

تأثیر روش‌های مختلف خشک کردن بر کمیت و کیفیت اسانس بابونه کبیر (*Tanacetum parthenium* L.) حسین شاکری چالستری^۱، مهدی قاسمی ورنامخواستی^{۲*}، علی ملکی^۳، عبدالله قاسمی پیربلوطی^۴، بهرام حسین زاده سامانی^۵

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه شهرکرد

۲. استادیار، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه شهرکرد

۳. دانشیار، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه شهرکرد

۴. استاد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شهرکرد

۵. استادیار، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه شهرکرد

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۳/۲۰ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۱۰/۱۹)

چکیده

اسانس‌های گیاهی در طیف وسیعی از محصولات دارویی، غذایی، آرایشی و بهداشتی مورد استفاده قرار می‌گیرند. به منظور بررسی تأثیر روش‌های مختلف خشک کردن بر زمان خشک کردن، درصد و اجزای اسانس گیاه دارویی بابونه کبیر، آزمایشی به صورت طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا شد. سه توان مختلف مایکروویو شامل ۵۴۰، ۳۶۰ و ۷۲۰ وات و سه دمای مختلف آن شامل ۵۰، ۴۰ و ۶۰ درجه سلسیوس و دو روش طبیعی (سایه و آفتاب) مورد بررسی و مقایسه قرار گرفتند. نتایج نشان دهنده تأثیر معنی‌دار روش‌های مختلف خشک کردن بر میزان و درصد ترکیبات اسانس نمونه‌ها بود. بالاترین درصد اسانس به ترتیب در روش سایه (۰/۷۶ درصد) و دمای ۴۰ درجه سلسیوس آن (۰/۷۴ درصد) به دست آمد و کمترین میزان (۰/۳۲ درصد) مربوط به روش مایکروویو توان ۷۲۰ وات بود. در میان ۲۷ ترکیب شناسایی شده اسانس بابونه کبیر، کامفن، کامفور، بورنیل استات، جرماکرین دی و سایکلوپنتادین اجزای اصلی بودند. بیشترین میزان کامفن در دمای ۵۰ درجه سلسیوس آن به دست آمد این در حالی است که استفاده از توان‌های مختلف مایکروویو کاهش شدید این ترکیب را در پی داشت.

واژه‌های کلیدی: خشک کردن، اسانس، مایکروویو، بابونه کبیر

مقدمه

ساقه‌ای به ارتفاع ۳۰ تا ۸۰ سانتی‌متر که برگ‌هایی نرم به رنگ سبز روشن، منقسم به قطعات برگچه مانند و دنداندار دارد. کاپیتول‌های آن مرکب از دو نوع گل، یکی زبانه‌ای و به رنگ سفید، واقع در حاشیه و دیگری لوله‌ای و به رنگ زرد، واقع در ناحیه وسط است. از کلیه قسمت‌های این گیاه مخصوصاً پس از مالش دادن، بوی قوی و زننده استشمام می‌شود. منشأ اصلی آن در آسیای صغیر و بالکان بوده است ولی امروزه در منطقه وسیعی از اروپا و آسیا پراکندگی دارد (Blumenthal, 1998).

خشک کردن یکی از قدیمی‌ترین روش‌های نگهداری محصولات کشاورزی بعد از برداشت است. این فرآیند شامل حذف رطوبت تا حد رسیدن به یک آستانه‌ای خاص است تا بتوان محصول را برای مدت طولانی انبار کرد و فعالیت‌های آنزیمی، میکروارگانیسم‌ها و مخمرها را در آن متوقف نمود (Azizi et al, 2010).

روش‌های خشک کردن به طور معنی‌داری بر کیفیت و کمیت ترکیبات گیاهان دارویی تأثیر می‌گذارند (Moyler, 1994). عملیات خشک کردن سبب حرکت ترکیب‌های معطر در برگ گیاهان دارویی به سمت سطح برگ به همراه آب می‌گردد که در این پدیده مقداری از این ترکیب‌ها از دست می‌رود، بنابراین

بابونه کبیر، گیاهی علفی، چند ساله و متعلق به خانواده کاسنی (*Asteraceae*) است. این گیاه از جمله گیاهان دارویی ارزشمند است که طبق تحقیقات اخیر اثرات ضد عفونی کننده، ضد میکروبی، ضد انگل و ضد التهاب دارد. استفاده از گیاهان دارویی از زمان‌های بسیار دور مرسوم بوده است. پیکره این گیاهان دارای متابولیت‌های ثانویه هستند که از آن‌ها تحت عنوان مواد مؤثره یاد می‌شود. تنوع و گستردگی مواد مؤثره گیاهان دارویی و خواص آن‌ها باعث شده است تا از این گیاهان در صنایع مختلف دارویی، غذایی، آرایشی بهداشتی و کشاورزی استفاده شود (Golmakani and Rezaei, 2008; al. 2011; Rezvanpanah e).

بابونه کبیر (*Tanacetum parthenium* L) متعلق به تیره (*Asteraceae*) و قبیله (*Anthemideae*) است. از این گیاه در طب سنتی به نام‌های بابونه کبیر، بابونه گاوی و اقحوان نام برده شده است (Jaymand and Rezaei, 2001). بابونه گاوی، دارای

نداشته اما در دمای ۵۰ درجه سلسیوس بازده اسانس کمتری تولید شد اما میزان دو ترکیب فنولی تیمول و کارواکرول از بقیه بیشتر بود. نتایج تحقیق Ebad *et al.*, (2011) نشان داد که خشک کردن گیاه مرزه (*Satureja hortensis.L.*) با استفاده از توان‌های پایین مایکروویو از این جهت که زمان خشک کردن را کاهش داده و میزان اسانس و اجزای آن را به صورت قابل ملاحظه‌ای حفظ کرده، جهت خشک نمودن این گیاه مطلوب است.

