

بررسی تغییرات کمی و کیفی اسانس *Echinophora platyloba* DC. تحت تأثیر روش‌های مختلف خشک کردن

وحید عبدوسی^{۱*}، بهاره توکلی^۲، علی مهرآفرین^۳ و حسنعلی نقدی بادی^۴

۱- نویسنده مسئول، استادیار، گروه علوم باغی و زراعی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

پست الکترونیک: abdossi@yahoo.com

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم باغی و زراعی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۳- استادیار، گروه پژوهشی کشت و توسعه مرکز تحقیقات گیاهان دارویی، پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی، کرج، ایران

۴- دانشیار، پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی، کرج، ایران

تاریخ دریافت: مرداد ۱۳۹۸

تاریخ اصلاح نهایی: دی ۱۳۹۹

تاریخ پذیرش: دی ۱۳۹۹

چکیده

به منظور ارزیابی صفات کمی و کیفی گیاه خوشاریزه عطری (*Echinophora platyloba* DC.) تحت تأثیر روش‌های مختلف خشک کردن تحقیقی در قالب طرح کامل تصادفی با ۳ تکرار در سال ۱۳۹۸ انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل گیاه تازه، خشک کردن گیاه در سایه و آفتاب، ۴۵، ۵۵ و ۶۵ درجه سلسیوس، آون خلأ ۴۵، ۵۵ و ۶۵ درجه سلسیوس، میکروویو ۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ وات بودند. به این منظور بخش هوایی گیاه در خرداد ماه از ارتفاعات شهرستان تویسرکان جمع‌آوری شد و تحت تأثیر روش‌های مختلف خشک کردن قرار گرفت. اسانس‌گیری به وسیله دستگاه کلونجر انجام شد و بعد اجزای اسانس به وسیله دستگاه گازکروماتوگرافی جرمی مشخص شدند. یافته‌های این تحقیق نشان داد که روش‌های مختلف خشک کردن گیاه خوشاریزه عطری تأثیر معنی‌داری بر درصد اسانس و تمامی اجزای اسانس داشت و روش میکروویو ۴۰۰ وات دارای بیشترین میزان بازده اسانس بود، ولی روش مناسبی برای حفظ ترکیب‌های مؤثره در این گیاه نبود. روش خشک کردن در سایه با وجود طولانی بودن مدت زمان خشک کردن، مناسب‌ترین روش در حفظ ترکیب‌های شیمیایی اسانس در گیاه خوشاریزه عطری بود. دامنه تغییرات درصد اسانس در این تحقیق بین ۰/۳۹-۰/۰۶٪ بود. طبق نتایج بدست آمده دامنه تغییرات عمده اسانس گیاه خوشاریزه عطری از جمله ترانس بتا-اوسیمین ۵۲/۵۷-۳۴/۱۶٪، آلفا-فلاندرن ۵۲/۱۶-۸/۸۷٪، سیس اوسیمین ۴/۵۷-۱/۶۹٪، بتا-فلاندرن ۲۴/۰۸-۱/۵۳٪، پی‌سیمین ۵/۰۵-۱/۵۳٪، بتا-پینن ۱/۹۴-۰/۷۳٪، آلفا-پینن ۵/۱۵-۱/۸۳٪، ولوتون ۳/۷۸-۰/۳۹٪، ترانس کاروئول ۱/۹۲-۰/۳۸٪، لینالول ۳/۵۷-۰/۷۲٪ و دی‌جرماکرن ۴/۹۱-۱/۶۷٪ بود.

واژه‌های کلیدی: *Echinophora platyloba* DC.، روش خشک کردن، آون، اسانس، لینالول، آلفا-فلاندرن.

مقدمه

گیاهان دارویی امروزه کاربردهای گسترده‌ای در صنایع مختلف دارند، تولید و فرآوری آنها نیازمند بهره‌گیری از روش‌های علمی و جدید برای دستیابی به محصول با کمیت و کیفیت بالاست (Ebadi et al., 2016). گیاه دارویی خوشاریزه با نام علمی *Echinophora platyloba* از خانواده Apiaceae است (Mirghazanfari et al., 2012). این گونه به‌طور وسیعی در نواحی غرب و مرکز ایران به‌عنوان یک طعم‌دهنده غذا مصرف می‌شود (Aqababa et al., 2016). گیاهی پایا، ساقه‌ها به رنگ سبز متمایل به زرد، محکم و خاردار، ساقه منفرد و از پایین منشعب، دارای شاخه‌های شیاردار ضخیم، محکم و سفت و بسیار منشعب است. دارای گل‌های کوچک سفید یک‌پارچه، دوره گلدهی از تیر تا مرداد است (Georgiou et al., 2010). در پزشکی سنتی به‌منظور بهبود زخم و درمان زخم معده به‌دلیل ویژگی ضدقارچی، ضدنفخ و به‌عنوان محرک معده استفاده می‌شود و نیز فعالیت ضد میکروبی و ضدسرطانی این گیاه ثابت شده است (Glamoclija et al., 2011). همچنین اثرهای ضد باکتریایی عصاره اتانولی آن بر ضد باکتری‌های استافیلوکوکوس اورئوس و استریتوکوکوس فکالیس به اثبات رسیده است (Pilevar et al., 2017). بررسی‌های قبلی نشان داده است که این گیاه دارای ترکیب‌های ساپونین، فلاونوئید و آلکالوئید می‌باشد (Fayyaz et al., 2015). ترکیب‌های آنتی‌باکتریال دیگری که در گیاه موجود است شامل ترانس بتا-اوسیمین (۶۷/۹٪)، فرانون (۶/۲٪) و میرسن (۶٪) است (Hassanpouraghdam et al., 2009).

تمایل مصرف‌کنندگان به استفاده از نگهدارنده‌های طبیعی مانند اسانس‌های گیاهی به‌عنوان ترکیب‌های آنتی‌باکتریال و آنتی‌اکسیدان از یک‌سو و توجه به ترکیب‌های اسانس، تغییرات کیفیت در زمان نگهداری، لزوم شرایط خاص نگهداری و استفاده از راهکارهای جدید را برای فرآوری اسانس این گیاه دارویی آشکار

می‌سازد. ازجمله راه‌های جلوگیری از اتلاف محصول و افزایش طول عمر و ماندگاری اسانس، خشک کردن می‌باشد. این فرایند شامل حذف رطوبت از محصول تا یک آستانه خاص است که هدف از آن ذخیره‌سازی طولانی‌مدت، حداقل کردن نیازهای انبارداری و بسته‌بندی، کاهش هزینه‌های حمل‌ونقل و متوقف کردن فعالیت‌های آنزیمی میکروارگانیسم‌ها می‌باشد (Oliveira et al., 2006; Moreira et al., 2009). از آنجایی که مقدار و کیفیت اسانس بسیار تحت تأثیر نحوه خشک کردن قرار می‌گیرد باید با توجه به نوع مواد مؤثره گیاهی روش مناسبی را برای خشک کردن آنها در نظر گرفت (Rita & Animesh, 2011). روش‌های مختلفی برای خشک کردن مواد جامد وجود دارد که هر روش دارای مزایا و معایبی می‌باشد. این روش‌ها عبارت از خشک کردن به روش خورشیدی، میکروویو، مادون قرمز، جابجایی، خلأ و هوای داغ هستند (Guine et al., 2011). انتخاب روش، دما و زمان مناسب خشک کردن با توجه به نوع مواد مؤثره متفاوت می‌باشد (Oztekin & Martinov, 2007).

