نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۴، شماره ۱، نیمسال اول ۱۳۸۹، ص. ۳۷-۲۹
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. ۲٤, No. ۱, Spring-Summer ۲۰۱۰, P. ۲۹-۳۷
ISSN: ۲۰۰۸ - ٤۷۳۰

بررسی تأثیر روش‌های مختلف خشک‌کردن بر سرعت کاهش وزن، میزان اسانس و درصد کامازولن گیاه دارویی بابونه (*Matricaria recutita*) رقم دیپلوئید جرمانیا

میترا رحمتی[۱*] - مجید عزیزی[۲] – محمد تقی عبادی[۳] - محمد حسن زاده خیاط[٤]

تاریخ دریافت: ۸۷/۱۰/۱۱
تاریخ پذیرش: ۸۸/۲/۲۳

چکیده

به منظور بررسی تأثیر روش‌های مختلف خشک‌کردن بر مدت زمان لازم برای خشک‌کردن و سرعت کاهش وزن، میزان اسانس و درصد کامازولن گل‌های بابونه (*Matricaria recutita* (L.) Rauschert) اصلاح شده رقم دیپلوئید جرمانیا، آزمایشی در سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ در مزرعه و آزمایشگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. شش توان مختلف میکروویو شامل ۱۰۰، ۱۸۰، ۳۰۰، ۴۵۰، ۶۰۰ و ۹۰۰ وات، سه دمای مختلف آون شامل ۵۰، ۶۰ و ۷۰ درجه سانتیگراد و روش طبیعی (سایه و آفتاب) در این آزمایش مورد مطالعه و مقایسه قرار گرفتند. در روش‌های مختلف، خشک‌کردن نمونه‌ها تا زمانی که وزن آنها به محتوای رطوبتی ۰/۱۰ بر پایه وزن خشک (یا ۱۰ درصد بر پایه وزن تر) رسید، ادامه داشت. نتایج حاصل نشان داد که بین روش‌های مختلف خشک‌کردن و مدت زمان لازم برای خشک-کردن، میزان اسانس و درصد کامازولن گیاه بابونه رابطه معنی‌داری وجود دارد. کمترین زمان خشک‌کردن (۷ تا ۱۰۴ دقیقه با توجه به توان مورد نظر) در روش میکروویو و بیشترین آن (۱۲۰ ساعت) در روش سایه حاصل شد. بالاترین درصد اسانس (۰/۷۲ درصد وزنی) در روش سایه به دست آمد و کمترین آن مربوط به خشک‌کردن در میکروویو و دمای بالای آون بود. بالاترین درصد کامازولن در روش طبیعی و میکروویو و کمترین درصد آن به وسیله خشک کردن در آون به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: آفتاب، آون، بابونه، خشک‌کردن، سایه، کامازولن، میکروویو

مقدمه

بابونه آلمانی یا مجاری (*Matricaria recutita* (L.) Rausch.) گیاهی است علفی، یک‌ساله، متعلق به تیره کاسنی[۵] و یکی از قدیمی‌ترین و مهمترین گیاهان دارویی شناخته شده در سراسر دنیا است (۲ و ۱۴). اثرات شفابخش مستند این گیاه عبارتند از ضدالتهاب، ضدعفونی کننده، داروی مسکن، ترمیم کننده زخم و ضد تشنج. گل‌های بابونه (Chamomillae flos) به عنوان یک ماده خام حاوی نزدیک به ۱۲۰ترکیب شیمیایی مثل ترپنوئیدها، فلاونوئیدها و موسیلاژها می‌باشد. کامازولن[۶]، α- بیسابلول[۷] و فارنزن[۸] مهمترین ترکیبهای اسانس بابونه هستند (۲۴). فرمول مولکولی کامازولن $C_{14}H_{16}$ و وزن مولکولی آن ۱۹۸ و نام علمی کامازولن ۱ و ۴- دی متیل- ۷- اتازولن است که لیندازولن نیز نامیده می‌شود. اسانس موجود در بابونه در قسمت‌های پایینی گلچه‌های لوله‌ای به شکل قطراتی کروی در کیسه‌ها و مجاری ترشحی تشکیل می‌شود (۳).

گل‌های تازه بابونه به دلیل داشتن ۸۰ درصد محتوای رطوبتی اولیه و دارا بودن بالاترین گرمای تنفسی در میان سبزی‌ها و گیاهان دارویی، برابر با ۱۱۰۰ تا ۱۳۵۰ وات به ازای هر تن محصول برداشت شده، بسیار فساد پذیرند. سرعت تنفس بالای گل‌های بابونه که تا ۸۰ ساعت پس از برداشت ادامه دارد، باعث کاهش سریع کیفیت آن می‌شود (۴). خشک‌کردن یکی از قدیمی‌ترین روش‌های نگهداری محصولات کشاورزی بعد از برداشت است. این فرایند شامل حذف

۱، ۲، ۳ – به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار و دانشجوی کارشناسی ارشد گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۴- استاد شیمی دارویی دانشکده دارو سازی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد
(* - نویسنده مسئول: (Email: Rahmati_m۰۶@yahoo.com