با توجه به اهمیت گیاه معطر بابونه کبیر در برخی از مناطق کشور و تلاش در جهت افزایش مصرف آن در صنعت غذایی، دارویی-بهداشتی و با در نظر گرفتن این واقعیت که در حال حاضر بیشتر مصرف این گیاه ارزشمند به صورت فرآورده خشک است، بنابراین در این مطالعه سعی شده است تا اثر روش‌های مختلف خشک کردن بر میزان اسانس و ترکیبات آن ارزیابی شود.

مواد و روش‌ها

از سرشاخه گلدار گیاه بابونه کبیر در مرحله گلدهی کامل به صورت تصادفی نمونه برداری شد. برای تعیین محتوای رطوبتی اولیه گیاه بابونه کبیر بر طبق استاندارد AOAC رفتار شد (AOAC, 2002). از گیاه مورد نظر ۵ نمونه با وزن مشخص انتخاب شده و در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت درون آن قرار داده شدند. میزان رطوبت نمونه‌ها ۸۴/۳ درصد بر پایه‌ی تر به دست آمد. خشک کردن نمونه‌ها به سه روش مختلف انجام شد: ۱- روش طبیعی شامل خشک کردن در سایه در دمای محیط آزمایشگاه به مدت ۴۸ ساعت و خشک کردن در آفتاب با میانگین دمای ۲۵ درجه سلسیوس به مدت ۱۸ ساعت ۲- خشک کردن به روش آن در سه سطح دمایی ۵۰، ۴۰ و ۶۰ درجه سلسیوس ۳- خشک کردن با یک دستگاه مایکروویو دیجیتالی LG مدل LF5702NR با ماکزیمم توان ۹۰۰ وات و مجهز به یک سینی گردان با ابعاد ۳۵۰×۳۵۰×۲۲۰ میلی‌متر و قابلیت تنظیم دیجیتال توان و زمان، تحت سه توان مختلف ۳۶۰، ۵۴۰ و ۷۲۰ وات.

برای تعیین میزان کاهش وزن نمونه‌ها، از یک ترازوی دیجیتال استفاده شد. مدت زمان لازم برای هر بار وزن کردن نمونه‌ها به ترتیب طی روند خشک شدن در میکروویو هر ۳۰، ۲۰ و ۱۰ ثانیه یکبار و در خشک کردن در آن هر ۲۰ دقیقه در اوایل و هر ۶۰ دقیقه در انتهای فرایند خشک شدن در نظر گرفته شد. خشک کردن نمونه‌ها تا زمانی که وزن آن‌ها به محتوای رطوبتی ۰/۱۰ بر پایه وزن خشک (یا ۱۰ درصد بر پایه

روش خشک کردن جهت کاهش هدر رفتن ترکیب‌های معطر بسیار مهم است (Asekan *et al.*, 2007).

انتخاب روش، دما و زمان خشک کردن بسته به نوع مواد مؤثره گیاه دارویی متفاوت است. امروزه از روش‌های مختلفی بسته به نوع این مواد مؤثره استفاده می‌شود. روش‌های سنتی مانند روش خشک کردن در آفتاب، در بسیاری از کشورها به خصوص زمانی که دمای هوا ۳۰ درجه سلسیوس یا بالاتر باشد برای بسیاری از گیاهان مرسوم است که از جمله معایب این روش تأثیر منفی بر کیفیت ظاهری و مواد مؤثره گیاهان دارویی است (Derya Arsalan and Ozcan, 2008)

(Martinov *et al.*, 2007).

فرآیند خشک کردن یکی از مراحل پرهزینه در جریان آماده‌سازی محصول است و از طرف دیگر می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر راندمان و اجزای اسانس داشته باشد اما این تأثیر بر اساس دمای خشک کردن گیاه، طول مدت خشک کردن و گونه گیاهی متفاوت است. به عبارت دیگر کاهش میزان اسانس در همه‌ی گیاهان یکسان نبوده و بستگی به ساختمان شیمیایی اجزای اسانس دارد (Venskutonis, 1997).

عملیات خشک کردن بسته به تغییرات فیزیکی و بیوشیمیایی که در طول فرآیند خشک کردن در گیاه رخ می‌دهد تأثیر زیادی روی کیفیت محصول نهایی می‌گذارد (Tavakoly poor, 2002) خشک کردن با امواج مایکروویو یکی از روش‌های جدید در خشک کردن گیاهان است. کوتاه بودن زمان خشک کردن در این روش از مزایای مهم آن است (Blöse, 2001).

استفاده از مایکروویو به ویژه در خشک کردن گیاهان دارویی اسانس‌داری که ماده مؤثره آن‌ها در ناحیه سطحی برگ‌هایشان قرار دارد و در نتیجه به دماهای بالا حساس‌اند، توصیه می‌شود. سرعت بالای خشک کردن و انرژی ورودی کم، از کاهش میزان اسانس جلوگیری می‌کند (Venskutonis, 1997). اشعه‌ی مایکروویو خیلی سریع و مؤثر در ماده گیاهی پخش می‌شود (Diaz *et al.*, 2003) و منجر به کاهش مصرف انرژی می‌گردد (Feng, 2002).

