

ارزیابی اثر روش‌های خشک کردن بر کمیت و کیفیت مهمترین مواد مؤثره اسانس گونه‌های آویشن، بابونه، بادرنجبویه، ترخون و نعنا فلفلی

سرور خرم دل^{۱*}، جواد شباهنگ^۲، قربانعلی اسدی^۱

۱. استادیار گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

۲. دانشجوی دکتری بوم شناسی زراعی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

Email: khorramdel@um.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۱/۲۷

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۰/۲۲

چکیده

خشک کردن یکی از فرآیندهای اصلی پس از برداشت گیاهان است که کمیت و کیفیت مواد مؤثره دارویی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. به منظور مطالعه مدت زمان لازم برای خشک کردن، درصد و محتوی مهمترین اجزای اسانس تعدادی از گونه‌های مهم دارویی شامل بابونه، آویشن، بادرنجبویه، ترخون و نعنا فلفلی در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در آزمایشگاه دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۱ اجرا شد. روش‌های خشک کردن شامل سه درجه حرارت آون (۳۰، ۴۰ و ۶۰ درجه سانتی‌گراد)، سه توان خروجی میکروویو (۱۰۰، ۳۰۰ و ۶۰۰ وات) و دو روش طبیعی در سایه و آفتاب بودند که تا زمان رسیدن وزن به محتوای رطوبتی ۰/۱۰ بر پایه وزن خشک یا ۱۰ درصد وزن تر ادامه یافت. نتایج نشان داد که اثر روش‌های مختلف خشک کردن بر مدت زمان لازم برای خشک شدن، محتوی و میزان مهمترین اجزای اسانس تمام گونه‌ها معنی‌دار ($p \leq 0/01$) بود. بیشترین مدت زمان لازم برای خشک شدن و محتوی اسانس تمام گونه‌ها برای خشک شدن در سایه حاصل شد. محتوی مهمترین اجزای اسانس گونه‌های مختلف برای شرایط خشک کردن در سایه بیش از ۱۰۰ درصد نسبت به تیمار خشک کردن در آفتاب بالاتر بود. با افزایش درجه حرارت آون و توان خروجی میکروویو میزان و محتوی مهمترین ماده مؤثره اسانس گونه‌های دارویی کاهش یافت. از آنجا که سرعت بالای خشک کردن و کاهش انرژی ورودی از آفت عملکرد اسانس جلوگیری می‌کند، می‌توان استفاده از توان‌های پایین میکروویو را به دلیل کاهش نسبتاً سریع محتوی رطوبتی به عنوان روشی مناسب برای خشک کردن گونه‌های دارویی مد نظر قرار داد.

واژگان کلیدی: خشک کردن، کاهش رطوبت، گاز کروماتوگراف، میکروویو

مقدمه

سرور خرم دل

استادیار گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

دارویی دارد. البته تأثیر فرآیند خشک کردن بر عملکرد کل و محتوی اجزای اسانس، بسته به درجه حرارت مورد استفاده، طول دوره خشک کردن و نوع گونه گیاهی متفاوت می باشد (Yazdani et al., 2006). Sefidkon و همکاران (۲۰۰۶) گزارش نمودند که بالاترین میزان اسانس مرزه به ترتیب برای روش های خشک کردن در درجه حرارت ۴۵ درجه سانتی گراد با آون، سایه و آفتاب مشاهده شد. Ahmadi و همکاران (۲۰۰۸) با مطالعه تأثیر روش های مختلف خشک کردن (سایه، آفتاب و درجه حرارت های ۳۰ و ۴۰ درجه سانتی گراد آون) بر کمیت و کیفیت اسانس گل محمدی بیان داشتند که اگرچه بین روش های مختلف خشک کردن تفاوت معنی داری مشاهده نشد، ولی بالاترین محتوی سیترونلول و ژرانولیول (مهمترین اجزای بهبود دهنده کیفیت اسانس) و کمترین میزان ترکیب های مومی و سنگین (کاهش دهنده کیفیت اسانس) برای تیمار خشک کردن در شرایط سایه مشاهده شد. Omidbaigi و همکاران (۲۰۰۳) نیز گزارش نمودند که محتوی اسانس بابونه رومی با استفاده از روش خشک کردن در سایه به طور معنی داری از روش های خشک کردن با آفتاب و آون بالاتر بود. علاوه بر این، نتایج برخی از مطالعات نیز نشان داده است که فرآیند خشک کردن بر محتوی اسانس نیز مؤثر می باشد. در همین راستا نتایج مطالعات Asekun و همکاران (۲۰۰۷) تأیید نمود که محتوی اسانس پونه خشک شده سه برابر محتوی اسانس تازه این گونه بود. بدین ترتیب، مشخص است که نوع روش خشک کردن می تواند عملکرد اسانس و محتوی اجزای کیفی گیاهان دارویی را تحت تأثیر قرار دهد.

از دیدگاهی دیگر، تعیین مدت زمان لازم برای خشک نمودن محصولات کشاورزی تا حد مطلوب نیز اهمیت دارد (Hevia et al., 2002). نتایج مطالعات Caceres (۲۰۰۰) مؤید این مطلب است که محتوی رطوبتی گیاهان دارویی برای جلوگیری از آلودگی قارچی و آفلاتوکسین ۱۰ درصد بر پایه وزن خشک یا تر می باشد. وی همچنین

خشک کردن یکی از قدیمی ترین روش های نگهداری محصولات کشاورزی پس از برداشت است که شامل حذف رطوبت با استفاده از فرآیند تبخیر تا حد آستانه ای خاص می باشد. هدف اصلی این فرآیند، متوقف کردن فعالیت های آنزیمی، میکروارگانیسم ها و مخمرها به منظور افزایش مدت انبارداری می باشد. روش خشک کردن به میزان و نوع رطوبت موجود در اندام های گیاهی بستگی دارد. خشک کردن طبیعی با استفاده از جریان هوای گرم به دلیل کاهش هزینه ها، یکی از مهمترین روش های مورد استفاده در خشک کردن محصولات کشاورزی محسوب می شود. با این وجود، خشک کردن طبیعی (تحت شرایط سایه و آفتاب) معایبی نظیر عدم امکان جابجایی مقادیر زیاد ماده گیاهی و دستیابی به استانداردهای ثابت کیفیت را نیز به دنبال دارد. از جمله معایب خشک کردن با استفاده از هوای گرم نیز می توان به بازده پایین انرژی و زمان بردن این فرآیند اشاره نمود (Soysal & Oztekin, 2001). در همین راستا، Parker (۱۹۹۹) گزارش کرد که خشک کردن برگ های تازه ریحان شیرین، مرزنجوش و جعفری با استفاده از خشک کن هوای گرم، برای رسیدن به محتوای رطوبتی ۱۰ درصد بر اساس وزن تر برای درجه حرارت های ۳۰، ۴۰، ۵۰ و ۶۵ درجه سانتی گراد به ترتیب ۱۶، ۱۵، ۶ و ۵ ساعت طول کشید. از طرف دیگر نتایج برخی بررسی ها نشان داده است که خشک کردن گیاهان برگی با محتوای رطوبتی بالاتر با استفاده از هوای با درجه حرارت پایین، افزایش میزان مصرف انرژی را تا ۱۰ مگاژول بر کیلوگرم را موجب می گردد (Bushbeck et al., 1967).