۵- Asteraceae
۶ - Chamazulene
۷ - α- Bisabolol
۸ - Farnesene

رطوبت با استفاده از عمل تبخیر تا حد رسیدن به یک آستانه خاص است تا بتوان محصول را برای مدت طولانی انبار کرد و فعالیت‌های آنزیمی، میکروارگانیسم‌ها و مخمرها در آن متوقف شود. روش خشک‌کردن به میزان و نوع رطوبت موجود در اندام گیاه (از نظر پیوند شیمیایی) بستگی دارد. خشک‌کردن طبیعی و خشک‌کردن با جریان هوای گرم به دلیل در برداشتن هزینه‌های کمتر، هنوز هم از مهمترین روش‌های مورد استفاده در تولید ماده گیاهی خشک هستند. روش خشک‌کردن طبیعی (سایه و آفتاب) معایب زیادی دارد، برای مثال، عدم امکان جابجایی مقادیر زیاد ماده گیاهی و دستیابی به استانداردهای ثابت کیفیت. معایب روش خشک‌کردن با هوای گرم عبارتند از بازده کم انرژی و زمان‌بر بودن فرایند (۲۸). برای مثال، پارکر (۱۹) گزارش کرد که خشک‌کردن برگ‌های تازه ریحان شیرین، مرزنجوش و جعفری در یک خشک‌کن هوای گرم، برای رسیدن به محتوای رطوبتی ۱۰ درصد (بر پایه وزن تر) در دماهای ۳۰، ۴۰، ۵۰ و ۶۵ درجه سانتیگراد به ترتیب، ۱۵، ۱۶، ۶ و ۵ ساعت طول کشید. خشک‌کردن گیاهان برگی که محتوای رطوبتی بالایی دارند، با استفاده از هوایی که دمای کمی دارد، مصرف انرژی را تا ۱۰ مگاژول بر کیلوگرم افزایش می‌دهد (۶).

همچنین در محصولات کشاورزی تعیین مدت زمان لازم برای خشک کردن محصول تا حد اپتیمم اهمیت دارد (۱۳). کاکرس (۷) محتوای رطوبتی نهایی گیاهان دارویی را برای اینکه دچار آلودگی قارچی و افلاتوکسین نشود، ۱۰ درصد بر پایه وزن خشک یا ۱۰ درصد بر پایه وزن تر توصیه کرد و در ضمن کاهش محتوای رطوبتی محصول از حد مجاز را منجر به کاهش کیفیت و کمیت محصول نهایی دانست. چون با ادامه افت رطوبت آن، استخراج رطوبت سخت‌تر و هزینه فرآوری افزایش می یابد.

چیلچر (۲۴) گل‌های بابونه رقم بودگلد را در دماهای ۴۰، ۵۰ و ۶۰ درجه سانتیگراد در آون، سایه و در هوای معمولی و لایه‌هایی به قطر ۱۰ سانتیمتر (نزدیک به شرایط تخمیر) خشک کرد. آنالیز اجزا اسانس نشان داد که دماهای بالای آون و شرایط نزدیک به تخمیر منجر به اکسید شدن بیسابلول و کاهش معنی‌دار آن شد. نتایج نشان داد که میزان بیسابلوئیدها در بابونه نه فقط به وسیله فاکتورهای ژنتیکی و اکولوژیکی کنترل می‌شود، بلکه به شرایط خشک‌کردن و انبار کردن ماده گیاهی، بعد از برداشت هم بستگی دارد.

روش خشک‌کردن با میکروویو یا روش ترکیبی میکروویو- هوای گرم، زمان خشک‌کردن ماده گیاهی را بدون تنزل کیفیت آن کاهش می‌دهد (۱۰). اشعه‌های میکروویو خیلی سریع و مؤثر در ماده گیاهی پخش می‌شود (۹) و منجر به کاهش مصرف انرژی می‌گردد (۱۱).

آزمایشات خشک‌کردن با میکروویو روی طیف وسیعی از میوه‌ها و سبزی‌ها مثل قارچ‌های خوراکی (۲۲)، سیب زمینی (۵)، هویج (۲۰) و انگور (۲۹) انجام شده است.

استفاده از میکروویو خصوصاً در خشک‌کردن گیاهان دارویی اسانس‌داری که ماده مؤثره آنها در ناحیه سطحی برگ‌هایشان قرار دارد و در نتیجه به دماهای بالا حساسند، توصیه می‌شود. سرعت بالای خشک‌کردن و انرژی ورودی کم از کاهش میزان اسانس جلوگیری می‌کند (۳۰).

به هر حال اطلاعات موجود در رابطه با میزان ماده مؤثره و درصد کامازولن گیاه دارویی بابونه بعد از خشک شدن با روش های مختلف محدود است. بنابراین با توجه به نیاز صنایع داروسازی و صنایع آرایشی و بهداشتی به این گیاه، تهیه انواع چای بابونه و با در نظر گرفتن شرایط مساعد آب و هوایی کشت و کار آن در ایران (به ویژه شدت نور بالا)، به منظور تعیین بهترین روش خشک‌کردن با توجه به مدت زمان لازم برای خشک‌کردن، درصد اسانس و درصد کامازولن و با هدف بهینه‌سازی شرایط برای تولید بابونه با میزان ماده موثره قابل قبول، این طرح تحقیقاتی به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

گل‌های بابونه آلمانی (رقم دیپلوئید "جرمانیا[1]") به منظور انجام آزمایشات تحقیقاتی خشک‌کردن از مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در مرحله گلدهی کامل، ساعت ۹ تا ۱۱ صبح در نیمه خرداد ماه سال ۱۳۸۷ جمع‌آوری شدند. این آزمایش به صورت طرح بلوک های کامل تصادفی با ۱۱ تیمار (روش های مختلف خشک کردن) و ۳ تکرار به اجرا در آمد.

برای تعیین محتوای رطوبتی اولیه، ۴ نمونه ۵۰ گرمی در یک آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد به مدت ۲۴ ساعت خشک شدند. محتوای رطوبتی اولیه گل‌های بابونه تقریباً ۷۹/۶ درصد بر پایه وزن تر و به عبارت دیگر ۳/۹ بر پایه وزن خشک[2] بود.