Sefidkon *et al.*, (2006) در تحقیقی نشان دادند که بیشترین میزان اسانس مرزه به ترتیب در روش‌های خشک کردن آن ۴۵ درجه سلسیوس، سایه و آفتاب به دست آمد. Keyhani *et al.*, (2015) نشان دادند که بازده اسانس، مقدار تیمول و مجموع ترکیبات فنلی اسانس مرزه سهندی (*Satureja sahendica_ Bornm*) در روش‌های خشک کردن با آن ۳۰ و ۴۰ درجه سلسیوس و سایه از نظر آماری اختلاف معنی‌داری

کاملاً تصادفی با سه تکرار آزمون شدند. تمامی تحلیل‌های آماری به‌وسیله برنامه SPSS20 و میانگین‌ها با آزمون چند دامنه دانکن مقایسه شدند. نمودارهای مربوط نیز در محیط نرم افزار Excel2010 رسم شد.

نتایج و بحث

نمودار کاهش رطوبت نمونه‌ها در طول دوره خشک‌کردن در توان‌های مختلف مایکروویو در شکل ۱ آورده شده است. با توجه به توان مایکروویو زمان خشک شدن بین ۴۶۰ تا ۵۶۰ ثانیه متغیر بود. مطابق با نتایج جدول تجزیه واریانس اثر توان‌های مختلف خشک‌کردن بر زمان خشک شدن با بونه کبیر (جدول ۱) تأثیر توان‌های مختلف مایکروویو بر زمان خشک‌کردن تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ درصد داشت. نتایج در مورد دماهای مختلف آون و روش‌های سایه خشک و آفتاب خشک نیز حاکی از تأثیر معنی‌دار این روش‌ها بر زمان خشک شدن در سطح احتمال ۱ درصد داشت (جدول ۲). بیشترین زمان خشک شدن مربوط به تیمار سایه خشک با مدت زمان ۴۸ ساعت و کمترین زمان مربوط به تیمار مایکروویو با توان ۷۲۰ وات به مدت ۴۶۰ ثانیه بود. شایان ذکر است که عبادی نیز نتایج مشابهی از تأثیر روش‌های خشک‌کردن بر زمان خشک شدن گیاه دارویی مرزه گزارش کرد (Ebadi, et al, 2011). همان‌گونه که در شکل ۱ مشاهده می‌شود اگرچه زمان خشک شدن در توان ۷۲۰ وات مایکروویو نسبت به توان ۵۴۰ وات کاهش یافت ولی این کاهش از نظر آماری معنی‌دار نبود. شایان ذکر است که این نتایج با گزارش شبانی و کوچک زاده در خشک‌کردن کرفس همخوانی دارد (Shabany & Kochekezadeh, 2014).

مطابق نمودارهای شکل ۲ بین زمان خشک شدن در تیمار آون ۴۰ درجه سلسیوس و روش آفتاب خشک نیز اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ مشاهده نشد. همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود با افزایش توان ماکروویو زمان مورد نیاز برای رسیدن به محتوای رطوبتی ۰/۱ بر پایه وزن خشک به‌صورت معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ کاهش یافت به‌طوری‌که این زمان از ۵۶۰ ثانیه در توان ۳۶۰ وات به ۴۶۰ ثانیه در توان ۷۲۰ وات رسید. با افزایش توان از ۵۴۰ به ۷۲۰ وات، اگرچه این زمان کاهش یافت ولی این کاهش از نظر آماری معنی‌دار نبود.

با توجه به شکل ۲ و همچنین نتایج جدول تجزیه واریانس ۲ بین زمان‌های خشک شدن در تیمارهای مختلف آون و روش‌های مرسوم خشک‌کردن (سایه و آفتاب) تفاوت معنی‌داری وجود دارد. بدین صورت که با افزایش دما در آون، زمان

وزن تر) برسد، ادامه یافت.

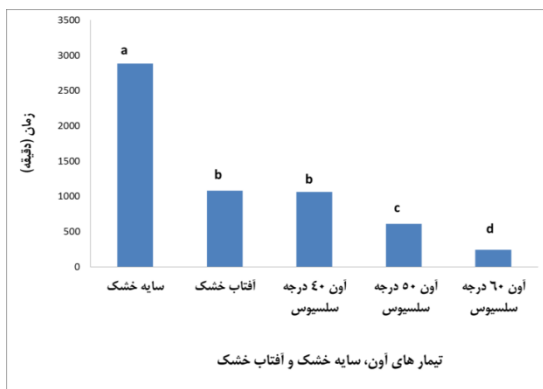
استخراج اسانس نمونه‌های حاصل از تیمارهای مذکور و همچنین نمونه تازه گیاه به روش تقطیر با آب و با استفاده از دستگاه کلونجر (Clevenger) و در شرایط کاملاً یکسان طی ۳ ساعت انجام شد. پس از استخراج اسانس‌های حاصل از تقطیر، اسانس‌ها توسط سدیم سولفات رطوبت‌زدایی شده و بعد بازده اسانس‌ها محاسبه شد. به منظور شناسایی و تجزیه ترکیب‌های تشکیل دهنده اسانس‌ها، از دستگاه GC/MS و GC استفاده شد و با استفاده از طیف‌های جرمی و محاسبه شاخص‌های بازداری (RI)، ترکیب‌های تشکیل دهنده اسانس‌ها مورد شناسایی کمی و کیفی قرار گرفتند.