علاوه بر تأثیر بسزای فرآیند خشک کردن بر مدت دوام و ماندگاری محصولات، نتایج برخی مطالعات (Basver, 1993; Deans & Svoboda, 1992; Karawya et al., 1980; Raghavan et al., 1997) نیز نشان داده است که روش مورد استفاده برای خشک کردن تأثیر بسزایی بر عملکرد و محتوی اجزای اسانس گیاهان

(Bouraoui et al., 1994)، سیبزمینی (et al., 1991)، هویج (Probhanjan et al., 1995) و انگور (Tulasidas et al., 1993) نیز تأییدکننده این مطلب می‌باشد.

بدین ترتیب، با توجه به اهمیت گیاهان دارویی و معطر و تأثیر بسزای روش‌های مختلف خشک کردن بر کمیت و کیفیت این گونه‌های ارزشمند، این مطالعه با هدف بررسی اثر روش‌های مختلف خشک کردن با میکروویو، آون و روش‌های طبیعی بر مدت زمان لازم برای خشک شدن، عملکرد و محتوی مهمترین جزء اسانس تعدادی از گونه‌های مهم دارویی طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

به منظور انجام این آزمایش برگ‌ها و سرشاخه‌های گلدار تعدادی از گونه‌های مهم معطر و دارویی شامل آویشن (*Thymus vulgaris* L.)، ترخون (*Artemisia dracunculus* L.)، نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) و بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.) در ابتدای مرحله گلدهی و گل‌های بابونه (*Matricaria chammomilla* L.) در مرحله گلدهی کامل ساعت ۹-۱۱ صبح در نیمه خرداد ماه سال ۱۳۹۱ از باغ گیاهان دارویی مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد جمع‌آوری شدند. قابل ذکر است به منظور جلوگیری از تأثیر چین بر کیفیت و کمیت اسانس برای تمام گونه‌ها تنها از اندام‌های برداشت شده در چین اول استفاده شد.

قبل از اجرای آزمایش جهت تعیین خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک نظیر میزان عناصر معدنی قابل دسترس (شامل نیتروژن کل، فسفر و پتاسیم، pH، EC و بافت خاک) نمونه‌برداری از عمق ۰-۲۰ سانتی‌متر محل-های اجرای آزمایش انجام شد که میانگین نتایج آن در جدول ۱ ارائه شده است. اطلاعات اقلیمی منطقه کاشت گیاهان دارویی مورد مطالعه در جدول ۲ نشان داده شده است.

نتیجه گرفت که با کاهش محتوی رطوبتی، فرآیند استخراج رطوبت مشکل‌تر و هزینه آن افزایش می‌یابد و کاهش محتوای رطوبتی بیش از حد مجاز، افت کیفیت و کمیت گیاه دارویی را به دنبال دارد. نتایج تحقیقات Schilcher (۱۹۸۷) روی اثر تیمارهای مختلف خشک کردن (درجه حرارت‌های ۴۰، ۵۰ و ۶۰ درجه سانتی‌گراد در آون، سایه، هوای معمولی و لایه‌های با قطر ۱۰ سانتی-متر (وجود شرایط تخمیر) بر اجزای اسانس گل بابونه (رقم بودگلد) نشان داد که درجه حرارت‌های بالای آون و شرایط نزدیک به تخمیر به دلیل اکسید شدن بیسابولول، کاهش معنی‌دار آن را موجب گردید. بدین ترتیب، وی بیان نمود که محتوی بیسابولوئید در بابونه علاوه بر عوامل ژنتیکی و محیطی، به میزان زیادی وابسته به شرایط خشک کردن و انبار کردن ماده گیاهی، بعد از برداشت می‌باشد.

خشک کردن با امواج میکروویو از جمله روش‌های جدید مورد استفاده برای خشک کردن گیاهان محسوب می‌شود. کوتاه بودن زمان مورد استفاده از جمله مزایای مهم این روش می‌باشد (Blöse, 2001). روش خشک کردن با میکروویو یا استفاده از روش‌های ترکیبی میکروویو-هوای داغ، علاوه بر کاهش زمان خشک شدن ماده گیاهی، کیفیت آن را نیز تا حدودی حفظ می‌نماید (Drouzas et al., 1999). اشعه‌های میکروویو با پخشیدگی سریع و مؤثر در ماده گیاهی، با خشک کردن سریع، کاهش مصرف انرژی را نیز موجب می‌گردد (Diaz et al., 2003). خشک کردن با میکروویو، علاوه بر کاهش مدت زمان لازم برای خشک شدن (Diaz et al., 2003) باعث حفظ رنگ گیاهان خشک شده و بهبود محتوای ماده مؤثره می‌گردد (Von Hörsten, 1999). در همین راستا، هیندل و میولر (Heindl & Müller, 2002) گزارش نمودند که ریشه‌های سنبل‌الطیب خشک شده با امواج میکروویو دارای کیفیت بالاتر و بار میکروبی پایین‌تری بود. نتایج برخی دیگر از مطالعات انجام شده در زمینه بررسی اثر خشک کردن روی طیف وسیعی از سبزی‌ها و میوه‌ها نظیر قارچ (Riva

اندام‌های مختلف گیاهان دارویی در سه درجه حرارت آون شامل ۳۰، ۴۰ و ۶۰ درجه سانتی‌گراد، سه توان خروجی میکروویو شامل ۱۰۰، ۳۰۰ و ۶۰۰ وات و به دو روش طبیعی سایه و آفتاب در آزمایشگاه گیاهان زراعی ویژه دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد خشک شدند. میکروویو (ButanCE300WTDU) دارای حداکثر خروجی برق ۹۰۰ وات و فرکانس عملکرد ۲۴۵۰ هرتز، ابعاد ۳۴۵×۲۴۰×۳۴۴ میلی‌متر و مجهز به یک سینی گردان و تنظیم دیجیتال توان و زمان بود.