خشک‌کردن نمونه‌ها با سه روش مختلف انجام شد. ۱- روش طبیعی شامل خشک‌کردن در سایه در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد به مدت ۱۲۰ ساعت و خشک کردن در آفتاب به مدت ۷۲ ساعت، ۲- سه دمای مختلف آون شامل ۵۰، ۶۰ و ۷۰ درجه سانتیگراد و ۳- یک آون میکروویو خانگی [ButanCE۳۰۰WTDU] با حداکثر خروجی برق ۹۰۰ وات و فرکانس عملکرد ۲۴۵۰ مگاهرتز، ابعاد ۳۴۵×۲۴۰×۳۴۴ میلی‌متر و مجهز به یک سینی‌گردان و تنظیم

۱- Germania

۲- میزان رطوبت ماده گیاهی بر پایه وزن تر و یا وزن خشک محاسبه می‌شود. میزان رطوبت بر پایه وزن تر که به صورت درصد بیان می شود، از رابطه ۱ محاسبه می‌شود. میزان رطوبت بر پایه وزن خشک که به صورت یک نسبت بیان می شود، از رابطه ۲ تعیین می شود (۱۶).

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

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

دیجیتال توان و زمان.

شش توان مختلف میکروویو شامل ۱۰۰، ۱۸۰، ۳۰۰، ۴۵۰، ۶۰۰ و ۹۰۰ وات با حجم مساوی گل بابونه بررسی شدند. نمونه‌های ۵۰ گرمی گل بابونه به طور یکنواخت به منظور جذب یکنواخت انرژی میکروویو روی سینی پخش شدند. برنامه زمانی میکروویو ۵ ثانیه تعیین شد. برای تعیین میزان کاهش وزن از یک ترازوی دیجیتال استفاده شد. مدت زمان لازم برای هر بار وزن کردن نمونه حداکثر ۱۰ ثانیه بود. خشک‌کردن نمونه ها تا زمانی که وزن آنها به محتوای رطوبتی ۰/۱۰ بر پایه وزن خشک (یا ۱۰ درصد بر پایه وزن تر) برسد، ادامه یافت. استخراج اسانس به روش تقطیر با آب و با استفاده از دستگاه کلونجر[1] به مدت سه ساعت و در شرایط کاملاً یکسان صورت گرفت. به اسانس استخراج شده از ۵ گرم گل خشک ۲۵ میلی‌لیتر گزیلول اضافه شد، سپس جذب این محلول در طول موج ۶۱۰ نانومتر در دستگاه U.V محاسبه شد و به کمک رابطه ۱ درصد کامازولن به دست آمد (۱).

(۱) A (درصد کامازولن) = E (جذب در طول موج ۶۱۰ نانومتر) × ۱۰۰ / وزن اسانس × ۵/۸۱ × (مقدار گزیلول) D

داده‌های مربوط به درصد اسانس و درصد کامازولن با نرم‌افزار Mstatc مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفته و میانگین داده‌ها با آزمون دانکن مقایسه شدند. نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم گردید.

نتایج و بحث

منحنی‌های خشک کردن

نمودار کاهش رطوبت گل‌های بابونه در طول دوره خشک کردن با روش میکروویو در شکل ۱ آورده شده است. فرایند خشک‌کردن با میکروویو که محتوای رطوبتی گل‌های بابونه را از ۳/۹ به ۰/۱۰ بر پایه وزن خشک کاهش داد، با توجه به توان‌های مختلف بین ۷ تا ۱۰۴ دقیقه طول کشید (شکل ۲). با توجه به شکل ۱، با افزایش توان دستگاه میکروویو، شیب منحنیهای کاهش محتوای رطوبتی افزایش یافت. به‌طوریکه از ۰/۰۳ در توان ۱۰۰ وات به ۰/۴۵ در توان ۹۰۰ وات رسید که افزایش سرعت خشک‌کردن را نشان می‌دهد.

شکل ۲ مدت زمان لازم برای رسیدن به محتوای رطوبتی ۰/۱۰ بر پایه وزن خشک را برای خشک‌کردن با توانهای مختلف میکروویو نشان می‌دهد. با توجه به این شکل با افزایش توان دستگاه میکروویو زمان مورد نیاز برای رسیدن به محتوای رطوبتی ۰/۱۰ بر پایه وزن خشک به صورت معنی‌داری کاهش یافت ($P<0/01$). به‌طوریکه این زمان از ۱۰۴ دقیقه در توان ۱۰۰ وات به ۱۲ دقیقه در توان ۴۵۰ وات رسید. با افزایش توان از ۴۵۰ به ۶۰۰ وات، اگرچه این زمان کاهش یافت ولی این کاهش از نظر آماری معنی‌دار نبود. بین توان‌های ۶۰۰ و ۹۰۰ وات هم از این نظر اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. به طور کلی نتایج این آزمایش نشان می‌دهد که مدت زمان لازم برای خشک‌کردن با میکروویو تا حد رسیدن به محتوای رطوبتی ۰/۱۰ بر پایه وزن خشک در توان ۱۰۰ وات، ۱۴/۸ و۱۱/۶ برابر به‌ترتیب، توان‌های ۹۰۰ و ۶۰۰ وات طول کشید. به عنوان مثال این کاهش دور از انتظار نیست. زیرا نتایج مشابهی در مورد کاهش معنی‌دار زمان خشک‌کردن با افزایش توان میکروویو در هویج (۲۰)، انگور (۱۰)، سیب و قارچ (۱۲) و جعفری (۲۷) گزارش شده است. کاهش زمان خشک‌کردن محصولات گیاهی در کاهش هزینه‌های مربوط به مصرف انرژی جهت خشک‌کردن اهمیت زیادی دارد (۷).