آنالیز اسانس گیاه با استفاده از GC/MS

برای شناسایی ترکیبات اسانس از دستگاه گاز کروماتوگرافی مدل Agilent Technologies-7890A متصل به طیف‌سنج جرمی مدل Agilent Technologies-5975C با مشخصات ستون HP-5MS طول ۳۰ متر، قطر بیرونی ۰/۲۵ میلی‌متر و قطر داخلی ۰/۲۵ میکرومتر استفاده شد. برنامه دمایی ستون به این نحو تنظیم گردید که دمای ابتدایی آون ۶۰ درجه سلسیوس و توقف در این دما به مدت ۲ دقیقه، گرادیان حرارتی ۴ درجه سلسیوس در هر دقیقه، افزایش دما تا ۲۸۰ درجه سلسیوس با سرعت ۴ درجه در هر دقیقه، افزایش دما تا ۲۸۰ درجه سلسیوس با سرعت ۴ جریان (فلو) ۲ میلی‌لیتر در دقیقه استفاده گردید. طیف‌سنج جرمی با ولتاژ یونیزاسیون ۷۰ الکترون ولت و روش یونیزاسیون EI با دمای منبع یونیزاسیون ۲۲۰ درجه سلسیوس و ناحیه جرمی m/z ۴۰-۶۵۰ مورد استفاده قرار گرفت. اسانس گیاهان مورد نظر پس از آماده‌سازی، به دستگاه GC/MS به میزان ۰/۱ میکرولیتر تزریق گردید. بعد از تزریق، ابتدا مواد متشکله اسانس توسط قسمت گاز کروماتوگراف جداسازی گردید و سپس به کمک قسمت اسپکترومتر جرمی شناسایی انجام شد. از آلکان‌هایی با ۸ تا ۲۴ کربن برای تزریق استفاده شد. رایانه، طیف جرمی هر یک از ترکیبات جداسازی شده را با بانک اطلاعاتی طیف‌های مربوط به روغن‌های فرار موجود در حافظه خود مقایسه کرده و چندین ترکیب با احتمالات مختلف را برای هر طیف معرفی کرد. شناسایی طیف‌ها به کمک شاخص بازداری آن‌ها و مقایسه آن با شاخص‌های بازداری استاندارد ترکیب‌های موجود در کتب مرجع آدامز و استفاده از اطلاعات موجود در کتابخانه کامپیوتری GC/MS انجام شد (Adams, 2007).

تجزیه و تحلیل آماری

در هرکدام از آزمایش‌ها، تیمارهای مورد بررسی در قالب طرح



شکل ۲. مدت زمان لازم برای رسیدن به محتوای رطوبتی ۰/۱ بر پایه وزن خشک (d.b) در تیمارهای آون، سایه خشک و آفتاب خشک

نمودارها با حروف غیرمشترک دارای اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱٪ بر اساس آزمون دانکن می‌باشند.

تأثیر روش‌های مختلف خشک کردن بر میزان درصد اسانس

پس از استخراج اسانس، نسبت اسانس به دست آمده به میزان ماده خشک اسانس گیری شده محاسبه و درصد اسانس هر تیمار به دست آمد. با توجه به نتایج تجزیه واریانس جدول ۳ میزان اسانس استحصالی به شدت تحت تأثیر روش‌های مختلف خشک کردن قرار گرفت. روند این تغییرات به این صورت بود که کمترین درصد اسانس از تیمار مایکروویو توان ۷۲۰ وات (۰/۳۱ درصد) و بیشترین درصد اسانس از نمونه تازه (۰/۹۷ درصد) به دست آمد. همچنین از لحاظ آماری اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۱٪ بین میزان اسانس به دست آمده در روش سایه و دمای آون ۴۰ درجه سلسیوس مشاهده نشد. در روش آون ۶۰ درجه سلسیوس و مایکروویو توان ۳۶۰ وات نیز اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۱٪ مشاهده نشد. همچنین در روش خشک کردن مایکروویو توان ۵۴۰ وات و روش آفتاب نیز از نظر میزان اسانس استحصالی تفاوت معنی داری مشاهده نگردید. مطابق نتایج شکل ۳ بین دماهای ۴۰ و ۵۰ درجه سلسیوس آون و توان‌های ۳۶۰ و ۵۴۰ وات مایکروویو نیز اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۱٪ مشاهده نشد. شایان ذکر است که این نتایج با گزارش‌های سایر محققین نیز همخوانی دارد (Ghani & Azizi, 2010; Rahmati et al, 2011).