برای تعیین محتوای رطوبتی اولیه، چهار نمونه ۵۰ گرمی در آون با درجه حرارت ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک شدند. سپس محتوای رطوبتی اندام‌های مختلف گونه‌های دارویی بر اساس وزن تر و خشک بر طبق روش مارتینو و همکاران (Martinov et al., 2007) و با استفاده از معادلات (۱) و (۲) محاسبه شد:

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

معادله (۲) وزن ماده خشک / وزن رطوبت = میزان رطوبت بر پایه وزن خشک

به منظور جذب یکنواخت انرژی میکروویو، نمونه‌های ۵۰ گرمی از اندام‌های مختلف گونه‌های دارویی به طور یکنواخت روی سینی پخش شدند. برای تعیین میزان کاهش وزن نمونه‌ها از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم استفاده شد. در تمامی تیمارها خشک کردن نمونه‌های گیاهی تا زمانی ادامه یافت که وزن آنها به محتوای رطوبتی ۰/۱۰ بر پایه وزن خشک (یا ۱۰ درصد بر پایه وزن تر) برسد.

داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت لایه فاز ساکن ۰/۲۵ میکرومتر ساخت کمپانی J & W Scientific Inc و شناساگر اسپکترومتر جرمی از مدل Varian Saturn3، تشکیل شده بود. شرایط کار بر اساس استفاده از گاز هلیوم به عنوان گاز حامل با سرعت دو میلی‌لیتر در دقیقه، پتانسیل یونیزاسیون ۷۰ الکترون ولت و برنامه‌ریزی دمایی ستون به صورت تغییر درجه حرارت ستون بین ۲۸۰-۶۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت سه درجه در دقیقه و درجه حرارت محفظه تزریق ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد بود. در هر مورد پس از تزریق مقادیر بسیار جزئی اسانس، کروماتوگرام به دست آمده و طیف‌های جرمی مهمترین ترکیب موجود در آن اسانس بررسی و تعیین شد. شناسایی طیف به کمک بانک اطلاعات جرمی، زمان بازداری، محاسبه اندیس کواتس، مطالعه طیف جرمی مهمترین جزء و بررسی الگوهای شکست آن، مقایسه آن با طیف‌های استاندارد و استفاده از منابع معتبر انجام شد (Adams, 2001). در نهایت، درصد کمی آن جزء بر اساس سطح زیر منحنی و توسط برنامه‌ریزی مشخص گردید.

استخراج اسانس تمام گونه‌ها به روش تقطیر با آب و با استفاده از دستگاه کلونجر^۱ به مدت سه ساعت و در شرایط یکسان برای تمام تیمارها انجام شد. جهت تعیین میزان مهمترین جزء اسانس گونه‌های مورد مطالعه شامل آویشن (تیمول)، بابونه (کامازولن)، بادرنجبویه (سیترونلول)، ترخون (استراگول) و نعنای فلفلی (منتول) از دستگاه گاز کروماتوگراف متصل به طیف‌سنج جرمی (GC/MS) که شرایط آن به طور کامل در ذیل تشریح شده است، استفاده شد.

دستگاه گاز کروماتوگراف متصل به طیف‌سنج جرمی، از یک دستگاه گاز کروماتوگراف مدل VarianStar 3400cx مجهز به ستون DB-5 به طول ۳۰ متر، قطر

به منظور تعیین درصد کامازولن، ۲۵ میلی‌لیتر گزلیول به اسانس استخراج شده اضافه و جذب این محلول در

^۱. Clevenger

طول موج ۶۱۰ نانومتر در دستگاه U.V اندازه‌گیری شد. در نهایت، با استفاده از معادله (۳) درصد کامازولن

محاسبه شد (Omidbaigi, 1999):

$$\text{معادله (۳)} \quad 100 \times \text{وزن اسانس} / 5/81 \times \text{مقدار گزیلول} \times \text{جذب در طول موج ۶۱۰ نانومتر} = \text{درصد کامازولن}$$

درجه سانتی‌گراد مدت زمان لازم برای خشک کردن این گونه‌های معطر به ترتیب ۲۸، ۲۷، ۱۹، ۲۵ و ۴۲ درصد کاهش یافت؛ در حالی که میزان این کاهش، با افزایش توان خروجی میکروویو از ۱۰۰ به ۶۰۰ وات به ترتیب برابر با ۵۹، ۳۵، ۲۳، ۴۴ و ۳۷ درصد بود (شکل ۱).

روش‌های مختلف خشک کردن اثر معنی‌داری ($p \leq 0/01$) بر محتوی اسانس گونه‌های مختلف مورد مطالعه داشت (جدول ۳). به طوری که بالاترین محتوی اسانس آویشن، بابونه، بادرنجبویه، ترخون و نعناع فلفلی برای روش سایه به ترتیب برابر با ۰/۷، ۰/۹، ۲/۹ و ۲/۹ و ۳/۳ درصد به دست آمد. اگرچه استفاده از روش خشک کردن در سایه محتوی اسانس تمامی این گونه‌های دارویی را بیش از ۱۰۰ درصد در مقایسه با روش خشک کردن در آفتاب بهبود بخشید، ولی میزان این افزایش، برای محتوی اسانس بادرنجبویه در شرایط خشک کردن در سایه به مراتب بالاتر از سایر گونه‌های دارویی بود. افزایش درجه حرارت آون از ۳۰ تا ۶۰ درجه سانتی‌گراد باعث کاهش محتوی اسانس آویشن، بابونه، بادرنجبویه، ترخون و نعناع فلفلی به ترتیب برابر با ۵۶، ۵۶، ۵۰، ۹۰ و ۴۰ درصد شد. میزان کاهش محتوی اسانس این گونه‌ها در شرایط افزایش توان خروجی میکروویو از ۱۰۰ تا ۶۰۰ وات برای این گونه‌های دارویی به ترتیب برابر با ۶۹، ۶۵، ۵۰، ۹۵ و ۴۲ درصد بود (شکل ۲).

روش‌های مختلف خشک کردن به طور معنی‌داری ($p \leq 0/01$) محتوی مهمترین اجزای اسانس گونه‌های دارویی مورد مطالعه را تحت تأثیر قرار داد (جدول ۳). به طوریکه بالاترین محتوی تیمول در آویشن، کامازولن در بابونه، سیترونل در بادرنجبویه، استراگول در ترخون و منتول در نعناع فلفلی برای شرایط خشک شدن در سایه به

آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 بر اساس طرح کاملاً تصادفی با هشت تیمار و چهار تکرار و مقایسه میانگین داده‌ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. از نرم‌افزار Excel نیز برای رسم داده‌ها استفاده شد.