خشک کردن به‌وسیله آفتاب علاوه بر مزایای سادگی و عدم نیاز به امکانات زیاد با مشکلاتی از قبیل زمان طولانی، فساد محصول به‌دلیل رطوبت اولیه بالای آن، آلودگی‌های محیطی، بهداشت و کارایی پایین آن است (Ebadi et al., 2011). یکی از پرکاربردترین خشک‌کن‌های محصولات کشاورزی، خشک‌کن‌های جریان هوای گرم هستند که انرژی بالا و بازده بسیار پایینی دارند (Motevali et al., 2014). بکارگیری روش‌های مناسب برای افزایش بازده ترمودینامیکی مانند بازده انرژی، بازده خشک کردن، بازده حرارتی در جهت کاهش زمان خشک شدن، کاهش مصرف انرژی و ... در فرایند خشک کردن امری ضروری به نظر می‌رسد. خشک‌کن میکروویو علاوه بر اینکه یک روش مناسب خشک کردن برای محصولات کشاورزی می‌باشد، در مواردی که به‌عنوان پیش‌تیمار نیز استفاده شده است سبب

افزایش یافت (Ennajjar *et al.*, 2010). مطالعات محققان نشان داده است که استفاده از توان‌های پایین میکروویو در خشک کردن گل‌های بابونه آلمانی به دلیل حفظ میزان اسانس و ترکیب کامازولن، برای خشک کردن گل‌های بابونه آلمانی مناسب‌تر از روش آون می‌باشد (Azizi *et al.*, 2009). نتایج حاصل از تحقیقی روی مرزنجوش نشان داد که روش میکروویو تحت خلأ بهترین روش خشک کردن مرزنجوش بود و بیشترین مقدار مواد مؤثره را حفظ نمود (Fiegel *et al.*, 2010).

در بین ترکیب‌های تشکیل‌دهنده گیاهان دارویی، اسانس‌ها جزء حساس‌ترین ترکیب‌ها به فرایند خشک کردن می‌باشند و حساسیت این ترکیب‌ها تعیین‌کننده میزان دمای مورد استفاده برای خشک کردن می‌باشد، زیرا افزایش دمای مواد گیاهی در طی فرایند خشک کردن ممکن است باعث تبخیر یا تخریب و در نتیجه از دست رفتن برخی اجزاء مهم اسانس‌ها گردد. یکی از موارد مهم در فرایند خشک کردن، انتخاب روش مناسب برای خشک کردن اندام‌های گیاهی می‌باشد. استفاده از روش نامناسب می‌تواند منجر به از بین رفتن کل مواد مؤثره موجود در آنها شود که باید با توجه به نوع مواد مؤثره گیاهان دارویی روش مناسبی برای خشک کردن انتخاب نمود. با توجه به نکات ذکر شده و اهمیت گیاه دارویی خوشاریزه، هدف از انجام این پژوهش ارزیابی تغییرات کمی و کیفی اسانس خوشاریزه عطری تحت تأثیر روش‌های مختلف خشک کردن بود.

مواد و روش‌ها

اندام‌های هوایی خوشاریزه در اواخر خرداد ماه سال ۱۳۹۸ از کوهپایه‌های اطراف شهرستان تویسرکان (واقع در جنوب استان همدان) در طول و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۳۶ دقیقه و ۲۴ ثانیه شمالی و ۴۸ درجه و ۱۹ دقیقه و ۳ ثانیه شرقی از نصف‌النهار گرینویچ و ارتفاع ۱۷۸۰ متر از سطح دریا جمع‌آوری شد. پس از جمع‌آوری گیاه خوشاریزه برای خشک کردن و ارزیابی

کاهش میزان رطوبت اولیه در محصول شده، در نتیجه زمان فرایند خشک شدن را کاهش داده است (Wang *et al.*, 2004). خشک کردن با امواج میکروویو نیز یکی از روش‌های جدید در خشک کردن گیاهان می‌باشد. کوتاه بودن زمان خشک کردن در این روش از مزایای مهم آن است. باین‌حال نتایج برخی تحقیقات در مورد گیاهان اسانس‌دار نشان می‌دهند که روش میکروویو با وجود خشک کردن سریع و حفظ رنگ مناسب مواد گیاهی، روش مناسبی برای خشک کردن نمی‌باشد، زیرا باعث کاهش قابل توجه روغن‌های فرار گیاه می‌گردد (Ebadi *et al.*, 2016). استفاده از فناوری خلأ در خشک کردن محصولات غذایی پدیده‌ای جدید و تازه می‌باشد. خشک کردن خلأیی روشی جایگزین برای روش خشک کردن مرسوم اتمسفری است. در این روش خارج شدن رطوبت از محصول در فشارهای پایین انجام می‌شود. در روش خشک کردن خلأیی واکنش‌های اکسیداسیون به دلیل عدم وجود هوا به حداقل رسیده و رنگ، طعم و بافت محصولات خشک شده تا حدی حفظ می‌شود.

در گیاه آویشن دنیایی مشخص شد که بالاترین درصد اسانس در آون ۳۰ درجه سلسیوس بدست آمد. همچنین تیمول به‌عنوان جزء غالب اسانس این گیاه در روش سایه از کمترین مقدار برخوردار بود (Ne'mati *et al.*, 2011). بررسی روش‌های مختلف خشک کردن (سایه، آفتاب و آون) در گیاه *Mentha pulegium* نشان داد که بیشترین و کمترین درصد اسانس به‌ترتیب در روش‌های سایه و آون بدست آمد. روش خشک کردن بر اجزاء اسانس نیز تأثیر گذاشت و بیان شد که تصمیم‌گیری در مورد انتخاب روش مناسب خشک کردن بستگی به ترکیب‌های مورد نظر اسانس خواهد داشت (Hassanpouraghdam & Hassani, 2014). در تحقیقی که در گیاه ارس (*Juniperus phoenicea* L.) انجام شد، اثر روش‌های خشک کردن بر ترکیب‌های عمده اسانس مطالعه شد. نتایج این تحقیق نشان داد که ترکیب‌های آلفا-پینن و ۳-۶-کارن با استفاده از روش خشک کردن در سایه

