نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۸، ص. ۶۶۸-۶۵۵
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 33, No.4, Winter 2020, P. 655-668
ISSN: 2008 - 4730

ارزیابی تاثیر روش‌های مختلف خشک‌کردن بر زمان خشک‌شدن و برخی خصوصیات فیتوشیمیایی شمعدانی عطری (*Pelargonium graveolens*)

حسن مومیوند[1*]- عبدالحسین رضایی نژاد[2] - شیرین تقی پور[3]- کبری سپهوند[4] - بهنام مرادی[5]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۹/۱۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۷/۱۰

چکیده

خشک‌کردن یکی از مهم‌ترین فرآیندهای پس از برداشت گیاهان دارویی است. در این پژوهش به‌منظور بررسی تأثیر روش‌های مختلف خشک‌کردن بر گیاه دارویی شمعدانی عطری، آزمایشی بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار و ۱۲ تیمار اجرا شد. تیمارهای مورد آزمایش شامل خشک‌کردن در ماکروویو (توان ۳۰۰، ۶۰۰ و ۹۰۰ وات)، خشک کردن در آون (دمای ۴۵، ۵۵ و ۶۵ درجه سانتی‌گراد)، خشک کردن طبیعی (خشک‌کردن در سایه محصور اتاق، سایه هوای آزاد، ۵ ساعت آفتاب و سپس انتقال به سایه، ۱۰ ساعت آفتاب و سپس انتقال به سایه، و آفتاب کامل) و نمونه گیاهی تازه (به‌عنوان شاهد) بودند. در روش‌های مختلف خشک‌کردن، کاهش وزن نمونه‌ها تا رسیدن محتوای رطوبت به ۱۲ درصد (بر پایه ماده خشک گیاهی) ادامه یافت. نتایج تجزیه واریانس نشان‌دهنده تاثیر معنی‌دار روش‌های مختلف خشک‌کردن بر زمان خشک‌کردن، فنل کل، فلاونوئید کل، فعالیت آنتی‌اکسیدانی با دو روش دی‌پی‌پی‌اچ و اف‌آرای‌پی و محتوای اسانس بود. کم‌ترین و بیش‌ترین زمان خشک‌کردن (۴/۰۵ دقیقه و ۶ روز) به‌ترتیب مربوط به تیمارهای خشک‌کردن با توان ۹۰۰ وات ماکروویو و خشک‌کردن در سایه هوای آزاد بود. بالاترین محتوای فنل کل (۱۴/۷۸ میلی‌گرم گالیک اسید در صد گرم ماده خشک) و فلاونوئید کل (۱۲/۸۳ میلی‌گرم کوئرستین در صدگرم ماده خشک) به‌ترتیب در تیمار سایه محصور و سایه هوای آزاد و بیشترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی (IC_{50}=۱/۰۲) در نمونه تازه مشاهده گردید. هم‌چنین گیاهان خشک‌شده در آون با دمای ۴۵ درجه نیز از نظر فنل کل، فلاونوئید کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی غنی بودند. در حالی‌که نمونه‌های خشک‌شده در سه توان ماکروویو و نمونه‌های خشک‌شده در آفتاب کامل کم‌ترین میزان را برای این صفات نشان دادند. بالاترین محتوای اسانس (۰/۲ درصد وزنی/وزنی بر پایه ماده خشک گیاهی) نیز در تیمار خشک‌کردن در آون با دمای ۴۵ درجه مشاهده گردید. به‌طور کلی می‌توان گفت که خشک‌کردن در دماهای بالای آون و توان‌های بالای ماکروویو باعث کاهش میزان ترکیبات فنولی و فلاونوئید، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و درصد اسانس شمعدانی عطری گردید. در حالی‌که روش‌های خشک‌کردن در سایه محصور، سایه هوای آزاد و آون با دمای ۴۵ درجه، کم‌ترین کاهش را در این صفات نسبت به نمونه گیاه تازه نشان دادند.

واژه‌های کلیدی: شمعدانی عطری، خشک‌کردن، فنول کل، فلاونوئید کل، فعالیت آنتی‌اکسیدانی

مقدمه

شمعدانی عطری (گل عطر چای) با نام علمی *Pelargonium graveolens* گیاهی چند ساله از تیره Geraniaceae است. این گونه گیاهی کند رشد، عموماً علفی با ساقه‌های بلند و دارای برگ‌های گرد با حاشیه موج‌دار است و عطری شبیه گل سرخ و سیب دارد. اسانس گیاه شمعدانی عطری به‌طور وسیعی در صنایع عطرسازی، آرایشی-بهداشتی، غذایی و داروسازی استفاده می‌شود (۲). اسانس این گیاه دارای خواص متعددی از جمله ضدعفونی کنندگی و تحریک کنندگی سیستم لنفاوی برای درمان زخم‌ها، آبسه و تب است (۲۰ و ۲۳). از دیگر خواص گیاه شمعدانی می‌توان به خاصیت ضد میکروبی، ضد اضطراب و بهبود بریدگی و خراشیدگی اگزما و هموروئید اشاره کرد (۱۹). عصاره هیدروالکلی برگ گیاه شمعدانی عطری غنی از ترکیبات فلاونوئیدی است. ترکیبات دیگری مانند ویتامین‌های A و E، کومارین و اسیدهای چرب غیراشباع نیز از ترکیبات شاخص در این عصاره می‌باشند (۳۷). علاوه بر این عصاره شمعدانی عطری اثرات تسهیل کنندگی در رشد سلول‌های جنین دارد (۱۲).

گیاهان دارویی دارای سطح بالایی از رطوبت و میکروارگانیسم‌ها هستند. بنابراین جهت جلوگیری از فساد این

۱، ۲، ۳ و ۵- به‌ترتیب استادیار، دانشیار، دانشجوی دکتری و دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان
۴- کارشناس گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان
(*- نویسنده مسئول: (Email: mumivand.h@lu.ac.ir
DOI: 10.22067/jhorts4.v33i4.76354