نمودار کاهش رطوبت گل‌های بابونه در برابر زمان در روش خشک‌کردن با آون در شکل ۳ آمده است. فرایند خشک‌کردن با آون که محتوای رطوبتی گل‌های بابونه را از ۳/۹ به ۰/۱۰ بر پایه وزن خشک کاهش داد، با توجه به دماهای مختلف آن بین ۵ تا ۱۵ ساعت متفاوت بود. با توجه به شکل ۳ با افزایش دمای آون، شیب منحنی کاهش محتوای رطوبتی افزایش یافت. بطوریکه مقدار آن از ۰/۲۱ در دمای ۵۰ درجه به ۰/۵۰ در دمای ۷۰ درجه رسید.

با توجه به شکل ۴ با افزایش دما، زمان خشک‌کردن به صورت معنی‌داری کاهش یافت ($P<0/01$). زمان لازم برای خشک‌کردن با آون تا حد رسیدن به محتوای رطوبتی۰/۱۰ بر پایه وزن خشک در دمای ۵۰ درجه، ۳ برابر دمای ۷۰ درجه سانتیگراد بود. زمان خشک‌کردن در توان ۹۰۰ و ۶۰۰ وات میکروویو در مقایسه با دمای ۷۰ درجه آون به ترتیب ۴۲/۸ و ۳۳/۴ برابر کمتر بود.

گزارشات پارکر (۱۹) نشان داد که خشک‌کردن برگ‌های جعفری تا زمان رسیدن به محتوای رطوبتی ۰/۱۰ بر پایه وزن خشک با روش میکروویو (توان ۹۰۰ وات) در مقایسه با دماهای ۳۰، ۴۰، ۵۰ و ۶۵ درجه سانتیگراد، زمان خشک کردن را به ترتیب تا ۱۱۱، ۹۲، ۳۷ و ۳۱ برابر کاهش داد.

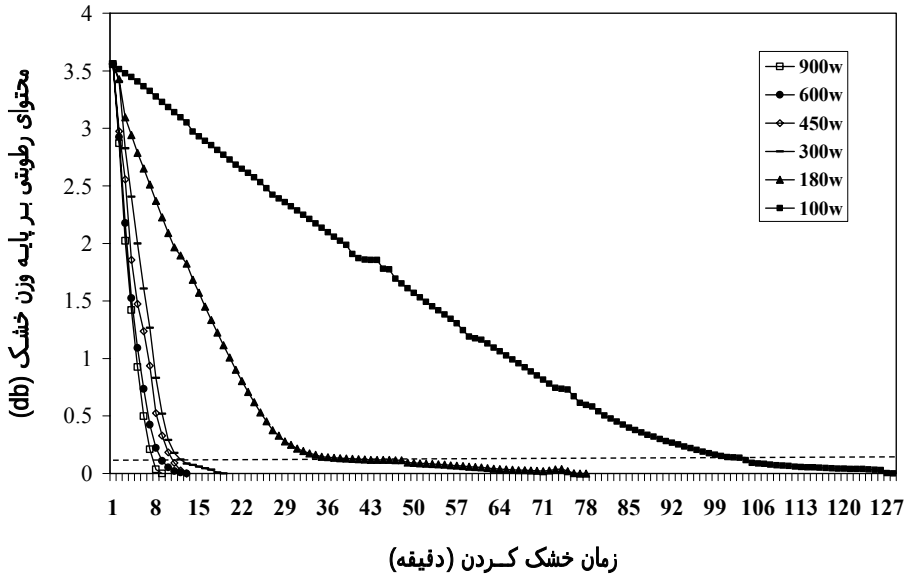
سرعت خشک‌کردن

از آنجا که محتوای رطوبتی اولیه گل‌های بابونه که در آزمایشات خشک‌کردن به‌کار رفته بود، ثابت بود (۳/۹ بر پایه وزن خشک)، اختلاف در زمان لازم برای خشک‌کردن در توان‌های مختلف میکروویو و دماهای مختلف آون به تفاوت در سرعت خشک‌کردن بستگی دارد (۲۱ و ۲۷). سرعت خشک‌کردن به صورت کیلوگرم آب حذف شده بر کیلوگرم ماده خشک در زمان محاسبه شد (۲۱).