مدل DB-WAX (Agilent/J and W Scientific, Folsom, CA, USA) استفاده گردید. دتکتور آن از نوع یونیز و اشعه آن با حرارت ۲۱۰ درجه سلسیوس بود که در آن گاز هیدروژن و هوا با سرعت ۴۰ میلی‌لیتر بر دقیقه عبور داده شد. دمای اولیه در ۸۰ درجه سلسیوس به مدت ۲ دقیقه نگه داشته شد و بعد با تغییرات ۱۰ درجه در دقیقه به ۱۴۰ درجه رسید و پس از ۱ دقیقه با تغییرات ۴ درجه سلسیوس در دقیقه به ۱۹۰ درجه رسید و به مدت ۲ دقیقه نگه داشته شد و بعد با تغییرات ۲ درجه در دقیقه به ۲۱۰ درجه رسید. از هلیوم ذکر شده خالص با سرعت عبور ۱ میلی‌لیتر در دقیقه به‌عنوان گاز حامل استفاده شد. پیک‌های خروجی براساس زمان بازداری با نمونه‌های استاندارد مقایسه و تعیین هویت شد و براساس سطح زیرمنحنی تعیین غلظت گردیدند (Young-Cheol *et al.*, 2005). پس از پایان آزمایش‌ها، آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که روش‌های خشک کردن بر درصد اسانس و اجزای اسانس در سطح احتمال ۱٪ تأثیر معنی‌دار داشت (جدول ۱). نتایج نشان داد که بیشترین درصد اسانس به میزان ۳۹٪ از خشک کردن در میکروویو با توان ۴۰۰ وات بدست آمد، همچنین کمترین درصد اسانس از گیاه تازه، آون ۶۵ درجه سلسیوس و آون خلأ ۵۵ و ۶۵ درجه سلسیوس حاصل شد. در آون و آون خلأ با افزایش دما درصد اسانس کاهش پیدا کرد و دمای مناسب ۴۵ درجه سلسیوس بود. براساس نتایج ۳۲ ترکیب در اسانس گیاه خوشاریزه در روش‌های مختلف خشک کردن شناسایی شد که در بین آنها ترانس بتا-اوسیمین، آلفا-فلاندرن، سیس اوسیمین، بتا-فلاندرن، پی‌سیمین، بتا-پینن، آلفا-پینن، ولوتون، ترانس کاروئول، لینالول و دی‌جرماکرن اجزای اصلی

خصوصیات فیتوشیمیایی به آزمایشگاه رازی واقع در دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات منتقل و مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت. گیاهان جمع‌آوری شده پس از تمیز کردن، شستن و جدا کردن ریشه آنها برای خشک کردن به‌صورت طبیعی و مصنوعی توسط ترازوی دیجیتالی وزن شده و در وزن‌های یک کیلوگرمی تقسیم شده و بعد به آزمایشگاه منتقل شدند. این آزمایش به‌صورت طرح کاملاً تصادفی با ۱۲ تیمار در سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل گیاه تازه برداشت شده (شاهد)، خشک کردن در سایه و دمای اتاق (با دمای حدود 26 ± 3 درجه سلسیوس و جریان تهویه مناسب اتاق)، خشک کردن در آفتاب (به‌طور سنتی در نور مستقیم خورشید در مزرعه)، خشک کردن با آون در دمای ۴۵، ۵۵ و ۶۵ درجه سلسیوس، خشک کردن با آون خلأ در دمای ۴۵، ۵۵ و ۶۵ درجه سلسیوس، خشک کردن با میکروویو با توان ۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ وات بود. در تمام نمونه‌ها شرایط خشک کردن به‌صورت یکنواخت تا زمانی که وزن خشک نمونه مورد بررسی تغییر نکند و ثابت بماند حفظ شد. برای اسانس‌گیری اندام خشک گیاه از دستگاه کلونجر به روش تقطیر با آب استفاده شد. ۳۰ گرم از اندام هوایی آسیاب شده همراه با مقدار کافی آب مقطر درون بالن مخصوص دستگاه ریخته و عمل اسانس‌گیری با حرارت دادن بالن مزبور شروع شد. از لحظه به جوش آمدن، عمل اسانس‌گیری به مدت سه ساعت انجام شد. سپس دستگاه خاموش شد و پس از خنک شدن (۳۰ دقیقه)، اسانس استخراج شده با استفاده از سولفات سدیم خشک رطوبت‌زدایی گردید و درصد اسانس با استفاده از فرمول بازده اسانس محاسبه شد (Jaimand & Rezaee, 2006). برای تجزیه نمونه‌های اسانس و اندازه‌گیری دقیق ترکیب‌های موجود در آن از دستگاه کروماتوگرافی گازی استفاده شد. بدین منظور از دستگاه گاز کروماتوگراف مدل Hewlett-Packard 6890 دارای انجکتور splitless و ستون موئینه به طول ۳۰ متر و قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت فیلم ۲۵ میلی‌متر

گاما دودکالاکتون (۰/۹۶٪) و فنیل اکتیک اسید (۰/۸۶٪) را تیمار آون خلأ با دمای ۶۵ درجه سلسیوس به خود اختصاص داد. بیشترین آلفا-تریپتول به مقدار ۰/۷۳٪ و ۰/۷۱٪ به ترتیب از تیمارهای خشک کردن در سایه اتاق و آون ۴۵ درجه سلسیوس حاصل شد. همچنین حداکثر لینالول به میزان ۳/۵۷٪ در خشک کردن با آون خلأ ۵۵ درجه سلسیوس بدست آمد. نتایج بررسی‌ها حکایت از آن داشت که بیشترین دی‌جرماکرن (۴/۹۱٪) و بتا-کاریوفیلن (۱/۱۳٪) مربوط به آون ۶۵ درجه سلسیوس بود. همچنین بالاترین Z -نوسیفرول (۱/۷۶٪) در تیمار میکروویو ۴۰۰ وات مشخص شد. حداکثر کاریوفیلن اکسید (۱/۹۷٪) را آون با دمای ۵۵ درجه سلسیوس نشان داد. مشاهده شد که بالاترین سیس تری هگزینل بنزوات به میزان ۰/۸۴٪ و گاما-دکالاکتون به مقدار ۱/۰۶٪ و ۱/۱۱٪ مربوط به آون و آون خلأ ۶۵ درجه سلسیوس بود. اجینول (۰/۴۸٪) و متیل اجینول (۰/۵۸٪) فقط در تیمار خشک کردن در سایه اتاق مشاهده گردید. نتایج نشان داد که بالاترین مونوترین‌های هیدروکربن به مقدار ۸۲/۱۷٪ و ۸۲/۱٪ از خشک کردن با میکروویو ۲۰۰ وات، مونوترین‌های اکسیژن‌دار به مقدار ۹/۱۷٪ از خشک کردن با آون ۴۵ درجه سلسیوس، سزکوئی‌ترین‌های هیدروکربن به مقدار ۶/۰۴٪ از خشک کردن با آون ۶۵ درجه سلسیوس، سزکوئی‌ترین‌های اکسیژن‌دار به مقدار ۵/۰۲٪ و ۴/۹۷٪ به ترتیب از خشک کردن با آون ۵۵ درجه سلسیوس و سایه اتاق حاصل شد. همچنین بیشترین سایر ترکیب‌ها به میزان ۵/۰۲٪ مربوط به خلأ آون ۶۵ درجه سلسیوس و کمترین مقدار آن (۰/۴۱٪) مربوط به میکروویو با توان ۲۰۰ وات بود.