جدول ۳. تجزیه واریانس درصد اسانس استحصالی در روش‌های مختلف خشک کردن

میانگین مربعات	مجموع مربعات	درجه آزادی	منابع تغییر
۰/۱۲۵**	۱/۰۰۱	۸	تیمار
۰/۰۰۱	۰/۰۲۶	۱۸	خطا
	۱/۰۲۷	۲۶	کل

**معنی داری در سطح احتمال ۱٪

خشک کردن به صورت معنی داری در سطح احتمال ۱٪ کاهش می‌یابد. به طوری که این زمان در دمای ۴۰ درجه سلسیوس آون از ۱۰۶۰ دقیقه به زمان ۲۴۰ دقیقه در دمای ۶۰ درجه آون کاهش یافت. بنابراین زمان لازم برای خشک کردن با آون تا حد رسیدن به محتوای رطوبتی ۰/۱ بر پایه وزن خشک در دمای ۴۰ درجه سلسیوس آون ۴/۴۱ برابر دمای ۶۰ درجه سلسیوس بود. به طور کلی زمان لازم برای خشک کردن با مایکروویو تا حد رسیدن به محتوای رطوبتی ۰/۱ بر پایه وزن خشک در توان ۷۲۰ وات ۳۰ برابر نسبت به آون ۶۰ درجه، ۷۸ برابر نسبت به زمان مورد نیاز در آون ۵۰، ۱۳۷ برابر نسبت به آون ۴۰ درجه سلسیوس کمتر است. بر اساس شکل ۲، تیمارهای خشک شده در سایه و آفتاب نیز با یکدیگر اختلاف معنی داری داشتند، به طوری که زمان لازم برای خشک کردن با روش سایه خشک (۴۸ ساعت) ۲/۶۶ برابر بیشتر از روش آفتاب خشک بود. همچنین زمان خشک کردن در توان ۳۶۰ و ۷۲۰ وات مایکروویو در مقایسه با روش سایه به ترتیب ۳۰۷ و ۳۷۴ برابر کمتر بود (جدول ۶).

جدول ۱. تجزیه واریانس مدت زمان خشک شدن در تیمارهای مایکروویو در

میانگین مربعات	مجموع مربعات	درجه آزادی	منابع تغییر
۱/۴۰۱**	۲/۸۰۱	۲	تیمار
۰/۰۱۶	۰/۰۹۶	۶	خطا
	۲/۸۹۷	۸	کل

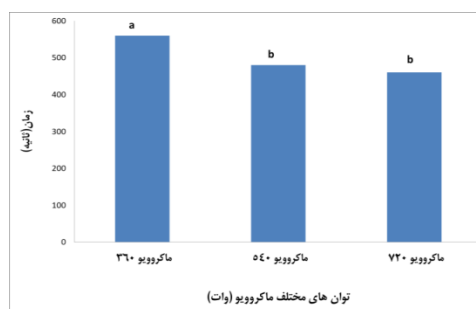
**معنی داری در سطح احتمال ۱٪

جدول ۲. تجزیه واریانس مدت زمان خشک شدن در تیمارهای آون، سایه و

آفتاب در سطح احتمال ۱٪

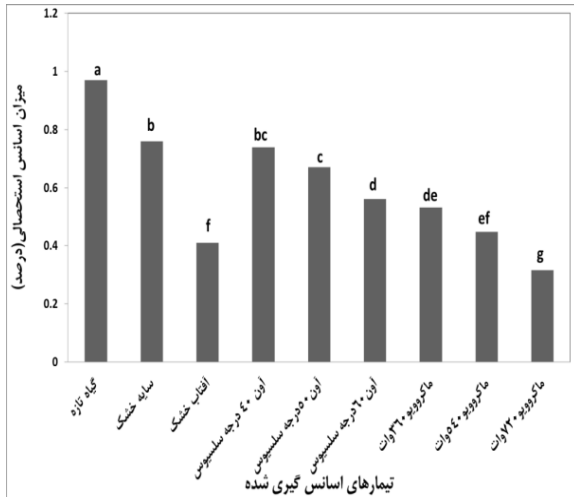
میانگین مربعات	مجموع مربعات	درجه آزادی	منابع تغییر
۲۸۴۳۷۱۰**	۱۱۳۷۴۸۴۰	۴	تیمار
۱۹۳۳/۳۳۳	۱۱۹۳۳/۳۳۳	۱۰	خطا
	۱۱۳۹۴۷۷۳/۳۳۳	۱۴	کل

**معنی داری در سطح احتمال ۱٪



شکل ۱. مدت زمان لازم برای رسیدن به محتوای رطوبتی ۰/۱ بر پایه وزن خشک (d.b) در توان‌های مختلف مایکروویو

در مورد این اسانس همخوانی دارد (Ezadi et al, 2014). نمودارها با حروف غیر مشترک دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ بر اساس آزمون دانکن می‌باشند.



شکل ۳. نمودار مقایسه میانگین تأثیر روش‌های مختلف خشک‌کردن بر بازده اسانس

نتایج حاصل از آزمایش نشان می‌دهد که روش‌های مختلف خشک‌کردن می‌تواند تأثیر معنی‌داری بر بازده اسانس گیاه بابونه کبیر داشته باشد؛ اگرچه بین تیمارهای اسانس‌گیری شده، بیشترین درصد اسانس مربوط به تیمار گیاه تازه بود، اما باید این موضوع را اذعان نمود که اسانس‌گیری از گیاه تازه نیاز به سرعت کار بالاتر و تجهیزات اسانس‌گیری بیشتر و حجیم‌تر دارد. از طرفی به منظور حفظ گیاه در وضعیت تازه، نیاز به انبار مجهز به سیستم کنترل دما خواهد بود که نتیجه این عوامل علاوه بر افزایش هزینه، در کاهش میزان بازده اسانس نیز نقش قابل توجهی خواهد داشت، در صورتی که با خشک‌کردن محصول، این عوامل ایجادکننده‌ی خطا، به کمترین میزان خود رسیده و کاهش میزان اسانس نیز حداقل می‌گردد.