---

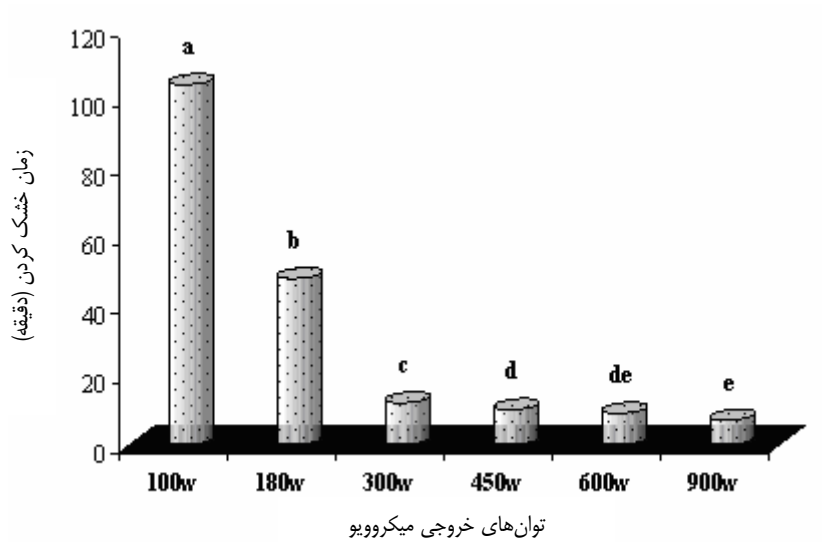
۱ - Clevenger

منحنی‌های سرعت خشک‌کردن گل‌های بابونه در توان‌های مختلف میکروویو و دماهای مختلف آون در شکل‌های ۵ و ۶ آورده شده است. با توجه به شرایط خشک‌کردن، متوسط سرعت خشک‌کردن گل‌های بابونه بین ۰/۰۰۷ تا ۰/۲۰ کیلوگرم آب بر کیلوگرم ماده خشک در دقیقه به ترتیب برای توان‌های بین ۱۰۰ تا ۹۰۰ وات و بین ۰/۰۰۹ تا ۰/۱۹۶ کیلوگرم آب بر کیلوگرم ماده خشک در ساعت به ترتیب برای دماهای بین ۵۰ تا ۷۰ درجه سانتیگراد بود.

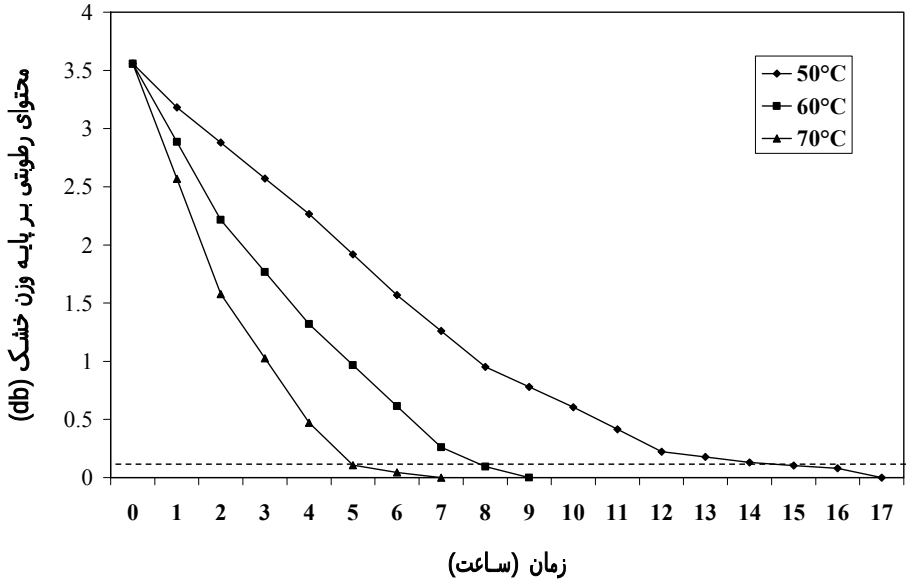


شکل ۱- روند کاهش محتوای رطوبتی گلهای بابونه در واکنش به توان های مختلف میکروویو

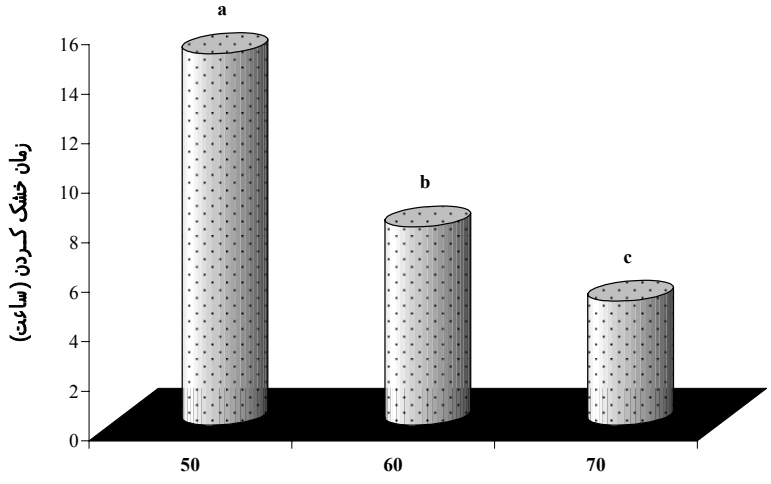
(خط نقطه‌چین شان‌دهنده حد مجاز محتوای رطوبتی گیاهان دارویی خشک‌شده است)



شکل ۲- مدت زمان لازم برای رسیدن به محتوای رطوبتی ۰/۱۰ (برپایه وزن‌خشک) در توان‌های مختلف میکروویو



شکل ۳- روند کاهش محتوای رطوبتی گلهای بابونه در واکنش به دماهای مختلف آون
(خط نقطه‌چین نشان‌دهنده حد مجاز محتوای رطوبتی گیاهان دارویی خشک‌شده است)



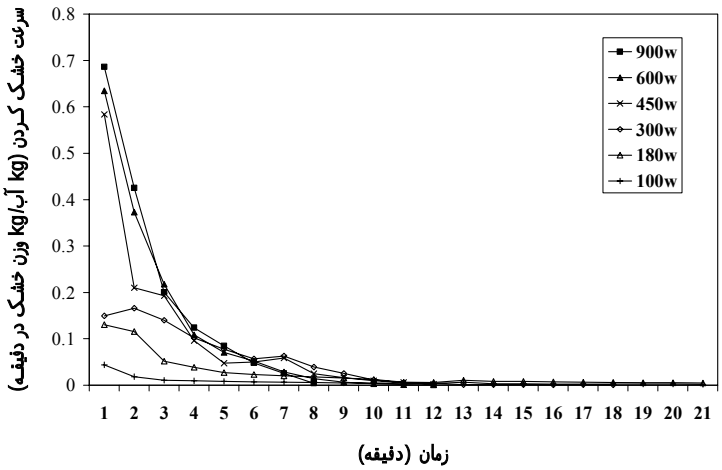
شکل٤- مدت زمان لازم برای رسیدن به محتوای رطوبتی ۰/۱۰ (برپایه وزن‌خشک) در دماهای مختلف آون