محصولات و اجتناب از کاهش کمیت و کیفیت مواد مؤثره آن‌ها، خشک‌کردن سریع پس از برداشت مواد گیاهی بسیار ضروری است (۲۴). خشک‌کردن یکی از قدیمی‌ترین روش‌های نگهداری مواد گیاهی و از مهم‌ترین فرآیندهای پس از برداشت گیاهان دارویی است. این فرآیند شامل حذف رطوبت با استفاده از عمل تبخیر تا حد رسیدن به یک آستانه خاص است که منجر به کاهش فعالیت آنزیم‌ها، میکروب‌ها و مخمرها در محصول و کاهش فساد و زوال آن می‌شود، در نتیجه نگهداری محصول را برای مدت طولانی بدون کاهش کمیت و کیفیت آن امکان‌پذیر می‌کند (۶). اندام‌های مختلف گیاهان معمولاً پس از جمع‌آوری حاوی مقادیر فراوانی رطوبت (۶۰ تا ۸۰ درصد) هستند که باید این میزان رطوبت را بسته به نوع اندام گیاه دارویی به ۱۴–۱۰ درصد کاهش داد (۱، ۹ و ۲۵). از طرف دیگر خشک‌کردن گیاهان تغییرات فیزیکی و شیمیایی را در آن‌ها به‌همراه دارد. در برخی موارد، فرآیند خشک‌کردن منجر به افزایش بازده اسانس بعضی از گیاهان معطر می‌شود. در فرآیند خشک‌کردن گیاهان دارویی با توجه به نوع مواد مؤثره (آلکالوئید، اسانس، فنل، ترپنوئید و...) آن‌ها باید روش مناسبی انتخاب نمود. با به‌کارگیری روش‌های خشک‌کردن سریع و صنعتی، نه تنها کیفیت محصول حفظ می‌شود، بلکه مدت زمان خشک‌کردن نیز به میزان چشم‌گیری کاهش خواهد یافت. با مقایسه دو روش خشک‌کردن با آون و خشک‌کردن در ماکروویو در نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) مشخص شد که روش خشک‌کردن در ماکروویو باعث حفظ بیشتر اسانس گیاه می‌شود (۳۳). در پژوهشی، تاثیر روش‌های مختلف خشک‌کردن (شش توان ماکروویو، سه دمای مختلف آون و خشک‌کردن در سایه و آفتاب) را بر گیاه بابونه مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاکی از آن بود که سریع‌ترین روش خشک‌کردن مربوط به ماکروویو و کندترین روش مربوط به خشک‌کردن در سایه بود. در این آزمایش بالاترین درصد اسانس در روش‌های خشک‌کردن با آون ۵۰ و ۶۰ درجه سانتی‌گراد و خشک‌کردن در سایه به‌دست آمد، در حالی‌که کم‌ترین میزان اسانس در روش‌های خشک‌کردن در آفتاب، توان‌های بالای ماکروویو و دمای بالای آون مشاهده شد (۶). در پژوهشی دیگر گزارش نمودند که طی فرآیند خشک‌کردن واکنش‌های آنزیمی و غیرآنزیمی رخ می‌دهند که منجر به تغییرات قابل توجهی در ترکیب مواد موثره‌ی گیاهان دارویی می‌شوند (۱۰). در مطالعه‌ای دیگر، تاثیر روش‌های خشک‌کردن در آفتاب، آون با دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد و روش ترکیبی آون–ماکروویو با توان ۷۰۰ وات را بر خصوصیات نعناع فلفلی مورد بررسی قرار دادند. نتایج این محققیق نشان داد که کوتاه‌ترین زمان خشک‌شدن در روش آون–ماکروویو بود. هم‌چنین در این روش بیش‌ترین ترکیبات فنل کل و بهترین کیفیت رنگ گزارش شد (۴).

در بررسی‌ای دیگر، تاثیر دماهای مختلف خشک‌کردن را بر ویژگی‌های فیزیکی–شیمیایی، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، رنگ و میزان ترکیبات فنلی فلفل قرمز مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که میزان ترکیبات فنلی با افزایش دما از ۵۰ درجه به ۹۰ درجه سانتی‌گراد کاهش یافت و بالاترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی در پایین‌ترین دما (۵۰ درجه سانتی‌گراد) مشاهده شد (۳۶). در پژوهشی با بررسی تاثیر روش‌های مختلف خشک‌کردن (طبیعی و آون) بر زمان خشک‌کردن و برخی متابولیت‌های ثانویه گیاه دارویی بادرنجبویه نشان دادند که بیش‌ترین درصد اسانس و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در روش خشک‌کردن با آون با دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد و بیش‌ترین میزان فنل کل در روش خشک کردن با آون ۴۰ درجه سانتی‌گراد و خشک‌کردن در اتاق حاصل گردید (۱۸). در مطالعه‌ای دیگر، با بررسی تاثیر روش‌های مختلف خشک‌کردن بر زمان خشک‌شدن و برخی صفات بیوشیمیایی نعناع فلفلی گزارش کردند بالاترین میزان فنل کل در نمونه تازه و سپس در نمونه‌های خشک‌شده در ماکروویو ۹۰۰ وات و سایه مصنوعی مشاهده شد، در حالی‌که کم‌ترین میزان فنل کل در تیمار آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد. بیش‌ترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی مربوط به نمونه تازه، نمونه خشک‌شده در سایه و ماکروویو بود و کم‌ترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدان در نمونه‌های خشک‌شده در آون با دمای ۵۰ و ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد (۳۰). با توجه به کاربرد گسترده گیاه دارویی شمعدانی عطری در صنایع داروسازی، عطرسازی و آرایشی–بهداشتی، و نظر به اهمیت فرآیند خشک‌کردن در گیاهان دارویی، ادویه‌ای و عطری، این پژوهش با هدف بررسی تاثیر روش‌های مختلف خشک‌کردن (خشک‌کردن با ماکروویو، آون و روش‌های طبیعی) بر مدت زمان خشک‌شدن و برخی صفات فیتوشیمیایی شمعدانی عطری طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

تیمارهای خشک‌کردن گیاهان

این مطالعه در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۱۲ تیمار (روش‌های مختلف خشک‌کردن) و ۳ تکرار در آبان ۱۳۹۶ اجرا گردید. برای انجام آزمایشات، از نمونه‌های گیاهی کاشته شده در کلکسیون آموزشی–تحقیقاتی گیاهان دارویی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان (در مرحله گل‌دهی کامل) استفاده شد. این منطقه در محدوده ۳۳ درجه و ۲۶ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۱۵ دقیقه طول شرقی و در ارتفاع ۱۱۴۸ متر از سطح دریا قرار دارد. از نظر اقلیمی نیز دارای دمای حداقل و حداکثر ۱۴/۶– و ۴۷ درجه سانتی‌گراد و متوسط بارندگی ۴۹۹ میلی‌متر می‌باشد. برای انجام آزمایش گیاهان شمعدانی عطری صبح زود برداشت شدند و بعد از حذف شاخه‌های نیمه خشبی، میزان ۱۰۰ گرم برگ تازه (به‌عنوان یک واحد آزمایشی) توزین و برای انجام آزمایشات مورد استفاده قرار گرفت. روش‌های مختلف مورد

استفاده در این آزمایش شامل خشک‌کردن در آون (دمای ۴۵، ۵۵ و ۶۵ درجه سانتی‌گراد) مدل UNpa110 ممرت آلمان، خشک‌کردن در ماکروویو (توان‌های ۳۰۰، ۶۰۰ و ۹۰۰ وات) مدل MG402MADXBB سامونگ و خشک‌کردن طبیعی (خشک‌کردن در سایه محصور اتاق با میانگین دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد، خشک‌کردن در آفتاب کامل با میانگین دمای ۲۶ درجه سانتی‌گراد، خشک‌کردن در سایه فضای آزاد با میانگین دمای ۲۴/۵ سانتی‌گراد، خشک‌کردن در آفتاب به مدت ۵ ساعت سپس انتقال به سایه محصور اتاق و خشک‌کردن در آفتاب به مدت ۱۰ ساعت سپس انتقال به سایه محصور اتاق) بود. در این پژوهش در تمامی روش‌ها، خشک‌کردن گیاهان تا رسیدن وزن نمونه‌ها به محتوای رطوبتی ۱۲ درصد (بر پایه ماده خشک گیاهی) ادامه یافت (در پایان، طول زمان خشک‌شدن گیاهان در همه روش‌ها محاسبه گردید. برای تعیین محتوای رطوبتی اولیه گیاهان، ۳ نمونه ۳۰ گرمی در آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ ساعت خشک شدند. میزان رطوبت بر پایه وزن خشک گیاه که به‌صورت درصد بیان می‌شود، از رابطه زیر محاسبه گردید که برابر با ۶۲/۵ درصد بود (۲۲).

$$\text{میزان رطوبت بر پایه وزن‌تر} = \frac{\left(\text{وزن‌خشک} - \text{وزن‌تر}\right)}{\text{وزن‌تر}} \times 100$$

برای انجام مطالعات فیتوشیمیایی گیاهان تازه نیز از مزرعه برداشت شدند (به‌عنوان تیمار شاهد) و تمام آزمایشات فیتوشیمیایی روی نمونه تازه نیز انجام گرفت.