بودند. همچنین مونوترین‌های هیدروکربن بیشترین بخش گروه‌های اجزای اسانس خوشاریزه را تحت تیمارهای مختلف تشکیل دادند. بالاترین درصد ترکیب‌های اسانس به مقدار ۹۷/۲۷٪ مربوط به خشک کردن در سایه اتاق بود که با تیمار آون ۴۵ درجه سلسیوس به مقدار ۹۵/۴٪ در یک گروه آماری قرار داشت. در آون و آون خلأ با افزایش دما درصد ترکیب‌های اسانس تقلیل یافت (جدول ۲). حداکثر ترانس بتا-اوسیمین به میزان ۵۷/۵۲٪ در خشک کردن با روش میکروویو ۲۰۰ وات بدست آمد. بالاترین سیس اوسیمین به میزان ۴/۵۷٪، بورنتول و سیس وربنول به ترتیب به مقدار ۰/۴٪ و ۰/۶۵٪ در گیاه تازه مشاهده شد. بیشترین بتا-فلاندرن به مقدار ۹/۲۴٪ و آلفا-فلاندرن به میزان ۱۶/۵۲٪ در خشک کردن با آون ۴۵ درجه سلسیوس مشخص گردید. بیشترین آلفا-پینن (۵/۱۵٪) و ولوتون (۳/۷۸٪) در خشک کردن با آون ۴۵ درجه سلسیوس بدست آمد. حداکثر پی‌سیمن را تیمار خشک کردن در آفتاب به مقدار ۵/۰۵٪ نشان داد. همچنین بیشترین بتا-پینن به میزان ۱/۹۴٪ و دک‌دی انال به مقدار ۰/۴۳٪ از خشک کردن با آون ۵۵ درجه سلسیوس حاصل شد. بالاترین سابینن به مقدار ۰/۴۹٪ و گرانیل اکتات به میزان ۰/۸۵٪ مربوط به خشک کردن در سایه اتاق بود. بیشترین آلفا-تریپتول اکتات (۰/۲۵٪)، کارواکرول (۰/۰۶٪)، اسپاتونول (۱/۱۶٪) در خشک کردن در سایه اتاق بدست آمد. همچنین حداکثر ترانس کارونول به مقدار ۱/۹۲٪ در خشک کردن با آون ۴۵ درجه سلسیوس مشاهده شد که با تیمار آون ۵۵ درجه سلسیوس در یک گروه آماری قرار گرفت. براساس نتایج بدست آمده بالاترین وربنون (۰/۹۱٪)، گلوبولول (۲/۹۴٪)، تری‌متیل سیکلو پنتادین (۱/۲۵٪)،

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف خشک کردن بر ترکیب‌های مؤثره اسانس گیاه خوشاریزه عطری

alpha pinene	sabinene	beta pinene	alpha phellandrene	p-cymene	beta phellandrene	cis ocimene	trans beta ocimene	درصد کل ترکیب‌های اسانس	درصد اسانس	درجه آزادی	منابع تغییرات
۴/۱۶۵**	۰/۰۹۲**	۰/۷۰۴**	۱۴/۰۳۳**	۷/۰۶۹**	۱۵/۳۳۱**	۶/۴۶۶**	۱۶۸/۷۱**	۲۸۸/۲۵**	۰/۰۴۹**	۱۱	تیمار
۰/۰۳۷	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۷	۳/۴۵۱	۰/۰۴۲	۰/۲۴۲	۰/۰۲۶	۶/۳۷۲	۷/۰۵	۰/۰۰۰۱۷	۲۴	خطا
۶/۵۰	۱۵/۵۳	۸/۱۲	۱۳/۹۸	۱۲/۲۷	۱۰/۶۷	۱۳/۲۲	۵/۳۸	۳/۱۴	۷/۱۶		ضریب تغییرات (%)

n.s و ** و *: به ترتیب به معنی عدم معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪ است.

ادامه جدول ۱- ...

linalool	cis verbenol	borneol	alpha terpineol	verbenone	trans carveol	carvacrol	veloutone	alpha terpinyl acetate	geranyl acetate	درجه آزادی	منابع تغییرات
۱/۹۱۵**	۰/۲۴۳**	۰/۰۴۶**	۰/۲۵۹**	۰/۲۲۲**	۰/۶۸۴**	۰/۰۰۱**	۵/۲۸۱**	۰/۰۲۹**	۰/۲۳۴**	۱۱	تیمار
۰/۰۲۵	۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۴	۰/۰۰۰۰۴	۰/۰۲۰	۰/۰۰۰۰۸	۰/۰۰۰۱	۲۴	خطا
۹/۳۶	۱۳/۱۵	۱۴/۹۹	۱۱/۷۰	۱۱/۷۹	۵/۹۳	۱۷/۵۳	۱۲/۹۰	۱۳/۹۷	۹/۱۲		ضریب تغییرات (%)

n.s و ** و *: به ترتیب به معنی عدم معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪ است.

ادامه جدول ۱- ...

gamma decalactone	cis-3-hexenyl benzoate	gamma dodecalactone	trimethyl cyclopentadiene	spathulenol	globulol	caryophyllene oxide	Nuciferol<Z->	beta caryophyllene	germacrene-D	درجه آزادی	منابع تغییرات
۰/۴۶۳**	۰/۳۲۲**	۰/۴۰۳**	۰/۴۴۱**	۰/۵۶۲**	۳/۰۳۱**	۱/۷۵۲**	۱/۰۵۴**	۰/۵۲۶**	۳/۳۲۷**	۱۱	تیمار
۰/۰۰۴	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۵	۰/۰۱۱	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۵۲	۲۴	خطا
۱۱/۲۳	۱۰/۲۵	۱۰/۵۳	۱۰/۱۲	۱۶/۲۵	۱۱/۳۰	۷/۳۷	۷/۰۴	۱۵/۱۶	۷/۷۹		ضریب تغییرات (%)

n.s و **: به ترتیب به معنی عدم معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪ است.