نتایج

محتوای رطوبتی اولیه گل‌های بابونه ۷۵/۴ درصد بر پایه وزن تر و ۳/۷ درصد بر پایه وزن خشک بود. محتوای رطوبتی اولیه برگ‌ها و سرشاخه‌های گونه‌های دارویی آویشن، بادرنجبویه، ترخون و نعناع فلفلی به ترتیب ۴۹/۸۳، ۴۱/۴۶، ۵۱/۵۲ و ۵۴/۴۸ درصد بر پایه وزن تر و ۲/۳۴، ۲/۰۱، ۲/۴۹ و ۲/۶۷ درصد بر پایه وزن خشک بود. نتایج تجزیه واریانس اثر روش‌های مختلف خشک کردن گیاهان دارویی بر مدت زمان لازم برای خشک شدن، محتوی اسانس و محتوی مهمترین جزء اسانس این گیاهان شامل آویشن (تیمول)، بابونه (کامازولن)، بادرنجبویه (سیترونل)، ترخون (استراگول) و نعناع فلفلی (منتول) در جدول ۳ نشان داده شده است.

اثر روش‌های مختلف خشک کردن گیاهان دارویی مورد مطالعه بر مدت زمان لازم برای خشک شدن بر پایه ۱۰ درصد وزن خشک این گونه‌ها معنی‌دار ($p \leq 0/01$) بود (جدول ۳). بیشترین مدت زمان لازم برای خشک شدن بر اساس ۱۰ درصد وزن خشک برای آویشن، بابونه، بادرنجبویه، ترخون و نعناع فلفلی به ترتیب برابر با ۳۴۵/۸، ۴۵۷/۰، ۴۷۹/۲، ۳۴۵/۷ و ۳۲۴/۲ دقیقه برای روش خشک کردن در سایه حاصل شد که به ترتیب ۳۵، ۴۶، ۲۰، ۲۰ و ۲۱ درصد بالاتر از روش خشک کردن در آفتاب بود. با افزایش درجه حرارت آون از ۳۰ به ۶۰

دارد. Caseres (۲۰۰۰) محتوی رطوبتی نهایی گیاهان را به منظور جلوگیری از آلودگی های قارچی، ۰/۱۰ بر پایه وزن خشک یا ۱۰ درصد بر پایه وزن تر توصیه نمود.

کاهش مدت زمان لازم برای خشک شدن محصولات گیاهی اهمیت زیادی در کاهش هزینه های مصرف انرژی دارد (Caceres, 2000). نتایج مطالعات Parker (۱۹۹۹) نیز نشان داد که خشک کردن برگ های گونه دارویی جعفری تا زمان رسیدن به محتوی رطوبتی ۱۰ درصد بر پایه وزن خشک با روش میکروویو (توان خروجی ۹۰۰ وات) در مقایسه با درجه حرارت های ۳۰، ۴۰، ۵۰ و ۶۵ درجه سانتی گراد، زمان لازم برای خشک کردن را به ترتیب تا ۱۱۱، ۹۲، ۳۷ و ۳۱ برابر کاهش داد که این امر تأثیر بسزایی بر کاهش هزینه های لازم و مصرف انرژی دارد. بنابراین، از آنجا که با افزایش توان و درجه حرارت، مدت زمان لازم برای خشک کردن کاهش می یابد (Parker, 1999)، می توان از افزایش نسبی توان خروجی میکروویو و درجه حرارت آن برای خشک کردن سریع تر گونه های دارویی بهره جست. البته بایستی به این نکته دقت کرد که استفاده از درجه حرارت مناسب برای خشک کردن تعیین کننده کمیت و کیفیت نهایی محصول می باشد. اگرچه تیمارهای مختلف خشک کردن اثرات متفاوتی بر زمان لازم برای خشک شدن گونه های مختلف دارویی داشتند، ولی با مقایسه روش های مختلف خشک کردن به نظر می رسد که توان و درجه حرارت نقش مؤثری بر کاهش محتوی رطوبتی اندام های مختلف داشته اند. همچنین با مقایسه زمان لازم برای خشک شدن تحت این تیمارها مشخص گردید که افزایش توان خروجی میکروویو در مقایسه با افزایش درجه حرارت آن تأثیر بیشتری بر کاهش محتوی رطوبتی اندام های گونه های مورد مطالعه داشته است. Drouzas و همکاران (۱۹۹۹) خشک کردن با استفاده از میکروویو را به دلیل پخشیدگی سریع اشعه های آن روشی مؤثر برای کاهش محتوای رطوبتی محصولات کشاورزی معرفی نمودند. Heviaet و

ترتیب برابر با ۵۴/۷، ۷/۶، ۵۳/۵، ۶۹/۸ و ۶۷/۱ درصد مشاهده شد. مقایسه محتوی مهمترین اجزای اسانس برای دو روش خشک کردن طبیعی نشان داد که نسبت محتوی این اجزاء برای شرایط خشک کردن در سایه بیش از ۱۰۰ درصد بالاتر از خشک کردن در آفتاب بود که بالاترین درصد بهبود محتوی مهمترین جزء اسانس در مقایسه گونه های دارویی مورد مطالعه برای بادرنجبویه حاصل شد.

با افزایش درجه حرارت آن از ۳۰ به ۶۰ درجه - سانتی گراد محتوی تیمول، کامازولن، سیترونل، استراگول و منتول به ترتیب برابر با ۳۶، ۳۵، ۶۲، ۴۷ و ۵۲ درصد کاهش یافت. افزایش توان خروجی میکروویو از ۱۰۰ به ۶۰۰ وات نیز کاهش این اجزا را به ترتیب برابر با ۴۶، ۳۷، ۶۷، ۵۵ و ۵۴ درصد به دنبال داشت.

بحث

خشک کردن یکی از قدیمی ترین روش های نگهداری گیاهان دارویی بعد از عملیات برداشت تا زمان فرآوری و مصرف است. طی این فرآیند که باعث کاهش محتوی رطوبتی اندام های مختلف گیاهی می گردد، مولکول های رطوبت به سطح اندام حرکت می نمایند، لذا این امکان وجود دارد که طی فرآیند 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 ترکیبات، کیفیت محصول خشک شده افت می نماید (Asekun et al., 2007). بنابراین انتخاب روش مناسب برای خشک کردن گیاهان دارویی که بسته به نوع اندام، هدف خشک کردن و محتوی رطوبتی متفاوت می باشد (Omidbaigi, 2003)، نقش بسزایی بر کیفیت و عملکرد ماده مؤثره دارد. البته بایستی دقت کرد که به منظور جلوگیری از صرف هزینه فرآوری تحت تأثیر مشکل شدن فرآیند استخراج رطوبت و همچنین حفظ کیفیت و کمیت ماده مؤثره، تعیین محتوای نهایی رطوبتی طی این فرآیند نیز اهمیت

داشته که در نتیجه به دلیل افزایش تبخیر، ماده مؤثره را نسبت به درجه حرارت‌های بیشتر در تیمارهای مختلف خشک کردن تحت شرایط آفتاب و آون و همچنین توان-های بالاتر میکروویو حساس تر نموده است. بدین ترتیب، توصیه می‌شود که به منظور حفظ کیفیت و همچنین کمیت بادرنجبویه و جلوگیری از تبخیر ماده مؤثره این گونه معطر، از درجه حرارت‌های پایین تر و انرژی ورودی کمتر برای خشک کردن آن استفاده شود (Venskutonis, 1997) تا از کاهش محتوی اسانس و اجزای تعیین کننده کیفیت این گونه دارویی ارزشمند جلوگیری شود.