تأثیر روش‌های مختلف خشک‌کردن بر میزان ترکیبات اسانس نتایج این بررسی نشان داد که کامفن، کامفور، بورنیل استات، جرم‌اکرین دی و سایکلوپنتادین بیشترین درصد ترکیب‌های تشکیل دهنده اسانس بابونه کبیر را در همه‌ی تیمارهای خشک کردن تشکیل می‌دهند، که این نتایج با مطالعات قبلی محققان

جدول ۴. نتایج آزمون مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن برای ترکیبات اصلی در تیمارهای اسانس‌گیری شده

نام ترکیب	RI	خشک شده با آون			خشک شده با مایکروویو			تیمارهای شاهد	
		آون ۴۰ درجه	آون ۵۰ درجه	آون ۶۰ درجه	مایکروویو ۳۰ وات	مایکروویو ۴۰ وات	مایکروویو ۷۰ وات	سایه خشک	گیاه تازه
سایکلوپنتادین	۱۰۲۹	e۷/۵۷	d۸/۲۳	b۸/۹۵	a۹/۱۴	i۴/۳۲	g۶/۷۶	c۸/۴	f۷/۱۱
کامفن	۹۴۶	b۱۱/۳۳	a۱۱/۹۳	d۸/۰۴	f۱/۷	f۱/۴۶	f۱/۶۶	c۸/۹۱	c۹/۱
کامفور	۱۱۲۵	c۴۲/۲۲	c۴۴/۵۹	d۴۱/۱۵	h۱۲/۷	g۲۰/۳۲	f۲۱/۱۳	b۴۹/۰۱	a۵۲/۸۶
بورنیل استات	۱۲۷۵	bc۸/۴۷	c۸/۲۵	d۷/۹۱	e۶/۶	e۶/۲۵	f۵/۲۳	a۹/۸۴	b۸/۶۳
جرم‌اکرین دی	۱۴۷۲	ef۵/۸۲	f۵/۰۹	c۱۱/۶۱	a۳۲/۸۴	b۲۴/۵۱	b۲۵/۶۳	d۷/۳۲	g۳/۶۶

* آماره‌هایی که دارای حروف یکسان هستند، در سطح احتمال ۱٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

میزان کامفور از لحاظ آماری تغییری نکرد اما با افزایش بیش از حد دما از ۵۰ به ۶۰ درجه سلسیوس میزان این ترکیب کاهش معنی‌داری داشت؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که بهترین دمای آون با در نظر گرفتن کوتاه‌ترین زمان خشک شدن و برای حصول بیشترین میزان کامفور دمای ۵۰ درجه سلسیوس است. روند تغییرات کامفور در تیمارهای مختلف مایکروویو بدین صورت است که با افزایش توان مایکروویو میزان کامفور نیز افزایش می‌یابد. البته شایان ذکر است که میزان این ترکیب تحت تمام توان‌های مایکروویو بسیار کمتر از سایر تیمارها است. باتوجه به نتایج به دست آمده استنباط می‌شود که ساختار شیمیایی کامفور به گونه‌ای است که نسبت به شدت حرارت

نتایج تجزیه واریانس جدول ۵ نشان می‌دهد که ترکیبات اصلی گیاه بابونه کبیر تحت اثر تیمارهای مختلف خشک‌کردن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد دارند. همان‌گونه که در جدول ۴ ملاحظه می‌شود بیشترین مقدار کامفور که بیانگر یکی از شاخص‌های کیفیت اسانس این گیاه است به میزان ۵۲/۸۶، ۴۹/۰۱ و ۴۴/۵۹ درصد به دست آمده، این در حالی است که مقدار این ترکیب در تیمارهای خشک شده در مایکروویو دارای کمترین میزان است؛ بنابراین اگر میزان این ترکیب طی پژوهشی مهم باشد استفاده از روش مایکروویو تحت هر توانی (۳۶۰، ۵۴۰، ۷۲۰ وات) توصیه نمی‌شود. طبق نتایج به‌دست آمده با افزایش دمای آون از ۴۰ به ۵۰ درجه سلسیوس

جدول ۵. نتایج تجزیه واریانس اثر روش‌های مختلف خشک کردن بر میزان ترکیبات اصلی بابونه کبیر

منابع تغییر	درجه آزادی	سایکلوپنتادین	کامفن	کامفور	یورنیل	جرماکرین
					استات	دی
تیمار	۸	*۷۵/۲۳۷	**۴۱۴/۹۳۵	**۴۹۴۱/۹۱	**۵۳/۵۵۲	**۲۸۰۶/۸۱۴
خطا	۱۸	۰/۰۶۶	۰/۳۸۸		۱/۰۲۱	۲/۵۴۲
کل	۲۶	۷۵/۳۰۲	۴۱۵/۳۲۳	۴۹۴۵/۳۸۷	۵۴/۵۷۳	۲۸۰/۳۵۶

**معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪

جدول ۶. زمان خشک شدن نمونه‌های بابونه کبیر در

روش خشک کردن	زمان خشک شدن (دقیقه)
مایکروویو ۷۲۰ وات	۷/۶۷
مایکروویو ۵۴۰ وات	۸
مایکروویو ۳۶۰ وات	۹/۳۴
آون ۶۰ درجه سلسیوس	۲۴۰
آون ۵۰ درجه سلسیوس	۶۱۰
آون ۴۰ درجه سلسیوس	۱۰۶۰
سایه	۲۸۸۰
آفتاب	۱۰۸۰

این ترکیب طی تمام روش‌های خشک کردن افزایش معنی‌داری نسبت به نمونه گیاه تازه داشته است و این بدین معنی است که اعمال فرآیند خشک کردن موجب افزایش این ترکیب اسانس و به تبع افزایش کیفیت اسانس گیاه بابونه کبیر شده است.