ادامه جدول ۱- ...

others	oxygenated sesquiterpenes	hydrocarbon sesquiterpenes	oxygenated monoterpenes	hydrocarbon monoterpenes	DEC-2-Enal	phenyl acetic acid	methyl eugenol	eugenol	درجه آزادی	منابع تغییرات
۷/۴۴**	۷/۶۷**	۵/۶۸۱**	۲۱/۷۹**	۳۰۶/۴۸**	۰/۱۳۳**	۰/۳۹۲**	۰/۰۸۴**	۰/۰۵۷**	۱۱	تیمار
۰/۰۱۴	۰/۰۲۹	۰/۰۴۵	۰/۰۷۴	۷/۴۲	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۰۳	۲۴	خطا
۶/۷۱	۶/۷۷	۶/۸۵	۵/۴۳	۳/۷۹	۸/۸۱	۱۱/۳۰	۱۴/۲۶	۱۴/۸۳		ضریب تغییرات (%)

n.s و **: به ترتیب به معنی عدم معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪ است.

جدول ۲- نتایج مقایسه میانگین تیمارهای مختلف خشک کردن بر ترکیب‌های مؤثره اسانس گیاه خوشاریزه عطری

alpha pinene	sabinene	beta pinene	alpha phellandrene	p-cymene	beta phellandrene	cis ocimene	trans beta ocimene	درصد کل ترکیب‌های اسانس	درصد اسانس	تیمارهای خشک کردن
۲/۳۵e	۰/۳c	۰/۷۳h	۱۱/۳۲cd	۲/۷۵b	۲/۰۸h	۴/۵۷a	۵۲/۱۱bc	۸۶/۳۴cd	۰/۰۷g	گیاه تازه
۱/۸۳f	۰/۴۹a	۰/۷۴h	۱۲/۱۳bcd	۲/۵۳b	۵/۶۳cd	.	۵۴/۳۶ab	۹۷/۲۷a	۰/۲۲d	سایه اتاق
۲/۶۷e	۰/۳۴b	۰/۸۷gh	۱۵/۳۲ab	۵/۰۵a	۴/۲۷ef	.	۴۷/۳de	۸۳/۴۹de	۰/۱۷e	آفتاب
۵/۱۵a	.	۱/۱۷de	۱۶/۵۲a	۱/۹۲c	۹/۲۴a	۲/۲۵b	۴۳/۴۵ef	۹۵/۴a	۰/۱۱f	آون °C ۴۵
۴/۷۹b	.	۱/۹۴a	۱۴/۳۱abc	.	۷/۸۷b	.	۳۵/۹۹g	۷۹/۸۹ef	۰/۱f	آون °C ۵۵
۳/۲۵d	.	۱/۱ef	۸/۸۷d	.	۴/۰۸ef	.	۳۴/۱۶g	۶۴/۱۸h	۰/۰۶g	آون °C ۶۵
۴/۴c	.	۱/۵۷b	۱۵/۲۱ab	۱/۵۳d	۶/۱c	۱/۶۹c	۴۷/۹۵cde	۹۴/۳۳ab	۰/۲۹c	آون خلأ °C ۴۵
۳/۱۳d	.	۱/۲۸cd	۱۲/۰۹bcd	.	۴/۹۲de	.	۴۴/۲۴def	۸۱/۳۶ef	۰/۰۷g	آون خلأ °C ۵۵
۱/۹۹f	.	.	۱۱/۴cd	.	۲/۲۲h	.	۴۰/۹f	۷۲/۷۲g	۰/۰۶g	آون خلأ °C ۶۵
۱/۹۷f	.	۰/۹۸fg	۱۳/۹۹abc	۲/۸b	۲/۷۹gh	۲/۱۲b	۵۷/۵۲a	۸۸/۶۵c	۰/۳۶b	میکروویو W ۲۰۰
۲/۴۲e	.	۱/۳۹c	۱۴/۶۵abc	۱/۹۵c	۳/۵۱fg	۲/۱۴b	۵۶/۰۵ab	۹۰/۱۵bc	۰/۳۹a	میکروویو W ۴۰۰
۱/۹۶f	.	۱/۱ef	۱۳/۶abc	۱/۶۵cd	۲/۶۷gh	۲/۰۱b	۴۸/۳۱cd	۷۷/۹۹f	۰/۳۴b	میکروویو W ۶۰۰

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار ($P < 0.05$) نمی‌باشند.

ادامه جدول ۲- ...

linalool	cis verbenol	borneol	alpha terpineol	verbenone	trans carveol	carvacrol	veloutone	alpha terpinyl acetate	geranyl acetate	تیمارهای خشک کردن
۱/۰۱g	۰/۶۵a	۰/۴a	۰/۵۱bc	۰/۲۸d	۰/۹e	۰/۰۵b	۱/۰۳d	۰/۲۳b	۰/۵۳b	گیاه تازه
۱/۸cd	۰/۵c	۰/۲b	۰/۷۳a	۰/۴۸b	۱/۳۶c	۰/۰۶a	۱/۹۱c	۰/۲۵a	۰/۸۵a	سایه اتاق
۱/۷cd	۰/۳۱d	۰/۱c	۰/۴۱d	۰/۲۳de	۰/۷۴f	۰/۰۳c	۰/۳۹e	۰/۱۵c	۰/۳c	آفتاب
۲/۳۸b	.	.	۰/۷۱a	۰/۳۸c	۱/۹۲a	.	۳/۷۸a	.	.	آون ۴۵ °C
۲/۴۸b	.	.	۰/۵۶b	.	۱/۸۱a	.	۱/۱۱d	.	.	آون ۵۵ °C
۱/۵۴de	.	.	.	.	۰/۹۵e	.	.	.	.	آون ۶۵ °C
۳/۵۷a	.	.	۰/۴۶cd	۰/۲۷de	۱/۶۲b	.	۳/۱۴b	.	.	آون خلأ ۴۵ °C
۱/۹۴c	.	.	۰/۳۳e	.	۱/۴۴c	.	۲c	.	.	آون خلأ ۵۵ °C
۱/۳۸ef	.	.	.	۰/۹۱a	۰/۹e	.	.	.	.	آون خلأ ۶۵ °C
۱/۱۷fg	۰/۶۱ab	.	.	۰/۲۳e	۰/۳۸g	.	.	۰/۱۴c	.	میکروویو ۲۰۰ W
۰/۹۶gh	۰/۵۸b	.	.	.	۱/۱۳d	.	.	.	.	میکروویو ۴۰۰ W
۰/۷۲h	.	.	.	.	۰/۶۹f	.	.	.	.	میکروویو ۶۰۰ W

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی دار ($P < 0.05$) نمی‌باشند.