همانطور که در شکل ۵ مشخص است، با کاهش رطوبت گل‌ها، جذب انرژی میکروویو توسط آنها کمتر، انتشار رطوبت کمتر و در نتیجه با گذشت زمان سرعت خشک کردن کاهش یافت (۲۷). هویا و همکاران (۱۳) نشان دادند که سرعت از دست دادن آب[1] از محصول با حرکت آب از لایه‌های داخلی محصول به سطح محصول تعیین می‌شود و در روش خشک‌کردن با آون، سه روند در سرعت خشک‌کردن سرخار گل[2] وجود دارد، روند افزایشی، ثابت و کاهشی که روند کاهشی مربوط به حرکت سخت‌تر آب از درون محصول می‌باشد. مادامبا و همکاران (۱۵) گزارش کرد که تقریباً در همه محصولات بیولوژیک سرعت خشک‌کردن دارای روند کاهشی است. اگرچه کاکرس (۷) گزارش کرد که در سرعت خشک‌کردن برگ‌های جعفری قبل از فاز کاهش سرعت، دوره نسبتاً طولانی با سرعت ثابت

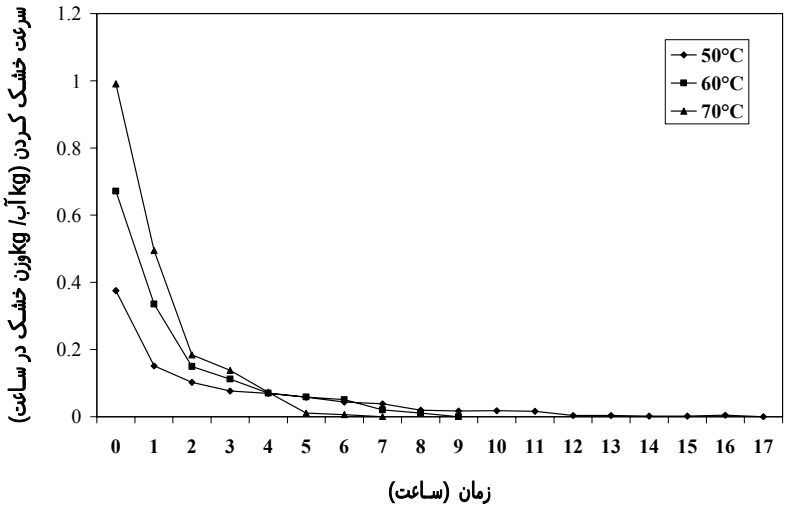
۱ - Dehydration

۲- *Echinacea purpurea*

دیده می‌شود.



شکل ۵- سرعت خشک کردن در توان های مختلف میکروویو



شکل ٦- سرعت خشک کردن در دماهای مختلف آون

با توجه به شکل ۵ و ۶، سرعت های بالاتر خشک‌کردن در توان‌های بالاتر میکروویو و در دماهای بالاتر آون به دست آمد. بنابراین توان و دما روی سرعت خشک شدن اثر مشخصی داشتند. نتایج مشابهی توسط سایر محققین گزارش شده است (۱۲، ۱۷ و ۲۶).

درصد اسانس

طبق نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) تأثیر روش‌های مختلف خشک‌کردن بر درصد اسانس معنی‌دار بود ($P<$۰/۰۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بالاترین درصد اسانس (۰/۷۲ درصد وزنی) گل‌های بابونه در روش خشک کردن در سایه و کمترین درصد آن در روش خشک کردن به وسیله میکروویو و دمای ۷۰ درجه سانتیگراد آون به دست آمد. درصد اسانس حاصل از روش‌های خشک‌کردن با آفتاب و دماهای ۵۰ و ۶۰ درجه سانتیگراد آون در حد وسط قرار داشت و روش‌های نامبرده از نظر درصد اسانس با هم اختلاف معنی‌داری نداشتند. بین درصد اسانس توان‌های مختلف میکروویو نیز اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. در روش آون درصد اسانس با افزایش دما از ۶۰ به ۷۰ درجه کاهش معنی‌داری برابر با ۳۰ درصد وزنی نشان داد (جدول۲).

سفیدکن و همکاران (۲۵) نشان دادند که بیشترین میزان اسانس در گیاه مرزه به ترتیب در روش‌های آون، سایه و آفتاب به‌دست آمد. در روش‌های مختلف خشک کردن ۲۳ ترکیب در اسانس شناسایی گردید و روش‌های مختلف خشک کردن تأثیر معنی‌داری بر روی ترکیبات اصلی اسانس مرزه نداشتند. امید بیگی و همکاران (۱۸) بیشترین میزان اسانس به دست آمده در بابونه رومی توسط سه روش خشک کردن در سایه، آفتاب و دمای ۴۰ درجه سانتیگراد را از روش سایه گزارش کردند.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس درصد اسانس و کامازولن بابونه رقم "جرمانیا" تحت تأثیر روش‌های مختلف خشک‌کردن

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		درصد اسانس	درصد کامازولن
تکرار	۲	۰/۰۶۵**	۱۰/۴۹۶*
روش‌های خشک‌کردن	۱۰	۰/۰۳۲**	۴/۹۴۹**
خطا	۲۰	۰/۰۰۳	۰/۸۷۴
جمع کل	۳۲		

* و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و۱ درصد

جدول۲- درصد اسانس و درصد کامازولن بابونه رقم "جرمانیا" تحت تأثیر تیمارهای مختلف خشک‌کردن