با افزایش درجه حرارت به دلیل بالا رفتن سرعت حرکت مولکول‌های آب به سطح اندام و همچنین افزایش سرعت انتقال مولکول‌های ترکیبات معطر در اندام طی فرآیند تبخیر (Asekun et al., 2007)، محتوی مهمترین جزء اسانس گونه‌های مختلف کاهش یافت. Rushing و همکاران (۲۰۰۳) نیز بیان داشتند با افزایش درجه حرارت در فرآیند خشک کردن میزان پارتنولید بابونه گاوی کاهش یافت. Asekun و همکاران (۲۰۰۷) نیز کاهش متون، ۱، ۸- سینئول و پولگون پونه را در شرایط افزایش درجه حرارت تحت تیمارهای خشک کردن به این موضوع نسبت دادند. بدین ترتیب، از آنجا که فرآیند خشک کردن میزان ماده مؤثره و محتوی اجزای کیفی گونه‌های دارویی را تحت تأثیر قرار می‌دهد، لذا تأثیر بسزایی بر ارزش اقتصادی این گونه‌ها داشته و بایستی به دقت نوع روش مناسب برای خشک کردن و میزان انرژی و درجه حرارت ورودی برای کاهش محتوی رطوبتی آنها تعیین شود. به طور کلی، از آنجا که سرعت بالای خشک کردن و در نتیجه کاهش انرژی ورودی از کاهش تبخیر ماده مؤثره و اجزای آروماتیک جلوگیری می‌کند (Venskutonis, 1997)، استفاده از توان‌های پایین میکروویو می‌تواند به دلیل نفوذ و پخشیدگی سریع تر و یکنواخت تر انرژی در اندام‌های گیاهی (Szumny et al., 2009)، علاوه بر حفظ کمیت و کیفیت ماده مؤثره، به دلیل صرفه جویی در انرژی

همکاران (۲۰۰۲) نیز بیان داشتند که سرعت از دست دادن رطوبت^۱ و کاهش محتوی رطوبتی، تحت تأثیر حرکت آب از لایه‌های داخلی به سطح اندام گیاهی می‌باشد و پراکندگی سریع اشعه‌های میکروویو، نقش بسزایی بر کاهش سریع محتوی رطوبتی از اندام‌های گیاهان دارد که این امر می‌تواند کیفیت نهایی آنها را تعیین نماید. نتایج این مطالعه مبنی بر کاهش مدت زمان لازم برای خشک کردن تحت تأثیر افزایش توان خروجی میکروویو توسط برخی دیگر از محققین روی بابونه (Rahmati et al., 2010) و جعفری (Soysal & Oztekin, 2001) نیز تأیید شده است.

نتایج به دست آمده در این مطالعه مبنی بر بهبود معنی دار محتوی اسانس گونه‌های مختلف دارویی برای خشک کردن در شرایط سایه با نتایج دیگر محققان مطابقت دارد. در همین راستا، Omidbaigi و همکاران (۲۰۰۳) بالاترین محتوی اسانس گیاه بابونه رومی را برای شرایط خشک کردن در سایه گزارش نمودند. Rahmati و همکاران (2010) نیز بیان داشتند که بالاترین محتوی اسانس بابونه برای روش خشک شدن در سایه مشاهده شد. نتایج مطالعه Ebadi و همکاران (۲۰۱۱) نشان داد که بالاترین و پایین ترین محتوی اسانس مرزه به ترتیب با ۳ و ۰/۹ درصد برای دو روش خشک کردن در سایه و آفتاب حاصل شد.

اگرچه استفاده از روش خشک کردن در سایه کمیت و کیفیت تمام گونه‌های دارویی را در مقایسه با شرایط خشک کردن در آفتاب تحت تأثیر قرار داد، ولی میزان بهبود محتوی اسانس بادرنجبویه از سایر گونه‌های دارویی به مراتب بالاتر بود. بدین ترتیب، از آنجا که اسانس بادرنجبویه در کرک‌های غده‌ای در برگ‌ها ذخیره می‌شود (Moyler, 1994)، لذا احتمال می‌رود که ماده مؤثره بادرنجبویه در ناحیه سطحی تری نسبت به سایر گونه‌های دارویی مورد مطالعه و به ویژه گیاهان تیره نعناعیان قرار

^۱. Dehydration

3. 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. sub sp. *capensis*. Food Chemistry, 101: 995-998.
4. Basver, D. 1993. Saffron, the costliest spice: drying and quality, supply and price. Acta Horticulture, 344: 89-95.
5. Blose, N. 2001. Herb Drying Handbook: Includes Complete Microwave Drying Instructions. Sterling Publishing Co. Inc., New York, 96 pp.
6. Bouraoui, M., Richard, P. and Durance, T., 1994. Microwave and convective drying of potato slices. Journal of Food Process Engineering, 17: 353-363.
7. Bushbeck, E., Keiner, E. and Klinner, J. 1967. Trocknungsphysikalische und Warmetechnische Untersuchung Zur Trocknung von Pfefferminze (Physical and thermal properties affecting drying characteristics of peppermint). Archiv fur Landtechnik 2, FL pp. 163-200.
8. Caceres, A. 2000. Calidad de la material prima para la elaboracion de productos fitofarmaceuticas. Primer Congreso International FITO 2000. Por la investigacion, conservacion y diffusion del conocimiento de las plantas medicinales". 27-30 de septiembre, 2000, Lima, Peru.
9. Deans, S. and Svoboda, D. 1992. Effect of drying regime on volatile oil and microflora of aromatic plant. Acta Horticulture, 306: 450-452.
10. 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 Food Science and Emerging Technologies, 4: 203-209.
11. Drouzas, E., Tsami, E. and Saravacos, G.D., 1999. Microwave/vacuum drying of model fruit gels. Journal of Food Engineering, 63: 349-359.
12. 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.

و هزینه، عنوان روش مناسب برای خشک کردن گونه های دارویی مد نظر قرار گیرد.