ادامه جدول ۲- ...

gamma decalactone	cis-3-hexenyl benzoate	gamma dodecalactone	trimethyl cyclopentadiene	spathulenol	globulol	caryophyllene oxide	nuciferol<Z->	beta caryophyllene	germacrene-D	تیمارهای خشک کردن
۰/۵۵e	.	.	.	۰/۳۸d	۰/۶d	۰/۷e	۰/۱۳e	.	۲/۱۷d	گیاه تازه
۰/۶۹cd	۰/۳۹c	۰/۴c	.	۱/۱۶a	۱/۸۷h	۱/۷۱b	۰/۲۳d	.	۳/۳۸c	سایه اتاق
۰/۶۲de	.	.	.	۰/۲۴e	۰/۴۵d	۰/۲۴f	۰/۰۹e	.	۱/۶۷e	آفتاب
.	.	.	.	۰/۹۷b	۰/۸۷c	۱/۱۲d	۰/۹۳c	.	۱/۸۵de	آون ۴۵ °C
۰/۷۶c	.	.	.	.	۲/۰۳b	۱/۹۷a	۱/۰۲b	.	۲/۲۴d	آون ۵۵ °C
۱/۰۶a	۰/۸۴a	۰/۹۱b	۰/۵۸b	.	.	.	.	۱/۱۳a	۴/۹۱a	آون ۶۵ °C
.	۰/۳۳d	.	.	۰/۴۵d	۰/۶۱d	۱/۲۶c	.	.	۳/۷۸bc	آون خلأ ۴۵ °C
۰/۸۸b	۰/۵۵b	.	.	.	۱/۹۷b	۱/۶۸b	.	.	۳/۷۳bc	آون خلأ ۵۵ °C
۱/۱۱a	۰/۸۴a	۰/۹۶a	۱/۲۵a	.	۲/۹۴a	.	.	۱/۰۲b	۴/۰۴b	آون خلأ ۶۵ °C
.	.	.	.	۰/۲۵e	.	۰/۲۶f	۱b	.	۲/۰۳de	میکروویو ۲۰۰ W
۰/۷۱cd	.	.	.	۰/۸۱c	.	.	۱/۷۶a	.	۲/۱d	میکروویو ۴۰۰ W
۰/۷۴cd	۰/۲۱e	.	.	۰/۹b	.	.	.	.	۳/۳۷c	میکروویو ۶۰۰ W

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی دار ($P < 0.05$) نمی باشند.

ادامه جدول ۲- ...

Others	oxygenated sesquiterpenes	hydrocarbon sesquiterpenes	oxygenated monoterpenes	hydrocarbon monoterpenes	DEC-2-Enal	phenyl acetic acid	methyl eugenol	eugenol	تیمارهای خشک کردن
۰/۵۵hi	۱/۸۱e	۲/۱۷e	۵/۶c	۷۶/۲۱b	.	.	.	.	گیاه تازه
۳/۰۷c	۴/۹۷a	۳/۳۸d	۸/۱۴b	۷۷/۷۱ab	.	۰/۵۳c	۰/۵۸a	۰/۴۸a	سایه اتاق
۰/۶۲ghi	۱/۰۲g	۱/۶۷f	۴/۳۶d	۷۵/۸۲bc	.	.	.	.	آفتاب
۰/۷۹fg	۳/۸۹b	۱/۸۵ef	۹/۱۷a	۷۹/۷ab	۰/۴۱ab	۰/۳۸d	.	.	آون °C ۴۵
۱/۷۷e	۵/۰۲a	۲/۲۴e	۵/۹۶c	۶۴/۹d	۰/۴۳a	۰/۵۸c	.	.	آون °C ۵۵
۴/۱۸b	.	۶/۰۴a	۲/۴۹f	۵۱/۴۶f	.	۰/۷۹b	.	.	آون °C ۶۵
۰/۷۲gh	۲/۳۲d	۳/۷۸c	۹/۰۶a	۷۸/۴۵ab	۰/۳۹b	.	.	.	آون خلأ °C ۴۵
۲/۶۱d	۳/۶۵b	۳/۷۳cd	۵/۷۱c	۶۵/۶۶d	۰/۴۱ab	۰/۷۷b	.	.	آون خلأ °C ۵۵
۵/۰۲a	۲/۹۴c	۵/۰۶b	۳/۱۹e	۵۶/۵۱e	.	۰/۸۶a	.	.	آون خلأ °C ۶۵
۰/۴۱i	۱/۵۱f	۲/۰۳ef	۲/۵۳f	۸۲/۱۷a	۰/۴۱ab	.	.	.	میکروویو W ۲۰۰
۰/۷۱gh	۲/۵۷d	۲/۱e	۲/۶۷f	۸۲/۱a	.	.	.	.	میکروویو W ۴۰۰
۰/۹۵f	۰/۹۷g	۳/۳۷d	۱/۴۱g	۷۱/۳c	.	.	.	.	میکروویو W ۶۰۰

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی دار ($P < 0.05$) نمی باشند.

بحث

گیاهان دارویی عمدتاً نسبت به درجه حرارت‌های بالا حساسند و دمای نامناسب سبب تغییراتی در مواد مؤثره آنها می‌شود، بنابراین معمولاً از دماهای بالا برای خشک کردن گیاهان دارویی استفاده نمی‌کنند. اگر برای خشک کردن اندام‌ها از درجه حرارت‌های بسیار بالا و همچنین تهویه‌های سریع استفاده شود، آب موجود در قسمت‌های خارجی به سرعت خارج می‌گردد ولی رطوبت قسمت‌های میانی اندام امکان خروج نمی‌یابد و در همانجا باقی می‌ماند که در این حالت قسمت‌های خارجی اندام به صورت قهوه‌ای و برشته درمی‌آید و رطوبت موجود در قسمت‌های میانی آن باعث تجزیه و فاسد شدن مواد مؤثره موجود می‌گردد (Adak et al., 2017). خشک کردن یکی از قدیمی‌ترین روش‌های نگهداری محصولات کشاورزی می‌باشد و انتخاب روش مناسب خشک کردن با توجه به خصوصیات فیزیکی و ترکیب‌های ارزشمند غذایی یا دارویی، مصرف انرژی و ... اهمیت زیادی دارد (Adak et al., 2017). طی این فرایند که باعث کاهش محتوای رطوبتی اندام‌های مختلف گیاهی می‌گردد، مولکول‌های رطوبت به سطح اندام حرکت می‌نمایند، از این رو این امکان وجود دارد که طی فرایند خشک کردن، ترکیبات آروماتیک و معطر نیز همراه با آب از اندام تبخیر شوند که در نتیجه به دلیل از دست رفتن بخشی از این ترکیب‌ها، کیفیت محصول خشک شده افت می‌نماید.