ارزیابی فعالیت آنتی‌اکسیدانی و محتوای فنل و فلاونوئید کل

استخراج عصاره شمعدانی عطری با روش خیساندن (۱۷) انجام شد. جهت اندازه‌گیری میزان فنول کل از معرف فولین سیوکالتیو استفاده گردید (۳۴). میزان فلاونوئید کل نیز به روش رنگ‌سنجی کلرید آلومینیوم و بر اساس دستورالعمل کوئتردلو (۲۷) اندازه‌گیری شد. در ادامه ارزیابی خاصیت آنتی اکسیدانی عصاره با دو روش انجام گرفت. در روش اول از معرف دی‌پی‌پی‌اچ[1] (۱ و ۱- دی فنیل ۱- پیکریل هیدرازیل) با استفاده از دستورالعمل چوی[2] و همکاران (۱۱) استفاده و فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره بر حسب IC_{50} بیان گردید. در این روش توانایی عصاره در به دام انداختن رادیکال‌های دی‌پی‌پی‌اچ و انتقال الکترون یا هیدروژن رادیکالی و تبدیل فرم DPPH رادیکالی به فرم کاهش یافته DPPH-H مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در روش دوم نیز از آزمون اِف‌آرای‌پی[3] استفاده گردید (۷). این آزمون بر اساس کاهش Fe^{3+}-TPTZ (زرد رنگ) به Fe^{2+}-TPTZ (آبی رنگ) در pH پایین استوار است. تمامی آزمایشات در سه تکرار انجام گرفت.

تجزیه آماری داده‌ها

تجزیه واریانس داده‌ها بر اساس طرح پایه کاملاً تصادفی با ۱۲ تیمار و ۳ تکرار با استفاده از نرم افزار MINITAB صورت گرفت و مقایسه میانگین تیمارها با آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار[4] در سطح ۱ درصد انجام شد. برای ترسیم جداول و نمودارها از نرم‌افزارهای Word و Excel استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) بیانگر اثر معنی‌دار ($p\leq$ ۰/۰۱) روش‌های مختلف خشک‌کردن بر تمامی صفات مورد مطالعه به‌جز نسبت فنل کل به فلاونوئید بود.

زمان خشک‌کردن

نتایج مقایسه میانگین (شکل ۱) نشان داد که طولانی‌ترین زمان خشک‌شدن به‌ترتیب مربوط به نمونه‌های خشک‌شده در سایه هوای آزاد (۶ روز) و سایه محصور (۵ روز) بود. تیمارهای خشک‌کردن با ماکروویو با توان‌های ۹۰۰ وات (۴/۳ دقیقه)، ۶۰۰ وات (۵/۵۳ دقیقه) و ۳۰۰ وات (۱۳/۲۲ دقیقه) و خشک‌کردن با آون در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد (۱۰۰ دقیقه) نیز به‌ترتیب کم‌ترین زمان خشک‌شدن را به خود اختصاص دادند. نتایج نشان داد که با کاهش توان ماکروویو زمان خشک‌شدن افزایش یافت. در تیمارهای خشک‌کردن با آون نیز با افزایش دمای آون زمان لازم برای خشک‌شدن گیاهان کاهش یافت. مدت زمان خشک‌شدن، تابعی از میزان رطوبت گیاه و دمای محیط است و با افزایش دما به دلیل تبخیر سریع‌تر آب، عمل خشک‌شدن نیز سریع‌تر صورت می‌گیرد. نتایج مشابهی در مورد کاهش زمان خشک‌شدن با افزایش توان ماکروویو در هویج (۲۶)، انگور (۳۵)، قارچ خوراکی (۲۹) و جعفری (۳۲) گزارش شده است. خشک‌کردن طبیعی با استفاده از جریان هوای گرم به‌دلیل کاهش هزینه‌های مربوط به مصرف انرژی اهمیت زیادی دارد. با این وجود، خشک‌کردن 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 خشک‌کردن با استفاده از هوای گرم نیز می‌توان به بازده پایین انرژی و زمان‌بر بودن این فرآیند اشاره نمود

1- DPPH
2- Choi
3- FRAP
4 -Least Significant Difference (LSD)

(۳۱). عزیزی و همکاران (۶) گزارش کردند که روش‌های ماکروویو و آون در مقایسه با روش طبیعی، مدت زمان خشک‌کردن گل‌های بابونه را به‌صورت معنی‌داری کاهش دادند. از طرف دیگر زمان خشک‌شدن در روش ماکروویو (به خصوص در توان‌های بالا) نسبت به روش آون کوتاه‌تر بود. نتایج به‌دست آمده از این تحقیق مبنی بر کاهش زمان خشک‌شدن با افزایش توان ماکروویو و افزایش دمای آون، با نتایج محققان دیگر در جعفری (۳۲)، نعناع فلفلی (۲۳) و مرزه (۱۳) مطابقت داشت.

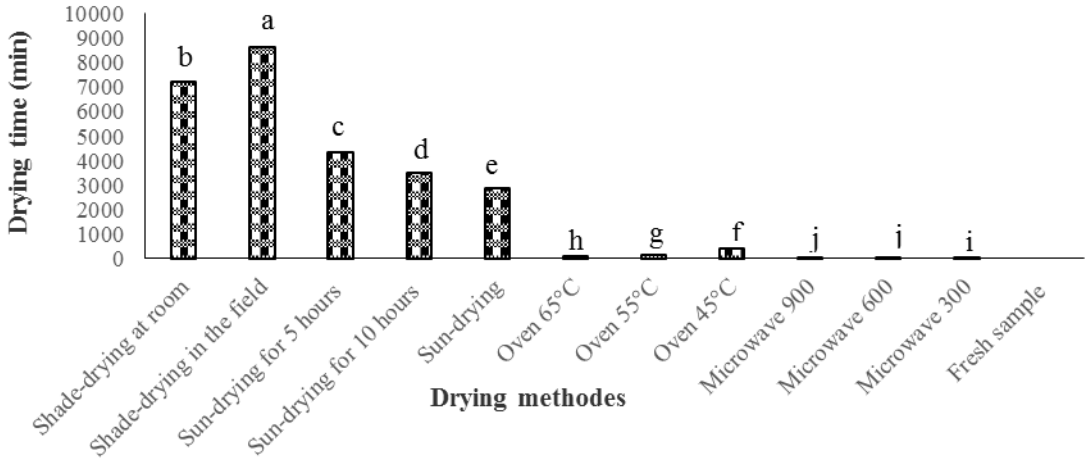
جدول ۱- تجزیه واریانس اثر روش‌های مختلف خشک‌کردن بر خصوصیات فیتوشیمیایی شمعدانی عطری

Table 1- ANOVA for the effect of different drying methods on phytochemical properties of *Pelargonium graveolens*

منبع تغییر SOV	درجه آزادی df	زمان خشک‌شدن Drying time	فنل کل Total phenol	فعالیت آنتی‌اکسیدان DPPH	فعالیت آنتی‌اکسیدان FRAP	فلاونوئید Flavonoids	نسبت فنل به فلاونوئید Total phenol/ Flavonoids	محتوای اسانس Essential oil content
		میانگین مربعات Mean of squares						
تیمار Traits	11	28420561**	230.71**	0.137**	664.37**	31.00**	1.93ns	0.0000552**
خطا Error	32	15	13.29	0.0025	109.95	1.62	0.96	0.000216

*، ** و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪، ۱٪ و غیرمعنی‌دار

*, ** and ns: significant at 0.05, 0.01 probability levels, ns: means non-significant, respectively