با توجه به نتایج جدول ۴ در مورد جرماکرین دی نیز استفاده از مایکروویو موجب افزایش معنی‌دار این ترکیب نسبت به سایر تیمارها شده است به این صورت که روند تغییرات میزان این ترکیب با افزایش توان مایکروویو رابطه معکوس داشته و با افزایش توان مایکروویو میزان این ترکیب کاهش معنی‌داری را داشته است.

شایان ذکر است که در بین تیمارهای خشک شده با آون، دمای ۶۰ درجه سلسیوس افزایش معنی‌دار این ترکیب را نسبت به تیمارهای آفتاب خشک، گیاه تازه و سایه خشک در پی داشت. در مورد این ترکیب نیز مشابه دیگر ترکیبات مذکور، اعمال فرآیند خشک کردن موجب افزایش کیفیت اسانس شده است.

نحوه تغییرات آخرین ترکیب اصلی شناسایی شده مطابق جدول ۴ بدین صورت است که بورنیل استات طی کلیه روش‌های کنترل شده خشک کردن شامل خشک کردن با آون و مایکروویو کاهش معنی‌داری را نسبت به روش‌های مرسوم خشک کردن (سایه خشک و آفتاب خشک) و همچنین گیاه تازه داشته است. بیشترین مقدار بورنیل استات به ترتیب در تیمار آفتاب خشک، گیاه تازه، تیمار سایه خشک و سپس دمای ۴۰ درجه سلسیوس آون بوده است. با این حال روند تغییرات این ترکیب طی روش‌های خشک کردن با آون و مایکروویو طبق نتایج مندرج در جدول ۴ با کاهش دمای آون و توان مایکروویو میزان این ترکیب افزایش معنی‌داری را داشته است. در نهایت باید به این نکته توجه کرد که واکنش گیاهان دارویی نسبت به دماهای مختلف خشک کردن و یا توان‌های مختلف مایکروویو متفاوت است؛ که این موضوع ناشی از ماهیت اسانس و نوع ترکیب‌های تشکیل دهنده و فرارپذیری آن‌هاست.

نتیجه گیری کلی

به‌طور کلی نتایج حاکی از آن است که روش‌های خشک کردن

حساس است. در مورد دیگر ترکیب اصلی اسانس یعنی کامفن نیز، با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، خشک کردن با آون موجب افزایش معنی‌دار این ترکیب نسبت به سایر روش‌های خشک کردن شد. شایان ذکر است که تیمارهای سایه خشک و آفتاب خشک بعد از روش آون دارای بیشترین مقدار کامفن بودند؛ این درحالی است که کاهش شدید کامفن تحت تیمارهای مایکروویو کاملاً محسوس است، از طرفی نتایج جدول ۴ به روشنی بیان کننده این موضوع است که تغییرات توان مایکروویو تأثیر معنی‌داری بر میزان کامفن نداشته است.

مطابق با نتایج این تحقیق با افزایش دمای آون از ۴۰ به ۵۰ درجه سلسیوس میزان کامفن افزایش یافت اما با تغییر دمای آون از ۵۰ به ۶۰ درجه سلسیوس میزان این ترکیب با شیب زیادی کاهش یافت. این روند تغییرات توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (Hamrouni et al, 2012).

در مورد سایکلوپنتادین، تیمار ۳۶۰ وات مایکروویو بیشترین میزان این ترکیب را داشت. روند کلی تغییرات این ترکیب تحت توان‌های مختلف مایکروویو همان‌گونه که از جدول ۴ نتیجه می‌شود به این صورت است که با کاهش توان مایکروویو از ۷۲۰ به ۳۶۰ وات میزان این ترکیب افزایش می‌یابد. در مورد تغییرات میزان این ترکیب در روش خشک کردن با آون نیز نتایج حاکی از این است که با افزایش درجه حرارت آون تغییر معنی‌داری در افزایش میزان این ترکیب حاصل شده است. میزان سایکلوپنتادین در تیمارهای آفتاب خشک و سایه خشک نیز به خوبی حفظ شده است. قابل ذکر است که میزان

به اهمیت نوع ترکیب در استفاده و کاربرد نهایی اسانس نیز باید روش بهینه خشک‌کردن انتخاب شود، بدین صورت که اگر هدف از استفاده از اسانس حفظ حداکثری جرم‌اکثری دی باشد استفاده از توان‌های پایین مایکروویو پیشنهاد می‌شود. این درحالی‌که است که استفاده از روش مذکور بر میزان کامفن به‌شدت تأثیر منفی دارد؛ بنابراین اگر هدف نهایی افزایش کامفن باشد باید دماهای پایین آن، روش روش سایه خشک و یا آفتاب خشک به‌عنوان روش بهینه انتخاب گردد.

REFERENCES

Adams R. P.(2007). Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry. APC press. 456p.

Anonymous.(2002). A.O.A.C Official Methods of Analysis. 17th ed. Washington D.C. USA: Association of Official Agricultural Chemists, Inc.