روش خشک‌کردن		درصد اسانس (٪)	درصد کامازولن (٪)
روش طبیعی	سایه	۰/۷۲۳۳ a	۵/۰۴ abc
	آفتاب	۰/۵۵۳۳ b	۵/۵۲ ab
روش میکروویو (وات)	توان ۱۰۰	۰/۴۲۰۰ c	۳/۸۸ bcd
	توان ۱۸۰	۰/۴۴۶۷ c	۵/۰۱ abc
	توان ۳۰۰	۰/۴۶۰۰ c	۵/۵۵ ab
	توان ۴۵۰	۰/۴۳۶۷ c	۴/۸۸ abc
	توان ۶۰۰	۰/۴۳۶۷ c	۶/۴۰ a
	توان ۹۰۰	۰/۳۹۰۰ c	۶/۶۴ a
روش آون (°C)	۵۰	۰/۶۱۳۳ b	۳/۳۴ cd
	۶۰	۰/۶۰۰۰ b	۳/۵۶ cd
	۷۰	۰/۴۵۶۷ c	۲/۶۰ d

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح ۱ درصد است.

هویا و همکاران (۱۳) گزارش کردند که در گیاه سرخارگل با کاهش دمای آون از ۴۰ به ۳۰ درجه میزان اسید شیکوریک و آلکیل-آمید برگ‌ها کاهش یافت. بر اساس یافته های آن‌ها سرعت هوا تأثیر معنی‌داری بر میزان این متابولیت‌ها نداشت.

درصد کامازولن

طبق نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) تأثیر روش‌های مختلف خشک‌کردن بر درصد کامازولن معنی‌دار بود ($P<0/01$). با توجه به جدول ۲، بالاترین درصد کامازولن نمونه‌ها مربوط به روش طبیعی (سایه و آفتاب) و روش میکروویو (به جز توان ۱۰۰ وات) بود. کمترین درصد کامازولن در روش خشک‌کردن در آون (دماهای ۵۰، ۶۰ و ۷۰ درجه) و توان ۱۰۰ وات میکروویو به‌دست آمد.

دمیر و همکاران (۸) گزارش کردند که میزان اسانس و اجزا اسانس برگ بو[1] در روش های خشک کردن در سایه، آفتاب و دماهای ۴۰، ۵۰ و ۶۰ درجه اختلافی نداشت. راشینگ و همکاران (۲۳) بیشترین میزان پارتنولید بابونه گاوی را در روش‌های مختلف خشک کردن در دمای ۴۰، ۷۰، ۸۰ و ۹۰ درجه، در دمای ۴۰ درجه به دست آوردند و با افزایش دما شاهد کاهش این ترکیب بودند.

نتیجه گیری کلی

از آنجا که روش‌های خشک‌کردن با میکروویو و آون در مقایسه با روش طبیعی، مدت زمان لازم برای خشک‌کردن گل‌های بابونه را به صورت معنی‌داری کاهش و سرعت خشک‌کردن را افزایش داد، برای خشک‌کردن گلهای بابونه خیلی مؤثر بود. درحالیکه روش خشک‌کردن در سایه، از نظر درصد اسانس و کامازولن تولیدی به عنوان بهترین روش در نظر گرفته شد. با توجه به نتایج این تحقیق می‌توان اظهار نمود که خشک‌کردن با استفاده از میکروویو (به جز توان ۱۰۰ وات) از این جهت که درصد کامازولن قابل ملاحظه‌ای را حفظ خواهدکرد و زمان خشک‌کردن را نسبت به روش سایه حداقل ۳۶۰ برابر کاهش می‌دهد، برای خشک‌کردن گل‌های بابونه با هدف تهیه چای بابونه بسیار مطلوب خواهد بود. از طرف دیگر با توجه به هدف نهایی تولید بابونه، برای مثال استفاده از آن در صنایع آرایشی و بهداشتی و صنایع داروسازی، بهره گیری از دماهای پایین آون با توجه

۱ - *Laurus nobilis*

به در برداشتن درصد اسانس بالا و کاهش زمان خشک‌کردن توصیه می‌شود.

منابع

۱- امید بیگی ر. ۱۳۷۸، بررسی تیپ‌های شیمیایی بابونه‌های خودروی ایران و مقایسه آن با نوع اصلاح شده، علوم کشاورزی مدرس. ۱: ۴۵-۵۲.

۲- جهان م. ۱۳۸۲. پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی.

۳- میرحیدر ح. ۱۳۷۳. معارف گیاهی. انتشارات دفتر نشر فرهنگ اسلامی.

۴- Bottcher H., Gunther I., Rolf F. and Warnstorff K. ۲۰۰۱. Physiological postharvest responses of Matricaria (*Matricaria recutita*) flowers. Postharvest Physiology and Technology, ۲۲:۳۹-۵۱.

۵- Bouraoui M., Richard P. and Durance T. ۱۹۹۴. Microwave and convective drying of potato slices. Journal of Food Process Engineering, ۱۷: ۳۵۳-۳۶۳.

۶- Bushbeck E., Keiner E. and Klinner J. ۱۹۶۷. Trocknungsphysikalische und Warmetechnische Untersuchung Zur Trocknung von Pfefferminze (Physical and thermal properties affecting drying characteristics of peppermint).Archiv fur Landtechnik۲, FL pp. ۱۶۳-۲۰۰.

۷- Caceres A. ۲۰۰۰. Calidad de la material prima para la elaboracion de productos fitofarma ceuticas. Primer Congreso International FITO ۲۰۰۰ "Por la investigacion, conservacion y diffusion del conocimiento de las plantas medicinals". ۲۷-۳۰ de septiembre, ۲۰۰۰, Lima, Peru.