نتیجه گیری نهایی

خشک کردن فرآیندی است که به دلیل تأثیر بر میزان ماده مؤثره و محتوی اجزای آن، کیفیت گیاهان دارویی و به تبع آن ارزش اقتصادی آنها را تعیین می کند. اگرچه بالاترین محتوی اسانس و بیشترین مقدار مهمترین اجزای کیفی گیاهان دارویی مورد مطالعه شامل آویشن، بابونه، بادرنجبویه، ترخون و نعنای فلفلی برای تیمار خشک کردن در شرایط سایه حاصل شد، ولی به دلیل صرف انرژی، زمان بر بودن و همچنین نیاز به فضای مناسب برای خشک کردن گونه های دارویی، می توان از روش های با سرعت بالای خشک کردن با استفاده از توان های پایین میکروویو که دارای کاهش انرژی ورودی هستند، به منظور حفظ کیفیت اسانس گیاهان دارویی و صرفه جویی در هزینه بهره جست. همچنین مقایسه تأثیر روش های مختلف خشک کردن گیاهان دارویی نشان داد که گیاهان دارویی و بویژه بادرنجبویه، گونه هایی حساس نسبت به فرآیند خشک کردن می باشد، لذا توصیه می شود که به منظور حفظ کمیت و کیفیت ماده مؤثره طی فرآیند خشک کردن این گونه های ارزشمند از درجه حرارت های پایین و انرژی های خروجی کم میکروویو استفاده شود تا از کاهش محتوی اسانس و مهمترین جزء تعیین کننده کیفیت تحت تأثیر تبخیر اجزای آروماتیک جلوگیری شود.

منابع

1. Adams, R.P. 2001. Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/Quadropole Mass Spectroscopy. Allured Publishing Corporation, 456 pp.
2. Ahmadi, K., Sefidkon, F. and Assareh, M.H. 2008. The effects of different drying methods on essential oil content and composition of three genotypes of *Rosa damascena* Mill. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 24 (2): 176.

13. Heindl, A. and Müller, J. 2002. Mikrowellenunterstützte Trocknung von Arznei- und Gewürzpflanzen. *Zeitschrift für Arznei- und Gewürzpflanzen*, 7 (4): 208-225.
14. Hevia, F., Melin, P., Berti, M., Fischer, S. and Pinichet, C. 2002. Effect of drying temperature and air speed on cichoric acid and alkylamide content of *Echinaceae purpurea*. *Acta Horticulture*, 576:321-325.
15. Karawya, M., E-Wakeil, F., Hifnawy, M., Ismail, F. and Khalifa, M. 1980. Study of certain factors affecting yield and composition of herbs parsley essential oil (effect of stage of growth, successive cutting, time of day of harvesting, method of drying, storage of herb oil). *Egyptian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 21 (1-2): 69-75.
16. Martinov, M., Oztekin, S. and Muller, J. 2007. Drying. In: Oztekin, S. and Martinov, M. (Eds.). *Medicinal and Aromatic Crops*. CRC Press, United States of America, 320 pp.
17. Moyler, D.A. 1994. Spices- recent advances. 1-70, In: Charalambous, G., (Ed.). *Spices, Herbs and Edible Fungi*. Elsevier Science, Amsterdam, 517 pp.
18. Omidbaigi, R. 1999. Comparison of chemical types of Iranian endemic chamomile and its comparison with modified type. *Agricultural Sciences of Modarres*, 1: 45-52.
19. Omidbaigi, R., Sefidkon, F. and Kazemi, F. 2003. Influence of drying methods on the essential oil composition of Roman Chamomile. *Flavour and Fragrance Journal*, 19: 196-198.
20. Parker, J.C. 1999. Developing a Herb and Spice Industry in Callide Valley, Queensland. A report for the Rural Industries Research and Development Corporation. RIRDC Publication No: 99: p45.
21. Prohbanjan, D.G., Ramaswamy, H.S. and Raghavan, G.S. 1995. Microwave assisted convective air drying of thin layer carrots. *Journal of Food Engineering*, 25: 283-293.
22. Raghavan, B., Rao, L., Singh, M. and Abraham, K. 1997. Effect of drying methods on the flavor quality of marjoram (*Origanum majorana* L.). *Molecular Nutrition and Food Research*, 41 (3): 159-161.
23. Rahmati, M., Azizi M., Ebadi M.T. and Hasanzadeh Khayat, M. 2010. The effects of different drying methods on weight loss rate, essential oil and chamazulene contents of chamomile (*Matricaria recutita*) flowers. *Journal of Horticultural Science*, 24 (1): 29-37.
24. Riva, M., Schirarldi, A. and Cesare, L. 1991. Drying of *Agaricusbisporus* mushrooms by microwave/hot air combination. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, 24: 479-483.
25. Rushing, J.W., Dufault, R.J. and Hassell, R.L., 2003. Drying temperature and developmental stage harvest influence the parthenolid content of fever few leaves and stems. *Acta Horticulture*, 629:167-173.
26. Schilcher H. 1987. *Die Kamille*. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mb H. Stuttgart, Germany. 151 pp.
27. Sefidkon, F., Abbasi, K. and Bakhshi Khaniki, G., 2006. Influence of drying and extraction method on yield and chemical composition of the essential oil of *Satureja hortensis*. *Food Chemistry*, 99 (1): 19-23.
28. Soysal, Y. and Oztekin, S. 2001. Technical and economic performance of a tray dryer for medicinal and aromatic plants. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 79: 73-79.
29. Szumny, A., Figiel, A., Gutierrez-Ortiz, A. and Carbonell-Barrachina, A. 2009. Composition of rosemary essential oil (*Rosmarinus officinalis*) as affected by drying method. *Journal of Food Engineering*, 97 (2): 253-260.
30. Tulasidas, T.N., Raghavan, G.S.V. and Norris, E.R. 1993. Microwave and convective drying of grapes. *Transactions of the ASAE*, 36: 1861-1865.
31. 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.
32. Von Hörsten, D. 1999. Einsatz von Mikrowellenenergie und Hochfrequenztechnik zur Trocknung und Entkeimung von Arznei und Gewürzpflanzen. *Zeitschrift für Arznei und Gewürzpflanzen*, 4 (2): 101-102.
33. 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*, 5 (17): 7-

جدول ۱. نتایج برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک قبل از شروع آزمایش

نیترژن کل	فسفر در دسترس	پتاسیم در دسترس	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	اسیدیته	بافت خاک
۳۹۵	۳۴	۱۱۷	۱/۰۴	۸/۰۳	سیلتی-لوم