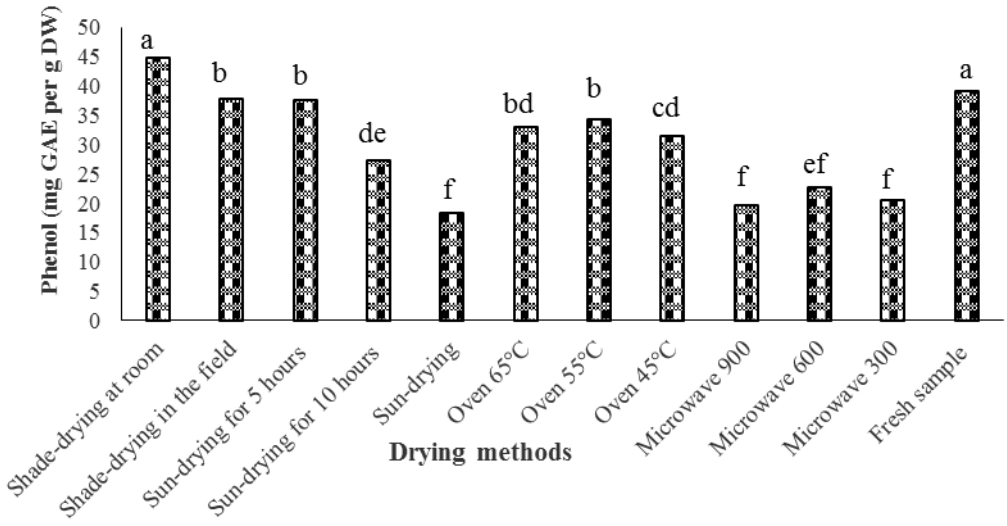


شکل ۱- تاثیر روش‌های مختلف خشک‌کردن بر مدت زمان خشک‌شدن شمعدانی عطری

Figure 1. The effect of different drying methods on drying time of *Pelargonium graveolens*. (LSD, $p \leq 0.01$)

محتوای فنل و فلاونوئید کل

نتایج مقایسه میانگین (شکل ۲) نشان داد که بالاترین میزان فنل کل (۴۴/۷۸ میلی‌گرم گالیک اسید در ۱۰۰ گرم ماده خشک) مربوط به نمونه‌ی شمعدانی عطری خشک‌شده در سایه محصور بود و پس از آن نیز نمونه‌ی گیاهی تازه (۳۹/۱۲ میلی‌گرم گالیک اسید در ۱۰۰ گرم ماده خشک) قرار داشت. در بین روش‌های خشک‌کردن طبیعی، پایین‌ترین میزان فنل کل در تیمار آفتاب کامل (۱۸/۲۳ میلی‌گرم گالیک اسید در ۱۰۰ گرم ماده خشک) مشاهده شد. نتایج این بررسی نشان داد که میزان ترکیبات فنلی با قرار گرفتن نمونه‌های گیاهی در معرض آفتاب و درجه حرارت بالا کاهش یافت.



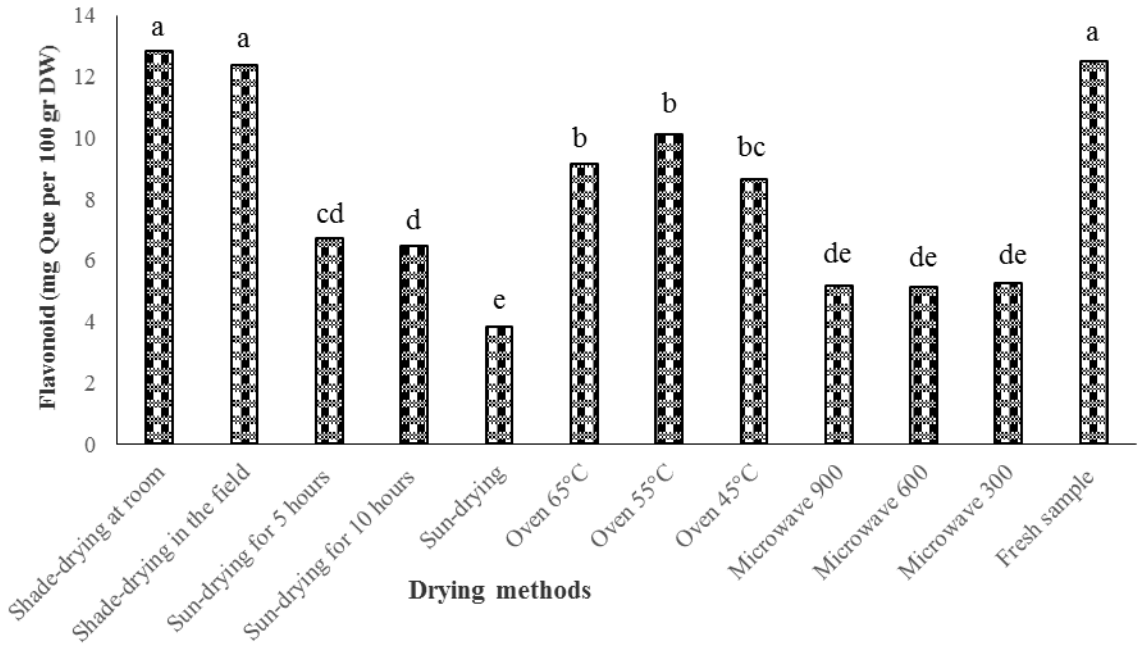
شکل ۲- تاثیر روش‌های مختلف خشک‌کردن بر محتوای فنل کل شمعدانی عطری

Figure 2- The effect of different drying methods on total phenol content of *Pelargonium graveolens.* (LSD, $p \leq 0.01$)

همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، با مقایسه تیمارهای دماهای مختلف آون و توان‌های مختلف ماکروویو از نظر محتوای فنل کل روند مشخصی مشاهده نشد. با این حال نمونه‌های خشک شده در آون نسبت به نمونه‌های خشک شده در ماکروویو از نظر ترکیبات فنلی غنی‌تر بودند. در بین تیمارهای خشک کردن با آون، بیش‌ترین میزان فنل کل شمعدانی عطری در دمای ۵۵ درجه سانتی گراد (۳۷/۳۷ میلی‌گرم گالیک اسید در ۱۰۰ گرم ماده خشک) مشاهده شد. در بین تیمارهای خشک کردن با ماکروویو نیز توان ۶۰۰ وات (۲۲/۶۵ میلی‌گرم گالیک اسید در ۱۰۰ گرم ماده خشک) بیش‌ترین میزان فنل کل را به خود اختصاص داد. در مجموع میزان فنل کل در روش خشک کردن با ماکروویو نسبت به اغلب روش‌ها پایین بود و احتمالاً این کاهش ناشی از تجزیه این ترکیبات با تخریب بافت‌های گیاهی طی فرآیند خشک کردن است.

با توجه به نتایج مقایسه میانگین (شکل ۳)، میزان فلاونوئید کل در بین روش‌های مختلف خشک‌کردن روندی نسبتاً مشابه با میزان فنل کل داشت. بالاترین میزان فلاونوئید کل (۱۲/۸۳، ۱۲/۴۹ و ۱۲/۳۷ میلی‌گرم کوئرستین در ۱۰۰ گرم ماده خشک) به‌ترتیب مربوط به نمونه سایه محصور، نمونه تازه و نمونه سایه هوای آزاد بود. نتایج نشان داد که با قرار گرفتن نمونه‌های گیاهی در معرض آفتاب از میزان فلاونوئید کل آن‌ها کاسته شد. به‌نحوی‌که در بین تمامی روش‌ها کم‌ترین میزان فلاونوئید کل در تیمار خشک کردن در آفتاب کامل (۳/۸۳ میلی‌گرم کوئرستین در ۱۰۰ گرم ماده خشک) به‌دست آمد. در بین روش‌های خشک‌کردن در آون اختلاف معنی‌داری از نظر میزان فلاونوئید کل مشاهده نشد، اما میزان فلاونوئید کل در این روش‌ها نسبت به نمونه تازه و نمونه‌های خشک شده در سایه کاهش معنی‌داری نشان داد. در تیمارهای ماکروویو هم اختلاف معنی‌داری بین سه توان مشاهده نشد و میزان فلاونوئید کل در این تیمارها پایین‌تر از تمامی تیمارها (به جز روش خشک کردن در آفتاب کامل) بود.