اسانس‌ها و ترکیب‌های فنلی به‌عنوان بخش‌های مهم مواد مؤثره گیاهان دارویی می‌باشند که تحت تأثیر فاکتورهای محیطی، شرایط رشد و عملیات پس از برداشت قرار می‌گیرند. کاهش مقدار اسانس با افزایش دما در اثر تبخیر اسانس به همراه رطوبت در هنگام خشک شدن می‌باشد. گزارش شده است که در روش استفاده از میکروویو سرعت خشک شدن بیشتر از سایر روش‌هاست و نمونه‌های خشک شده نیز از نظر ظاهری دارای کیفیت بهتری هستند (Hussein, 2011). محققان

بیان کردند که افزایش در دمای خشک کردن تأثیر مهمی بر میزان ترکیب‌های فنلی دارد. بنابر نظر آنها تشکیل ترکیب‌های فنلی در دمای بالا ممکن است به دلیل در دسترس بودن پیش‌سازهای ترکیب‌های فنلی همراه با تبادلات غیرآزیمی بین این مولکول‌ها باشد (Que et al., 2008). دماهای بالاتر باعث می‌شود که محصول در مدت زمان کوتاه‌تری خشک شود، اما آسیب‌های حرارتی محصول در طول خشک شدن به‌طور مستقیم با افزایش دما بیشتر می‌گردد و دمای بالا روی میزان اسانس موجود در گیاهان و کیفیت آنها تأثیر منفی می‌گذارد (Ebadi et al., 2011)؛ دلیل این پدیده این است که در طول فرایند خشک کردن، رطوبت از طریق سطح برگ منتشر می‌شود و به‌علت اینکه غده‌های حاوی اسانس در نزدیکی سطح برگ هستند، مقداری از اسانس گیاه در طول فرایند خشک شدن از بین می‌رود که این امر می‌تواند دلیل کاهش میزان اسانس در طول خشک شدن در دماهای بالاتر باشد (Mashkani et al., 2018).

از دلایل دیگر کاهش اسانس در دماهای بالا می‌توان به فرار بودن اسانس، واکنش‌های اکسیداسیون در طول فرایند خشک شدن، تغییر در نفوذپذیری غشاء، سنتز ترکیب‌های جدید و ذخیره در سلول، تجزیه تحت تأثیر گرما و خروج اسانس همراه با خروج آب در زمان فرایند خشک شدن اشاره نمود (Samadi et al., 2018). در تحقیقی روی گیاه ریحان مشاهده شد که افزایش توان مایکروویو باعث از بین رفتن مواد فیتوشیمیایی محصول ریحان شد. همچنین افزایش زمان ماندگاری محصول در داخل مایکروویو باعث از دست رفتن بیشتر مواد فیتوشیمیایی و اسانس گیاه دارویی ریحان گردید (Ebadi et al., 2013). گزارش کرده‌اند که با افزایش دمای خشک کردن، درصد اسانس و مقدار مونوترین‌ها در ترکیب اسانس کاهش می‌یابد، در حالیکه میزان سزکویی‌ترین‌های اسانس افزایش یافت. چنین نتیجه‌ای ممکن است ناشی از وزن مولکولی پایین مونوترین‌ها در مقایسه با سزکویی‌ترین‌ها باشد که در دماهای بالاتر سریع‌تر

- oil content and composition of basil (*Ocimum basilicum* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 29(2): 425-437.
- Ebadi, M.T., Azizi, M., Sefidkon, F. and Ahmadi, N., 2016. Effects of organic and chemical fertilizers on leaf yield, essential oil content and composition of lemon verbena (*Lippia citriodora* Kunth.). Journal of Horticulture Science, 30: 293-302.
 - Ennajjar, M., Bouajila, J., Lebrihi, A., Mathieu, F., Savagnac, A., Abderraba, M., Raiesf, A. and Romdhane, M., 2010. The influence of organ, season and drying method on chemical composition and antioxidant and antimicrobial activities of *Juniperus phoenicea* L. essential oils. Journal of Science and Food Agriculture, 90: 462-470.
 - Fayyaz, N., Mohamadi Sani, A. and Najaf Najafi, M., 2015. Antimicrobial activity and composition of essential oil from *Echinophora platyloba*. Journal Essential Oil Bearing Plants, 18(5): 1157-1164.
 - Figiel, A., Szumny, A., Gutierrez-Ortiz, A. and Carbonell-Barrachina, A.A., 2010. Composition of oregano essential oil (*Origanum vulgare*) as affected by drying method. Journal of Food Engineering, 98(2): 240-247.
 - Georgiou, C., Koutsaviti, A., Bazos, I. and Tzakou, O., 2010. Chemical composition of *Echinophora tenuifolia* subsp. *sibthorpiana* essential oil from Greece. Records of Natural Products, 4: 167-170.
 - Glamoclija, J.M., Sokovic, M.D., Siljegovic, J.D., Ristic, M.S., Ciric, A.D. and Grubisic, D.V., 2011. Chemical composition and antimicrobial activity of *Echinophora spinosa* L. (Apiaceae) essential oil. Records of Natural Products, 5(4): 319-323.
 - Guine, R.P., Pinho, S. and Barroca, M.J., 2011. Study of the convective drying of pumpkin (*Cucurbita maxima*). Food and Bioproducts Processing, 89(4): 422-428.
 - Hassanpouraghdam, M.B. and Hassani, A., 2014. Oven and conventional drying methods affect volatile oil content and composition of *Mentha pulegium* L. Journal of Essential Oil Bearing Plants, 17(2): 346-352.
 - Hassanpouraghdam, M.B., Shalamzari, M.S. and Sefidkon, N., 2009. GC/MS analysis of *Echinophora platyloba* DC essential oil from Northwest Iran: a potential source of (Z)- β -ocimene and α -phellandrene. Chemija, 20: 120-23.
 - Hussein, E.H., 2011. Effect of different drying methods on essential oil and antioxidants activity of *Mentha spicata* and *Origanum marjorana*. Journal of Agricultural Research, 37(2): 385-394.
 - Jaimand, K. and Rezaee, M.B., 2006. Essential Oil, Distillation Devices, Test Methods and Retention Indices in Essential Oil Analysis. Community Medicinal Plant of Iran Press, Tehran, 350p.
- از اندام‌های گیاهی خارج می‌شوند (Khangholi & Rezaeinodehi, 2008). نتایج نشان داد که در آون و آون خلاً با افزایش دما درصد اسانس کاهش پیدا کرد و دمای مناسب ۴۵ درجه سلسیوس بود. براساس نتایج تحقیقات سایرین، افزایش دما باعث کاهش شدید ترکیب‌های فرار آویشن و مریم‌گلی می‌گردد. این کاهش به دلیل از بین رفتن مونوترپن‌های غیر اکسیژنه می‌باشد (Venskutonis, 1997). شایان ذکر است که این نتایج با گزارش‌های سایر محققان نیز همخوانی داشت (Ebadi et al., Ne'mati et al., 2011). (2016).
- به‌عنوان نتیجه‌گیری نهایی باید گفت که در مجموع یافته‌های این تحقیق نشان داد که روش خشک کردن اندام‌های هوایی گیاه خوشاریزه عطری در روش میکروویو دارای بیشترین میزان بازده اسانس بود. همچنین با افزایش دما در آون و آون خلاً میزان ترکیب‌های مؤثره کاهش یافته و می‌توان دلیل این امر را تأثیرات دما و گرما بر روی ترکیب‌های شیمیایی دانست.

