(3): 361-366.
- Yazdani, D., Shahnazi, S., Jamshidi, A.H., Rezazadeh, S.A., and Mojab, F., 2006. Study on variation of essential oil quality and quantity in dry and fresh herb of Thyme and Tarragon. Journal of Medicinal Plants, 17: 7-15.
- Omidbaigi, R., Sefidkon, F. and Kazemi, F., 2004. Influence of drying methods on the essential oil content and composition of Roman chamomile. Flavour and Fragrance Journal, 19(3): 196-198.
- Pääkkönen, K., Havento, J., Galambosi, B. and Pyykkönen, M., 1999. Infrared drying of herbs. Journal of Agricultural and Food Science in Finland, 8: 19-27.
- Pascual, M.E., Slowing, K., Carretero, E., Sanchez Mata, D. and Villar, A., 2001. *Lippia*: traditional uses, chemistry and pharmacology: a review. Journal of Ethnopharmacology, 76(3): 201-214.
- Sefidkon, F., Abbasi, K. and Bakhshi Khaniki, G., 2006. Influence of drying and extraction methods on yield and chemical composition of the essential oil of *Satureja hortensis*. Food chemistry, 99: 19-23.

www.SID.ir

Archive of SID

Effects of air velocity and infrared radiation intensity on drying factors of lemon verbena (*Lippia citriodora* Kunth.)

M.T. Ebadi[1], F. Sefidkon[2], M. Azizi[3] and N. Ahmadi[4*]

1- Ph.D. Student, Department of Horticulture, College of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
2- Research institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran
3- Department of Horticulture, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
4*- Corresponding author, Department of Horticulture, College of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
E-mail: ahmadin@modares.ac.ir

Received: September 2014 Revised: January 2015 Accepted: January 2015

Abstract

To evaluate the effect of air velocity and infrared radiation intensity on drying time, essential oil content, and composition of Lemon Verbena (*Lippia citriodora* Kunth), a factorial experiment based on completely randomized design was carried out. The two main treatments were as follows: three air velocity levels (0.5, 1 & 1.5m/s) and three levels of infrared radiation intensities (0.2, 0.3 & 0.5W/cm^2). After drying the samples, their essential oil was extracted by hydro-distillation method and compositions of essential oil were identified with capillary gas chromatography, using flame ionization and mass spectrometric detection. Results indicated that the various treatments had significant effects on drying time and essential oil content. With decreasing air velocity and increasing radiation intensity, drying time was reduced. Minimum drying time (35 minutes) was obtained at 0.5 m/s air velocity with the use of 0.5W/cm^2 radiation intensity. In contrast, the maximum drying time (65 minutes) was revealed for the sample treated with 1.5 m/s air velocity, which received concomitantly 0.4W/cm^2 radiation intensity. Increasing the intensity of infrared radiation in all air velocities had a significant effect on the essential oil content, so that the maximum essential oil content (1.1%) was obtained by application of 1 &1.5 m/s air velocity and the use of 0.5W/cm^2 radiation intensity. The survey of essential oil components showed that the highest amount of oxygenated monoterpenes (73.3%), especially citral (61.3%) was measured from samples dried by 0.5 m/s air velocity and 0.2W/cm^2 radiation intensity. According to these results, due to the decreased duration of drying time and desired essential oil content and composition, it seems that the use of infrared radiation in conventional dryers could lead to appropriate quality of essential oil.

Keywords: *Lippia citriodora* Kunth., drying, infrared radiation, essential oil, citral.

www.SID.ir