به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که در روش‌های طبیعی خشک‌کردن، با قرار گرفتن نمونه‌های گیاهی در معرض آفتاب میزان فنل و فلاونوئید کاهش یافت، به‌طوری که در این بررسی کم‌ترین میزان فنل و فلاونوئید کل در نمونه‌های خشک‌شده در آفتاب کامل مشاهده شد. نتایج این تحقیق با مطالعه راکیک و همکاران (۲۸) مطابقت داشت. در بررسی ایشان روی گیاه بلوط، تغییرات مشاهده شده در میزان ترکیبات فنلی در دمای بالا را به تاثیر حرارت بر ترکیبات تانینی نسبت دادند. تانن‌های قابل هیدرولیز در درجه حرارت‌های بالا تجزیه می‌شوند. ترکیبات فنلی غالباً درون واکوئل قرار دارند و فرآیند خشک‌کردن باعث تخریب ساختارهای سلولی و واکوئل‌ها و خروج ترکیبات فنلی از آن‌ها می‌شود. بنابراین ترکیبات فنلی در مقابل هر تغییری حساس می‌شوند و با افزایش دما از بین می‌روند. کاهش فلاونوئیدها بر اثر خشک‌کردن می‌تواند به علت افزایش تانن‌های تغلیظ شده باشد که در نتیجه پلیمریزاسیون فلاونوئیدها به تانن‌های تغلیظ شده در دماهای بالای خشک‌کردن اتفاق می‌افتد (۱۷).



شکل ۳- تاثیر روش‌های مختلف خشک‌کردن بر محتوای فلاونوئید کل شمعدانی عطری

Figure 3- The effect of different drying methods on total flavonoids content of *Pelargonium graveolens*. (LSD, $p \leq 0.01$)

نتایج هامرونی سلامی و همکاران (۱۶) نشان داد که توان ۸۰۰ وات ماکروویو سبب افزایش میزان فنل و فلاونوئید کل شد. آن‌ها بیان کردند که با افزایش قدرت ماکروویو از ۶۰۰ به ۸۰۰ وات، میزان فنل کل به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. در پژوهش ارسلان و همکاران (۴) کم‌ترین میزان فنل کل مربوط به نمونه‌های خشک شده در آون بود در حالی‌که نمونه‌های خشک شده در تیمار آون–ماکروویو و پس از آن تیمار آفتاب بیش‌ترین میزان فنل کل را داشتند. این محققان بیان کردند که علت این افزایش احتمالاً به خاطر آزادسازی ترکیبات فنلی طی خشک‌کردن است و علت کاهش ترکیبات فنلی در آون را به دمای بالا نسبت دادند. در پژوهشی نیز گزارش کردند که با افزایش دمای خشک کردن، میزان ترکیبات فنلی کل کاهش می‌یابد که می‌تواند به دلیل اثر تخریبی دماهای بالا روی ترکیبات فنلی باشد (۸).

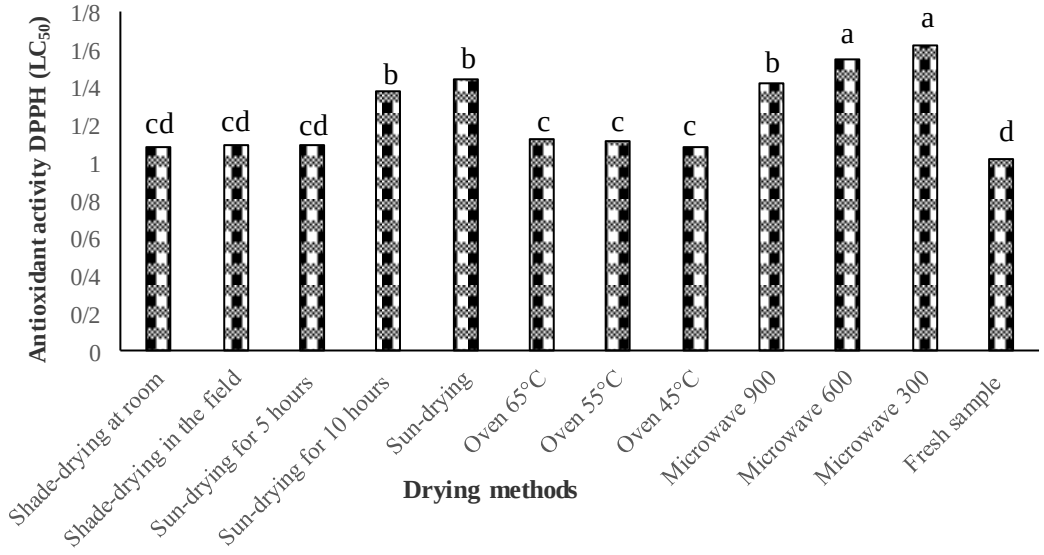
ارزیابی خاصیت آنتی اکسیدانی به روش دی‌پی‌پی‌اچ

نتایج فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره شمعدانی عطری در آزمون دی‌پی‌پی‌اچ بر حسب IC_{50} بیان شد. IC_{50} نشان‌دهنده غلظتی از عصاره است که موجب ۵۰ درصد بازدارندگی رادیکال آزاد می‌گردد. مقدار این کمیت بوسیله آنالیز همبستگی خطی به‌دست آمده از مقادیر فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره در غلظت‌های مختلف نمونه تعیین شد.

بر اساس نتایج مقایسه میانگین (شکل ۴) بالاترین فعالیت آنتی اکسیدانی در گیاهان تازه (IC_{50}=۱/۰۲) و کم‌ترین آن در تیمار خشک‌کردن با ماکروویو با توان‌های ۳۰۰ و ۶۰۰ (به ترتیب IC_{50}=۱/۶۲ و IC_{50}=۱/۵۵) مشاهده شد. در تیمارهای خشک‌کردن با روش‌های طبیعی روند تغییرات متفاوت بود، به‌طوری که نمونه خشک شده در ۱۰ ساعت آفتاب و نمونه آفتاب کامل (به ترتیب IC_{50}=۱/۴۳ و IC_{50}=۱/۳۸) فعالیت آنتی‌اکسیدانی کم‌تری نسبت به سایر تیمارها داشتند. در صورتی که گیاهان خشک شده در سایه محصور، سایه آزاد و ۵ ساعت در آفتاب، فعالیت آنتی اکسیدانی مشابه با نمونه تازه نشان دادند.

بین تیمارهای خشک‌کردن با آون با دماهای مختلف، تفاوت معنی‌داری در فعالیت آنتی‌اکسیدانی مشاهده نشد. تیمارهای خشک‌کردن با ماکروویو با توان‌های ۳۰۰ و ۶۰۰ وات، فعالیت آنتی‌اکسیدانی کمتری در مقایسه با خشک‌کردن با توان ۹۰۰ وات (IC_{50}=۱/۴۲) نشان دادند. بنابراین با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان گزارش نمود در گیاه شمعدانی عطری تیمارهای خشک کردن در سایه و آون با دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد بیشترین فعالیت مهارکنندگی رادیکال‌های آزاد را در بین روش‌های مختلف خشک‌کردن نشان دادند. درحالی که کم‌ترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی مربوط به روش خشک‌کردن با ماکروویو بود. به‌طور کلی با افزایش دما طی فرآیند خشک‌کردن، قدرت احیاکنندگی عصاره کاهش می‌یابد

که دلیل اصلی این امر می‌تواند ناشی از اثر تخریبی دما بـر ترکیبـات فنلی باشد، زیرا این ترکیبات تاثیر مسـتقیمی بـر قـدرت احیاکننـدگی عصاره دارند (۱۴).