۸- Demir V., Gunhan T., Yagcioglu A.K. and Degirmencioglu A. ۲۰۰۴. Mathematical modeling and the determination of some quality parameters of air-dried Bay leaves. Biosystems Engineering, ۸۸:۳۲۵-۳۳۵.

۹- Diaz G.R., Martinez-Monzo J., Fito P. and Chiralt A. ۲۰۰۳. Modeling of dehydrating and rehydrating of orange slices in combined microwave/air drying. Innovative Food Science and Emerging Technologies, ۴: ۲۰۳-۲۰۹.

۱۰- Drouzas E., Tsami E. and Saravacos G.D. ۱۹۹۹. Microwave/vaccum drying of model fruit gels. Journal of Food Engineering, ۶۳: ۳۴۹-۳۵۹.

۱۱- Feng H. ۲۰۰۲. 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, ۲۹: ۱۰۲۱-۱۰۲۸.

۱۲- Funebo T., and Ohlsson T. ۱۹۹۸. Microwave assisted air dehydration of apple and mushroom. Journal of Food Engineering, ۳۸: ۳۵۳-۳۶۷.

۱۳- Hevia F., Melin P., Berti M., Fischer S. and Pinichet C. ۲۰۰۲. Effect of drying temperature and air speed on cichoric acid and alkylamide content of *Echinaceae purpurea*. Acta Horticulture, ۵۷۶:۳۲۱-۳۲۵.

۱۴- Letchamo, W. ۱۹۹۳. Nitrogen application affects yield and content of active substances in chamomile genotypes. P. ۶۳۶-۶۳۹. In: J. Janick and J. E. Simon, New Crops. Wiley, New york.

۱۵- Madamba P.S., Driscoll R.H. and Buchle K.A. ۱۹۹۶. The thin layer drying characteristics of garlic slices. Journal of Food Engineering, ۲۹:۷۵-۹۷.

۱۶- Martinov M., Oztekin S., and Muller J. ۲۰۰۷. Drying: ۸۵-۹۷. In: Oztekin, S., and Martinov, M., (Eds.). Medicinal and Aromatic Crops. CRC Press, United States of America, ۳۲۰ p.

۱۷- Maskan M. ۲۰۰۰. Microwave/air and microwave finish drying of banana. Journal of Food Engineering, ۴۴: ۷۱-۷۸.

۱۸- Omidbaigi R., Sefidkon F. and Kazemi F. ۲۰۰۳. Influence of drying methods on the essential oil composition of Roman Chamomile. Flavour and Fragrance Journal, ۱۹: ۱۹۶-۱۹۸.

۱۹- Parker J.C. ۱۹۹۹. Developing a Herb and Spice Industry in Callide Valley, Qeensland. A report for the Rural Industries Research and Development Corporation. RIRDC Publication No: ۹۹/۴۵, RIRDC Project No: DAQ-۱۹۴A. Available online at http://www.rirdc.gov.au.

۲۰- Probhanjan D.G., Ramaswamy H.S. and Raghavan, G.S. ۱۹۹۵. Microwave assisted convective air drying of thin layer carrots. Journal of Food Engineering, ۲۵:۲۸۳-۲۹۳.

۲۱- Ren G. and Chen F. ۱۹۹۸. Drying of American Ginseng (*Panax quinquefolium*) roots by microwave-hot Air combination. Journal of Food Engineering, ۳۵:۴۳۳-۴۴۳.

۲۲- Riva M., Schirarldi A. and Cesare L. ۱۹۹۱. Drying of *Agaricus bisporus* mushrooms by microwave/hot air combination. Lebensmittel-wissenschaft und-technologie, ۲۴:۴۷۹-۴۸۳.

۲۳- Rushing J.W., Dufault R.J. and Hassell R.L. ۲۰۰۳. Drying temperature and developmental stage harvest influence the parthenolid content of fever few leaves and stems. Acta Horticulturae, ۶۲۹:۱۶۷-۱۷۳.
۲۴- Schilcher H. ۱۹۸۷. Die Kamille. Wissenschaftliche Verlagsgeselschaftmb H. Stuttgart, Germany. ۱۵۱ p.
۲۵- Sefidkon F., Abbasi Kh. And Bakhshi Khaniki Gh. ۲۰۰۶. Influence of drying and axtraction method on yield and chemical composition of the essential oil of *Satureja hortensis*. Food Chemistry, ۹۹:۱۹-۲۳.
۲۶- Sharma G.P. and Prasad S. ۲۰۰۱. Drying of garlic (*Allium sativum*) cloves by microwave-hot air combination. Journal of Food Engineering, ۵۰: ۹۹-۱۰۵.
۲۷- Soysal Y. ۲۰۰۴. Microwave drying characteristics of Parsley. Journal of Food Engineering, ۸۹(۲): ۱۶۷-۱۷۳.
۲۸- Soysal Y. and Oztekin S. ۲۰۰۱. Technical and economic performance of a tray dryer for medicinal and aromatic plants. Journal of Agricultural Engineering Research, ۷۹: ۷۳-۷۹.
۲۹- Tulasidas T.N., Raghavan G.S.V. and Norris E.R. ۱۹۹۳. Microwave and convective drying of grapes. Trans.ASAE, ۳۶: ۱۸۶۱-۱۸۶۵.
۳۰- Venskutonis P.R. ۱۹۹۷. Effect of drying on the volatile constituents of thyme (*Thymus vulgaris*) and sage (*Salvia officinalis*). Food chemistry, ۵۲:۲۱۹-۲۷۷.