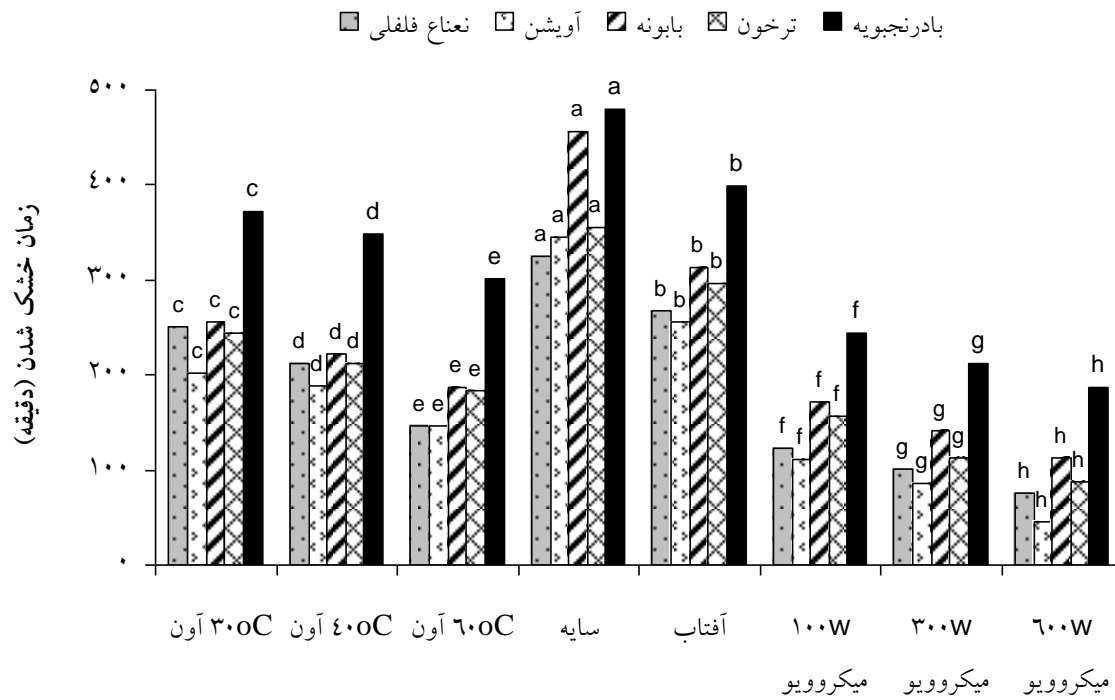
جدول ۲. برخی اطلاعات اقلیمی منطقه کاشت

ارتفاع از سطح دریا (متر)	متوسط بارندگی (میلی متر)	حداقل درجه حرارت (درجه سانتی گراد)	حداکثر درجه حرارت (درجه سانتی گراد)
۹۸۵	۸/۰۳	-۲۷/۸	۴۲

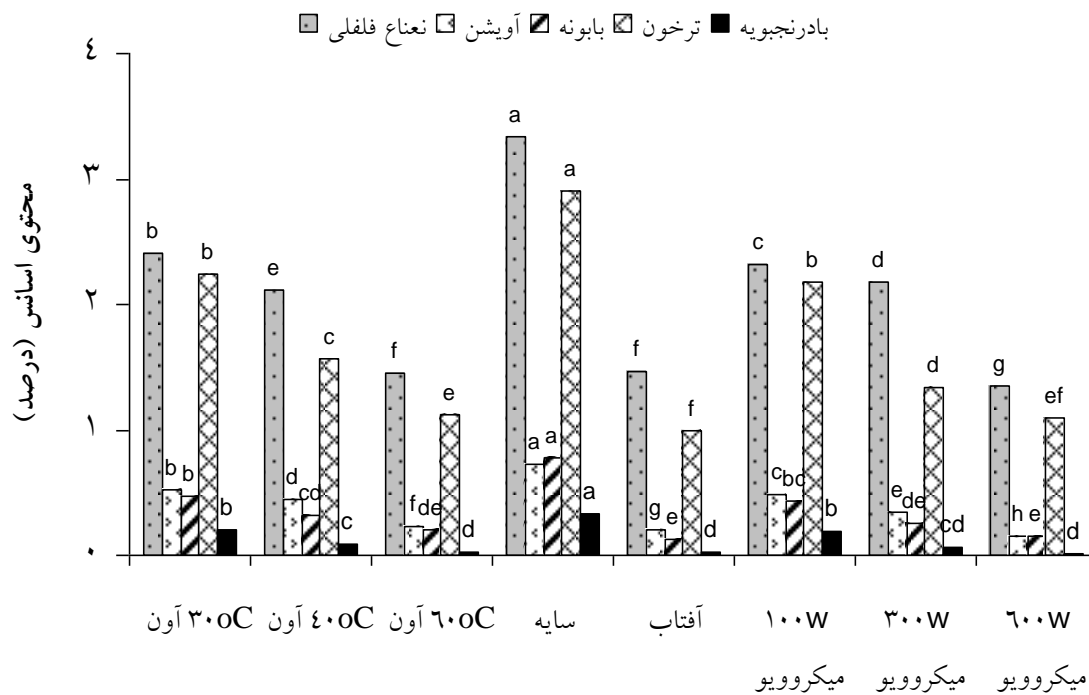
جدول ۳. نتایج آنالیز واریانس (میانگین مربعات) اثر روش های مختلف خشک کردن بر زمان خشک شدن، محتوی اسانس و محتوی مهمترین جزء اسانس گونه های مختلف دارویی

منابع تغییرات درجه آزادی	تیمار	خطا	کل	ضریب تغییرات (%)	
				محتوی اسانس	زمان خشک شدن
آویشن	۷	۲۴	۳۱	۱/۴۵	۰/۰۱
	۰/۴۸**	۰/۰۱	-	۲/۱۱	۰/۰۰۰۱
	۰/۶۷**	۰/۰۰۰۱	-	۱/۰۵	۰/۰۰۰۱
	۰/۸۹**	۰/۰۰۱	-	۱/۸۵	۰/۰۳
بادرنجبویه	۷	۲۴	۳۱	۱/۹۹	۰/۰۰۲
	۰/۴۵**	۰/۰۳	-	۱/۹۹	۰/۰۰۲
	۰/۷۵**	۰/۰۰۲	-	۱/۰۸	۰/۰۰۰۲
	۰/۴۹**	۰/۰۰۰۲	-	۲/۱۴	۰/۰۴
بابونه	۷	۲۴	۳۱	۲/۱۶	۰/۰۰۸
	۱/۱۴**	۰/۰۴	-	۲/۱۶	۰/۰۰۸
	۱/۰۷**	۰/۰۰۸	-	۱/۴۱	۰/۰۰۴
	۰/۹۸**	۰/۰۰۴	-	۱/۴۵	۰/۰۸
ترخون	۷	۲۴	۳۱	۰/۹	۰/۰۰۶
	۱/۱۱**	۰/۰۰۶	-	۱/۰۵	۰/۰۰۱
	۰/۸۴**	۰/۰۰۱	-	۲/۱۲	۰/۲
	۰/۹۱**	۰/۲	-	۱/۲۸	۰/۰۰۱
نعناع فلفلی	۷	۲۴	۳۱	۱/۱۴	۰/۰۰۰۱
	۰/۴۸**	۰/۰۰۱	-	۱/۱۴	۰/۰۰۰۱
	۰/۳۴**	۰/۰۰۰۱	-		