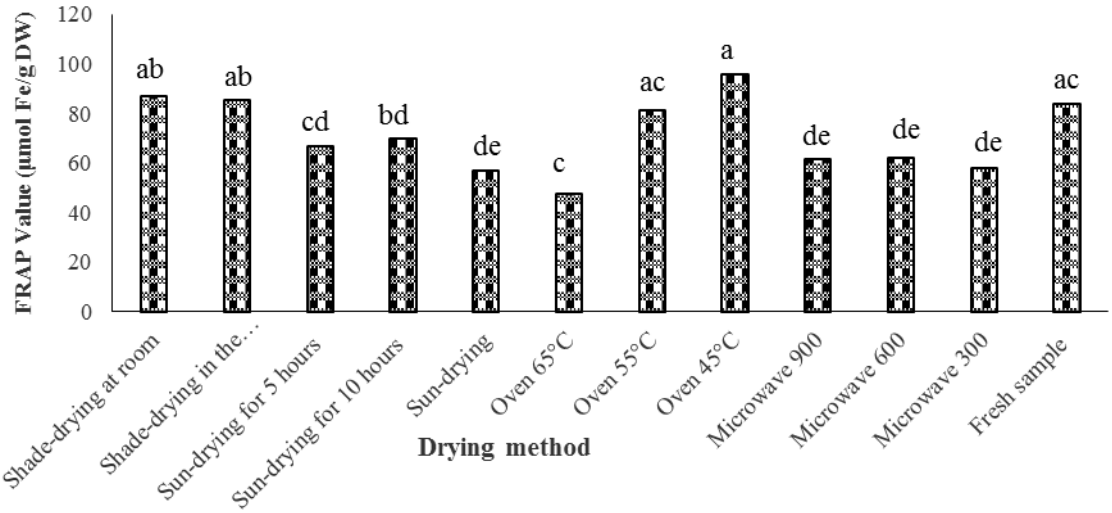


شکل ٤- تاثیر روش‌های مختلف خشک‌کردن بر فعالیت آنتی اکسیدانی شمعدانی عطری در آزمون دی‌پی‌پی‌اچ
Figure 4- Effect of different drying methods on the antioxidant activity of *Pelargonium graveolens* in DPPH assay. (LSD, $p\leq0.01$)

فعالیت آنتی‌اکسیدانی به روش اِف‌آرای‌پی

نتایج آزمون اِف‌آرای‌پی بر حسب میکرو مول آهـن بـر گـرم عصاره بیان شد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بـالاترین میـزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی مربوط به نمونه‌های خشک‌شده در آون با دمای ۴۵ درجه، سایه محصورو سایه هـوای آزاد و نمونـه تـازه (بـه ترتیـب ۹۵/۸۴، ۸۷/۰۴، ۸۵/۱۶ و ۸۳/۷۱ میکرومول آهن بر گرم عصاره) بود. کم‌ترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی نیز در نمونه‌های خشک شده در آون با دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد (۴۷/۷۲ میکرومـول آهـن بـر گـرم عصاره) به‌دست آمد. در تیمارهای خشک کـردن بـا آون، بـا کـاهش درجه حرارت فعالیـت آنتـی‌اکسـیدانی افـزایش نشـان داد و بـالاترین فعالیـت آنتـی‌اکسـیدانی در بـین ایـن روش‌هـا در دمـای ۴۵ درجـه سانتی‌گراد (۹۵/۸۴ میکرومول آهن بـر گـرم عصـاره) بـه‌دسـت آمـد. به‌طور کلی نمونه‌های خشک شده در مـاکروویو در مقایسـه بـا سـایر تیمارها ظرفیت آنتـی‌اکسـیدانی پـایینی نشـان دادنـد و در بـین ایـن روش‌ها نیز با افزایش توان دسـتگاه فعالیـت آنتـی‌اکسـیدانی کـاهش یافت، به‌نحوی که بالاترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی (۵۷/۸۷ میکرومـول آهن بر گرم عصاره) در توان ۳۰۰ وات مشاهده گردید. در روش‌هـای خشک‌کردن طبیعی با افـزایش مـدت زمـان قرارگـرفتن نمونـه‌هـای گیاهی در معرض آفتاب، ظرفیت آنتـی‌اکسـیدانی کـاهش نشـان داد، به‌نحوی که در بین این روش‌هـا کمتـرین ظرفیـت آنتـی اکسـیدانی (۵۷/۰۹ میکرومول آهن بر گرم عصاره) مربوط به نمونه خشـک‌شـده در آفتاب کامل بود.

نتـایج هـامرونی سـلامی و همکـاران (۱۷) نشـان داد کـه بـین روش‌های مختلف خشک‌کـردن، تیمـار مـاکروویو بـا تـوان ۸۰۰ وات بیش‌ترین فعالیت مهارکنندگی رادیکال‌های آزاد را نشان داد، درحـالی که کم‌ترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی مربوط بـه روش آون بـا دمـای ۶۵ درجه بود. این محققان بیان کردند کـه بـا افـزایش دمـا طـی فرآینـد خشک کردن، قدرت احیاکنندگی عصاره کاهش می‌یابد و دلیل اصـلی آن را ناشی از اثر تخریبی دما بر ترکیبات فنلـی عنـوان کردنـد (۱۴). شهدادی و همکاران (۳۱) نیز گزارش کردند که بیش‌ترین و کم‌تـرین فعالیت آنتی‌اکسیدانی به‌ترتیب مربوط به خرمای خشک‌شده در آفتـاب و خرمای خشک‌شده در گرم‌خانه ۸۰ درجه سـانتی‌گـراد بـود. پیگـا و همکاران (۲۵) علت افـزایش فعالیـت آنتـی‌اکسـیدانی آلـو را پـس از خشـک‌شـدن در دمـای ۸۵ درجـه سـانتی‌گـراد مربـوط بـه تشـکیل محصولات واکنش میلارد طی فرآیند خشک‌کردن دانستند. محققـین در پژوهشی (۲) نشان دادند که خشک‌کردن در آفتاب به‌دلیل تجزیـه آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی طـی فرآینـد خشـک‌شـدن، باعـث کـاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی شد.