منابع مورد استفاده

- Adak, N., Heybeli, N. and Ertekin, C., 2017. Infrared drying of strawberry. Food Chemistry, 219: 109-116.
- Aqababa, H., Golkary, H., Zarei, A. and Changizi-Ashtiyani, S., 2016. Effect of aerial parts extract of *Echinophora platyloba* on liver and kidney function tests in obese hypercholesterolaemia rats. Journal of Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, 23(10): 943-956.
- Azizi, M., Rahmati, M., Ebadi, M.T. and Hasanzadeh 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 Research, 25(2): 182-192.
- Ebadi, M.T., Rahmati, M., Azizi, M. and Hasanzadeh-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 Medical Sciences, 26(4): 477-489.
- Ebadi, M.T., Rahmati, M., Azizi, M., Hasanzadeh Khayyat, M. and Dadkhah, A.R., 2013. The effect of different drying methods on drying time, essential

- Pilevar, Z., Hosseini, H., Hajimehdipoor, H., Shahraz, F., Alizadeh, L. and Mousavi Khaneghah, A., 2017. The anti-Staphylococcus aureus effect of combined *Echinophora platyloba* essential oil and liquid smoke in beef. *Food Technology and Biotechnology*, 55: 117-124.
- Que, F., Mao, L., Fang, X. and Wu, T., 2008. Comparison of hot air-drying and freeze-drying on the physicochemical properties and antioxidant activities of pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.) flours. *International Journal of Food Science and Technology*, 43(7): 1195-1201.
- Rita, P. and Animesh, D.K., 2011. An updated overview on peppermint (*Mentha piperita* L.). *International Research Journal of Pharmacy*, 2(8): 1-10.
- Samadi, L., Larijani, K., Naghdi Badi, H.A. and Mehrfarin, A., 2018. Quality and quantity variation of the essential oils of *Deracocephalum kotschy* Boiss., as affected by different drying methods. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(11): 1-12.
- Venskutonis, P.R., 1997. Effect of drying on the volatile constituents of Thyme (*Thymus vulgaris*) and sage (*Salvia officinalis*). *Food Chemistry*, 52(9): 219-277.
- Wang, J., Xiong, Y.S. and Yu, Y., 2004. Microwave drying characteristics of potato and the effect of different microwave powers on the dried quality of potato. *European Food Research and Technology*, 219(5): 500-506.
- Young-Cheol, Y., Hoi-Seon, L., Si Hyeock Lee, J., Marshall, C. and Young-Joon, A., 2005. Ovicidal and adulticidal activities of *Cinnamomum zeylanicum* bark essential oil compounds and related compounds against *Pediculus humanus capitis* (Anoplura: Pediculidae). *International Journal for Parasitology*, 35: 1595-1600.
- Khangholi, S. and Rezaeinodehi, A., 2008. Effect of drying temperature on essential oil content and composition of Sweet Wormwood (*Artemisia annua*) growing wild in Iran. *Pakistan Journal of Biological Science*, 11(6): 934-937.
- Mashkani, M.R.D., Larijani, K., Mehrfarin, A. and Badi, H.N., 2018. Changes in the essential oil content and composition of *Thymus daenensis* Celak. under different drying methods. *Industrial Crops and Products*, 112: 389-395.
- Mirghazanfari, S.M., Hosseinzadeh, L., Shokoohinia, Y., Aslany, M. and Kamali Nejad, M., 2012. Acute and subchronic toxicological evaluation of *Echinophora platyloba* DC. (Apiaceae) total extract in Wistar rats. *Clinics*, 67(5): 497-502.
- Moreira, G.E.G., Costa, M.G.M., de Souza, A.C.R., de Brito, E.S., de Medeiros, M.F.D. and de Azeredo, H.M.C., 2009. Physical properties of spray dried acerola pomace extract as affected by temperature and drying aids. *LWT-Food Science and Technology*, 42(2): 641-645.
- Motevali, A., Minaei, S., Banakar, A., Ghobadian, B. and Khoshtaghaza, M.H., 2014. Comparison of energy parameters in various dryers. *Energy Conversion and Management*, 87: 711-725.
- Ne'mati, Sh., Sefidkon, F. and Poorherave, M., 2011. The effects of drying methods on essential oil content and composition of *Thymus daenensis* Celak. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 27(1): 72-80.
- Oliveira, W.P., Bott, R.F. and Souza, C.R., 2006. Manufacture of standardized dried extracts from medicinal Brazilian plants. *Drying Technology*, 24(4): 523-533.
- Oztekin, S. and Martinov, M., 2007. *Medicinal and Aromatic Crops: Harvesting, Drying and Processing*. Haworth Food and Agricultural Products Press, New York, 320p.

Evaluation of quantitative and qualitative changes in *Echinophora platyloba* DC. essential oil under the influence of different drying methods

V. Abdossi^{1*}, B. Tavakoli², A. Mehrafarin³ and H.A. Naghdibadi³

1*- Corresponding author, Department of Horticulture and Agronomy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, E-mail: abdossi@yahoo.com

2- M.Sc. student, Department of Horticulture science and Agronomy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

3- Cultivation and Development Department of Medicinal Plants Research Center, Institute of Medicinal Plants, ACECR, Karaj, Iran

Received: August 2020

Revised: January 2021

Accepted: January 2021

Abstract

To evaluate the quantitative and qualitative characteristics of *Echinophora platyloba* DC. under the influence of different drying methods, an experiment was conducted in a completely randomized design with 12 treatments and three replications in 2019. The experimental treatments included fresh plant, drying the plant in the shade and sun, drying the plant with an oven at three temperatures of 45, 55, and 65 °C, drying the plant with a vacuum oven at three temperatures of 45, 55, and 65 °C, and drying the plant with a microwave at three powers of 200, 400, and 600 W. The aerial parts of the plant was collected from the heights of Tuyserkhan city in Hamedan province in June and was affected by the different drying methods. The essential oil was extracted by Clevenger apparatus and then its components were identified by GC-MS. The findings of this study showed that the different methods of plant drying had a significant effect on the percentage and all the components of essential oil. The microwave drying method at 400 W, despite not being suitable for preserving the secondary metabolites of the plant, caused the highest essential oil content. The shade-drying method, despite the long drying time, was the most suitable method for preserving the essential oil composition in *E. platyloba*. The essential oil percentage in this study ranged from 0.06% to 0.39% and the main essential oil constituents included *trans*- β -ocimene (34.16-57.52%), α -phellandrene (8.87-16.52%), *cis*-ocimene (1.69-4.57%), β -phellandrene (2.08-9.24%), *p*-cymene (1.53-5.05%), β -pinene (0.73-1.94%), α -pinene (1.83-5.15%), veloutone (0.39-3.78%), *trans*-carveol (0.38-1.92%), linalool (0.72-3.57%), and germacrene-D (1.67-4.91%).

Keywords: *Echinophora platyloba* DC., drying method, aven, essential oil, linalool, α -phellandrene.