Asekan O.T. Grieson D.S. and Afolayan A.J.(2007). Effect of drying methods on the quality of the essential oil of *Mentha lonifolia L.* subsp Capensis. Food Chemistry 101:995-998.

Azizi M. Rahmati M. Ebadi T. and Hasanazadeh khayyat M.(2010). 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, Vol. 25, No. 2.(In Farsi).

Blumenthal M.(1998). The Complete German Commission E Monographs: Therapeutic Guide to Herbal Medicines. Tansy Flower and Herb, Unapproved Herbs, American Botanical Council/Integrative Medicine Communications, Austin, TX/Boston, MA, pp. 379-380.

Blose N.(2001). Herb Drying Handbook: Includes Complete Microwave Drying Instructions. Sterling Publishing Co. Inc. New York. 96p.

Derya Arsalan M. and Ozcan M.(2008). Evaluation of drying methods with respect to drying kinetics, mineral content and colour characteristics of rosemary leaves. *Energy Conversion and Management Journal*, 49: 1258-1264.

Diaz G.R. Martinez-Monzo J. Fito P. and Chiralt A.(2003). Modeling of dehydrating and rehydrating of orange slices in combined microwave/air drying. *Innovative in Food Science and Emerging Technologies*, 4: 203-209.

Ebady M. Rahmati M. Azizi M. and Hassanzadeh 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*, Vol. 26, No. 4.(In Farsi).

Ezadi Z. AghaAlikhani M. Esna-Ashari M and

مورد بررسی در این تحقیق، بر زمان خشک شدن، بازده اسانس استحصالی و همچنین میزان اغلب ترکیبات شناسایی شده تأثیر معنی‌داری دارند. کمترین زمان خشک شدن در روش خشک‌کردن با توان ۷۲۰ وات مایکروویو با ۴۶۰ ثانیه و بیشترین زمان در روش سایه خشک با ۴۸ ساعت به دست آمد. طبق نتایج افزایش شدت حرارت داخلی خشک‌کن موجب کاهش معنی‌دار میزان اسانس می‌گردد که البته با توجه به نتایج سایر محققین دور از انتظار نبود.

در مورد کیفیت ترکیبات اصلی شناسایی شده نیز با توجه

Davoodi P.(2014). Determining chemical composition of feverfew(*Tanacetum parthenium L.*) essential oil and evaluation of it's antimicrobial activity on some microbial strains. *Journal of medical science*. Volume 18. Pages 31 to 43. (In Farsi).

Feng H. (2002). Analysis of microwave assisted fluidized-bed drying of particulate product with a simplified heat and mass transfer model. *International Communications in Heat and Mass Transfer*. 29: 1021-1028.

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

Ghani A. and Azizi M.(2010). Effect of different drying methods on the morphological characteristics and the essence of five species (*Achillea*). Herbal products (*Journal of Agriculture*), Vol. 32. pages 1 to 11.(In Farsi).

Hamrouni Sellami I. Bettaieb Rebey I. Sriti J. Rahali F. Limam F. and Marzouk B.(2012). Drying Sage (*Salvia officinalis L.*) Plants and Its Effects on Content, Chemical Composition, and Radical Scavenging Activity of the Essential Oil. *Food Bioprocess & Technology* 5:2978–2989.

Jaymand K. Rezaei B.(2001). study the chemical composition of the essential oil of *Achillea* species of desert, yellow and Zagros. *Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*. Volume 5 pages 27 to 46. (In Farsi).

Keyhani A. Sefidkon F. and Monfared A.(2015). The effect of drying and distillation methods on essential oil content and composition of *Satureja sahendica Bornm.* *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, Vol. 30, No. 2.(In Farsi).

Martinov M. Oztekin S. and Muller J. (2007). Medicinal and Aromatic Crops Harvesting, drying, and Processing. *Haworth Food and Agricultural Press*, Inc. 309p.

Moyler D.A.(1994). Spices-Recent Advances. In: Spices, Herbs and Edible Fungi. *Charalambous G.(ed.) Elsevier Science London UK*. PP.1-70.

Rezvanpanah S. Rezaei K. Razavi S. H. and Golmakani M. T. (2011). Antibacterial properties and chemical characterization of the essential oil

from summer savory extracted by microwave-assisted hydrodistillation. *Brazilian Journal of Microbiology* 42:1453-1462.

- Rahmati M. Azizi M. Ebadi T. and Hasanzadeh khayyat M.(2011). Effect of different drying methods on the rate of weight loss, the essential oil and chamazulene chamomile (*Matricaria recutita*). Diploid number Jrmanya. *Journal of Horticultural Science*. Vol. 25, No. 1 (In Farsi).
- Sefidkon F. Abbasi K. and Khaniki G.B. (2006). Influence of drying and extraction methods on yield and chemical composition of the essential oil of *Satureja hortensis*. *Food Chemistry*. 99: 19-23.
- Shabany N. Kouchakzadeh A.(2014). microwave drying kinetics of *Celery* leaves. Eighth National Congress of Agricultural Engineering (*Journal of Biosystems*) and mechanization 9 to 11 February. Mashhad Ferdowsi University.
- Tavakoly poor H.(2001). Drying food, principles and methods. *Ayzh publications. Tehran*. 176 pages. (In Farsi).
- Venskutonis P. R.(1997). Effect of drying on the volatile constituents of thyme (*Thymus vulgaris L.*) and sage (*Salvia officinalis L.*). *Food Chemistry* 59: 219-227.