شکل ۵- تاثیر روش‌های مختلف خشک‌کردن بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی شمعدانی عطری به روش FRAP

Figure 5-Effect of different drying methods on antioxidant activity of *Pelargonium graveolens* in FRAP assay (LSD, $p \leq 0.01$)

محتوای اسانس

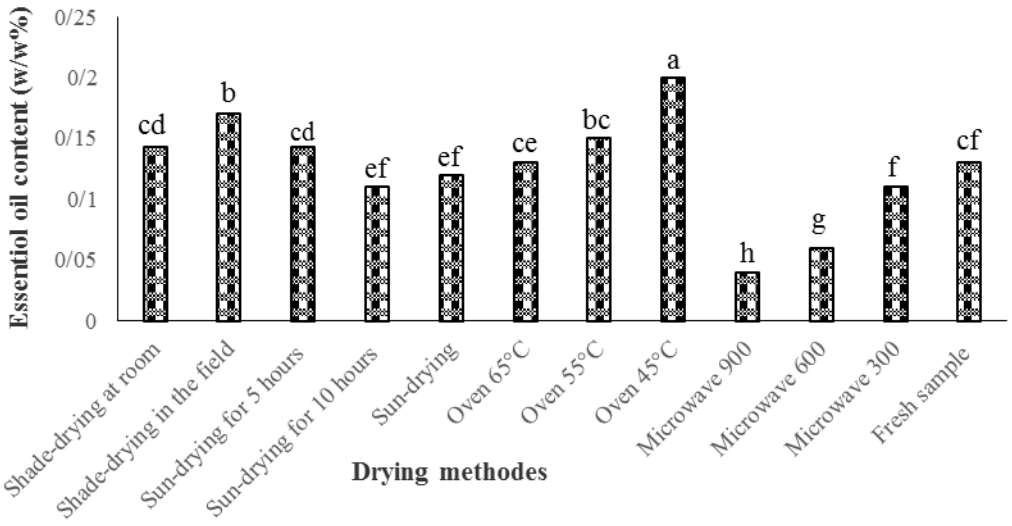
در این مطالعه، میزان اسانس شمعدانی عطری به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر روش‌های مختلف خشک‌شدن قرار گرفت (شکل ۶). بالاترین مقدار اسانس در تیمار خشک‌کردن در آون با دمای ۴۵ درجه (۰/۲ درصد وزنی/وزنی) به‌دست آمد. گیاهان خشک شده در سایه هوای آزاد و آون با دمای ۵۵ درجه نیز در درجات بعدی از نظر میزان اسانس قرار داشتند. کمترین مقدار اسانس مربوط به تیمار خشک‌کردن در ماکروویو (۹۰۰ وات) (۰/۰۴ درصد وزنی/وزنی) بود. تغییرات محتوای اسانس در روش‌های مختلف خشک‌کردن بستگی به درجه حرارت، نوع بافت و زمان خشک‌شدن نمونه دارد (۲۱).

نتایج این آزمایش نشان داد روش خشک‌کردن می‌تواند تاثیر معنی‌داری بر میزان اسانس شمعدانی عطری داشته باشد. در این آزمایش، روش خشک‌کردن در آون با دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد و خشک‌کردن در سایه هوای آزاد بهترین روش‌ها برای حفظ اسانس مواد گیاهی شناخته شدند. اگرچه مقدار اسانس نمونه تازه در سطح برابری با اسانس نمونه‌های خشک‌شده در آون و در سایه قرار داشت، اما اسانس‌گیری از نمونه‌ی تازه نیازمند سرعت بالاتر و تجهیزات اسانس‌گیری بیش‌تری بوده و در صورت نیاز به نگهداری ماده گیاهی به‌مدت طولانی، به انبار و سردخانه نیاز خواهد بود و ممکن است منجر به کاهش میزان استخراج اسانس شود. در این آزمایش روش‌های خشک‌کردن طبیعی (به استثنای روش خشک کردن در آفتاب) و آون بهترین روش‌ها به‌منظور حفظ اسانس بودند. در روش خشک‌کردن با ماکروویو هر چند سرعت خشک‌شدن بیش‌تر از سایر روش‌ها است و نمونه‌های خشک‌شده نیز از نظر ظاهری دارای کیفیت بهتری هستند اما این روش منجر به کاهش شدید مقدار اسانس می‌شود (۲۳). در این مطالعه میزان اسانس در گیاهان خشک شده با ماکروویو شدیداً کاهش نشان داد که مشابه سایر پژوهش‌های صورت گرفته است. کاهش مقدار اسانس با افزایش دمای آون در این تحقیق نیز می‌تواند ناشی از تبخیر اسانس به‌همراه رطوبت در هنگام خشک‌شدن باشد. کاهش محتوای اسانس با افزایش دمای خشک کردن در گیاهانی مثل نعناع و شوید (۵)، ترخون (۳) و مریم گلی (۱۶) نیز گزارش شده است.

ضرایب همبستگی

نتایج همبستگی صفات فیتوشیمیایی (جدول ۲) نشان داد که بین مقدار فنل کل با فلاونوئید کل همبستگی مثبت و معنی‌داری (r=۰/۷۴) در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. به‌طوری که هر چه مقدار فنل کل بالاتر بود، میزان فلاونوئید بیشتر شد. به دلیل اینکه فلاونوئیدها خود از جمله‌ی ترکیبات فنلی هستند وجود این نوع همبستگی قابل پیش‌بینی است. هم‌چنین همبستگی منفی و معنی‌داری (r=-۰/۸۰) بین فنل کل با میزان IC_{50} در روش دی‌پی‌پی‌اچ دیده شد. یعنی با افزایش میزان فنل کل، میزان IC_{50} کاهش یافته که نشان‌دهنده فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالاتر عصاره است. همبستگی منفی و معنی‌داری (r=-۰/۷۵) نیز بین میزان فلاونوئید و میزان IC_{50} در روش دی‌پی‌پی‌اچ وجود داشت، که به معنی وجود ارتباط مستقیم بین میزان فلاونوئید کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره است. برای این‌که ارتباط بین محتوای فنل و فلاونوئید و خاصیت آنتی اکسیدانی آن‌ها مشخص گردد، همبستگی بین خاصیت

آنتی اکسیدانی و مجموع محتوای ترکیبات فنلی و فلاونوئید آن تعیین شد.



شکل ٦- تاثیر روش‌های مختلف خشک‌کردن بر محتوای اسانس شمعدانی عطری

Figure- 6. Effect of different drying methods on essential oil content (w/w) of *Pelargonium graveolens*. (LSD, $p \leq 0.01$)

نتایج به دست آمده از روش مهار رادیکال‌های آزاد DPPH، همبستگی مثبت بالایی را بین محتوای فنل و فلاونوئید با فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن‌ها نشان داد. به این معنی که هر چه مقدار این ترکیبات در عصاره‌ها بیشتر می‌گردد اثر مهاری بیشتری را اعمال نموده، مقدار IC50 کمتر یا فعالیت آنتی‌اکسیدانی بیشتر می‌شود (همبستگی مثبت بین محتوای فنل و فلاونوئید عصاره‌ها و خاصیت آنتی‌اکسیدانی آن‌ها). بنابراین بین میزان ترکیبات فنولی و فلاونوئید با فعالیت آنتی‌اکسیدانی اندازه‌گیری شده به روش جذب رادیکال DPPH ارتباط مثبت و معنی‌داری مشاهده شد.

جدول ۲- ضریب همبستگی بین صفات فیتوشیمیایی در روش‌های مختلف خشک کردن شمعدانی عطری

Table 2- Correlation coefficient between phytochemical traits in different drying methods of*Pelargonium graveolens*

صفات Traits	فنل کل Total phenol	فلاونوئید Flavonoids	نسبت فنل به فلاونوئید Total phenol/ Flavonoids	آنتی‌اکسیدان DPPH	آنتی‌اکسیدان FRAP	زمان خشک‌شدن Drying time	محتوای اسانس Essential oil content
فنل کل Total phenol	1						
فلاونوئید Flavonoids	0.74^{**}	1					
نسبت فنل به فلاونوئید Total phenol/ Flavonoids	0.13^{ns}	-0.69^{**}	1				
آنتی‌اکسیدان DPPH	-0.80^{**}	-0.75^{**}	0.25^{ns}	1			
آنتی‌اکسیدان FRAP	0.47^{ns}	0.52^{ns}	-0.39^{ns}	-0.53^{ns}	1		
زمان خشک‌شدن Drying time	0.47^{ns}	0.38^{ns}	-0.43^{ns}	-0.32^{ns}	0.30^{ns}	1	
محتوای اسانس Essential oil content	0.56^{**}	0.53^{ns}	-0.22^{ns}	-0.68^{**}	0.48^{ns}	0.68^{**}	1