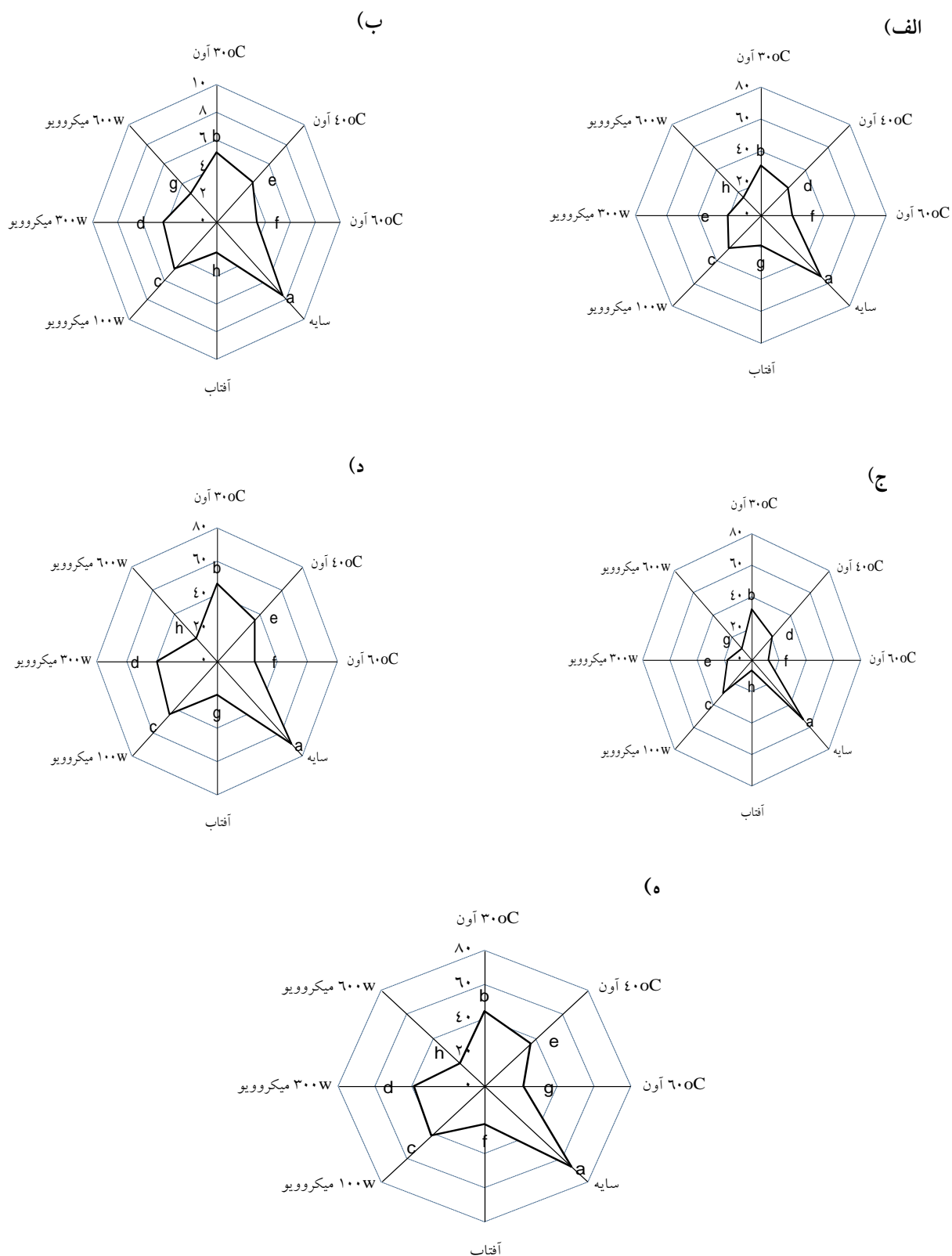
** معنی دار در سطح احتمال یک درصد



شکل ۱. اثر روش‌های مختلف خشک کردن بر مدت زمان خشک شدن بر اساس ۱۰ درصد وزن خشک گونه‌های مختلف دارویی میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند



شکل ۲. اثر روش‌های مختلف خشک کردن بر محتوی اساس گونه‌های مختلف دارویی میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند



شکل ۳. اثر روش های مختلف خشک کردن بر محتوی (الف) تیمول، (ب) کامازولن، (ج) سیترونل، (د) استراگول و (ه) منتول میانگین های دارای حروف مشترک در هر شکل، بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری ندارند.

Effect of drying methods on drying time, essential oil quantitative and qualitative of some of medicinal plants

Khorrarnadel, S^{*1}., Shabahang, J²., Asadi, G.A¹.

1. Assistant Professor, Agronomy Department, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

2. Ph.D student in Agroecology, Agronomy Department, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Abstract

Drying is one of the basic processes in post-harvest operation of medicinal plants that it affects their quantitative and qualitative characteristics. In order to study the drying time, percentage and content of most important component for some of the important medicinal plants such as *Thymus vulgaris* L., *Matricaria chamomila*, *Melisa officinalis*, *Artemisia dracuncululus* and *Mentha piperita*, a laboratory experiment was conducted based on a completely randomized design with four replications at the Laboratory of Agricultural College, Ferdowsi University of Mashhad during year of 2012. Treatments were three temperatures by using oven (30, 40 and 60°C), three powers by using microwave (100, 300 and 600w) and natural procedures (shaded and sunny areas). Drying process was continued until the moisture content of sample weight declined to 0.10 or 10% based on dry or fresh weights, respectively. The results showed that the effect of different drying methods was significant ($p \leq 0.01$) on drying time, essential oil content and amount of important component for these species. The highest drying time and essential oil content were observed in shaded area. Drying in shaded area enhanced amount of important component up to 100% compared to sunny area. By increasing in oven temperature and microwave power declined essential oil content and amount of important component for these species. It seems that increasing in drying rate and declining in input energy prevent from decreasing in essential oil yield, so low power of microwave is a suitable procedure for medicinal plant drying due to relatively rapid decrease in moisture content.

Key words: Drying, Decreasing moisture, Gas Chromatography, Microwave