*، ** و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪، ۱٪ و غیرمعنی‌دار

*, ** and ns: significant at 0.05, 0.01 probability levels, ns: means non-significant, respectively

بررسی نتایج نشان می‌دهد که میزان ترکیبات فنلی، فلاونوئید و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی محاسبه شده به روش DPPH، در اثر قرار گرفتن گیاهان در معرض نور خورشید در خشک‌شدن طبیعی کاهش یافت. علاوه براین میزان فنل و فلاونوئید کل و فعالیت مهارکنندگی رادیکال‌های آزاد در تیمارهای خشک کردن با ماکروویو کاهش نشان داد. به‌طور کلی می‌توان این گونه بیان کرد که افزایش دما در تیمارهای ۱۰ ساعت آفتاب، آفتاب کامل، توان‌های ماکروویو و دمای بالای آون باعث تخریب ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی شده که در نهایت منجر به کاهش قدرت احیاکنندگی گیاه شمعدانی عطری شده است.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج این مطالعه می‌توان چنین بیان کرد که افزایش توان ماکروویو و افزایش دمای آون در فرآیند خشک‌کردن شمعدانی عطری، منجر به کاهش محتوای فنل و فلاونوئید کل، فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره و محتوای اسانس گردید. در بین روش‌های مورد مطالعه، تیمارهای خشک کردن در سایه محصور و سایه هوای آزاد و نمونه تازه بیشترین میزان فنول کل، فلاونوئید کل و بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی را در هر دو آزمون دی‌پی‌پی‌اچ و اف‌آرای‌پی نشان دادند. کمترین میزان نیز برای اغلب صفات مورد مطالعه در تیمار خشک کردن در آفتاب کامل و خشک کردن در ماکروویو مشاهده گردید. بالاترین مقدار اسانس نیز در تیمار خشک‌کردن در آون با دمای ۴۵ درجه، سایه هوای آزاد و آون با دمای ۵۵ درجه به‌دست آمد. بنابراین می‌توان نتیجه گیری کرد که در مجموع روش‌های خشک کردن در سایه محصور، سایه هوای آزاد و آون با دمای ۴۵ درجه برای گیاه شمعدانی عطری مناسب‌تر هستند، در حالی‌که تیمارهای خشک کردن در ماکروویو و آفتاب کامل برای گیاه مناسب نیستند. علاوه براین نتایج این تحقیق نشان داد که بین میزان فنول کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در هر دو آزمون ارتباط معنی‌داری مشاهده شد.

منابع

1. Afrasian D. and Ozcan, M.M. 2008. Evaluation of drying methods with respect to drying rosemary leaves. Energy Con. Mana. J. 49: 5.1258-1264. Agriculture and Food Chemistry, 48: 1485- 1490.
2. Al- Farsi M., Alasalvar C., Morris A., Baron M. and Shahidi F. 2005. Comparison of antioxidant activity, anthocyanins, carotenoids, and phenolics of three native fresh and sun-dried date (*Phoenix dactylifera* L.) varieties grown in Oman. Food Chemistry, 53: 1752-9.
3. Arabhosseini A., Padhye S., Beek T.A., Boxtel A.J., Huisman W., Posthumus M.A. and Müller J. 2006. Loss of essential oil of tarragon (*Artemisia dracunculus* L.) due to drying. Journal of the Science of Food and Agriculture, 86 (15): 2543–2550.
4. Arslan D., Ozcan M.M., and Okyay Menges H. 2010. Evaluation of drying methods with respect to drying parameters, some nutritional and colour characteristics of peppermint (*Mentha* × *piperita* L.). Energy Conver and Manage, 51: 2769- 2775.
5. Ayyobi H., Peyvast G.A. and Olfati J.A., 2014. Effect of drying methods on essential oil yield, total phenol content and antioxidant capacity of peppermint and dill. Ratarstvo i povrtarstvo - Journal on Field and Vegetable Crops Research, 51 (1): 18–22.
6. Azizi M., Rahmati M., Ebadi 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, 25(2): 182-192. (In Persian).
7. Benzie IFF. and Strain JJ .1996. The ferric reducing agent of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": The FRAP assay. Analytical Biochemistry. 239:70-76.
8. Besbes S., Blecker C., Deroanne C., Bahloul N., Lognay G. and Drira N. E. 2004. Date seed oil: phenolic, tocopherol and sterol profiles. Journal Food Lipids, 11: 251- 5.
9. Brovelli E.A., Li Y. and Chui, K. 2003. Image analysis reflects drying conditions of *Echinacea purpurea* Herb. Journal of Herbs Spices and Medicinal Plants. 10: 2.19-24.
10. Capecka E., Marecczek A., and Leja M. 2005. Antioxidant activity of fresh and dry herbs of some Lamiaceae species. Food Chemistry, 93: 223- 226.
11. Choi CW., Kim SC., Hwang SS., Choi BK., Ah H.J., Lee MY., Park SH. and Kim, SK .2002. Antioxidant activity and free radical scavenging capacity between Korean medicinal plants and flavonoids by assay-guided comparison. Plant Science. 163:1161-1168.

12. Duchow S., Blaschek W., Classen B. 2015. Reproduction of medicinal plant Pleargonium sidoides via somatic embryogenesis. Planta Medica, 81(12-13): 1169-74.
13. Ebadi M. T., Rahmati M., Azizi M. and Hassanzadeh Khayyat, M. 2009. Effect of different drying methods (natural, oven and microwave) on drying time, percentage and essential oil components medicinal herbs (*Satureja hortensis* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plant, 26 (4): 477-489.
14. Gao X., Bjok L., Trajkovski V. and Uggla M. 2000. Evaluation of antioxidant activities of rosehip ethanol extracts in different test systems. Journal Agriculture and Food Chemistry, 80: 2021- 7.
15. Garcia-Salas P, Morales-Soto A, Segura-Carretero A, Fernandez-Gutierrez A. 2010. Phenolic-compound extraction systems for fruit and vegetable samples. Molecules 15:8813-8826.
16. Hamrouni Sellami I., Zohra rahali F., Bettaieb Rebey I., Bourgou S., Limam F., and Marzouk B. 2012. Total phenolics, flavonoids, and antioxidant activity of sage (*Salvia officinalis* L.) plants as affected by different drying methods. Food Bioprocess Technology, 5: 2978–2989.
17. Harboune N., Marete E., Jacquier J.C., and O'Riordan D. 2009. Effect of drying methods on the phenolic constituents of meadow sweet *(Filipendula ulmaria*) and willow *(Salix alba*). Food Chemistry, 42(9): 1468- 73.
18. Hassanzadeh K., Hemmati Kh. and Mehdi Pour, M .2018. The effect of different drying methods (natural and oven) on the drying time and some secondary metabolites of Melissa (*Melissa officinalis* L.). Journal of Plant Production Research, 25(1), 143-137.
19. Karimian Z., Keramat A. 2014. Flushing Caused by menopause and herbal medicine in Iran. A systematic review, Women's Magazine, Midwifery and Infertility, 17: 1-11.
20. Lalli JYY, Van Zyl RL., Van Vuuren SF., Viljoen AM .2008. In vitro biological activities of South African Pelargonium (Geraniaceae) species. South African Journal of Botany, 74: 153-157.
21. Lewicki P.P. and Pawlak G. 2003. Effect of drying on the microstructure of plant tissue. Drying Technology. 12 (4), 657-683.
22. Martinov M., Oztekin S. and Muller J. 2007. Medicinal and aromatic crops. CRC Press, United States of America, 320 p.
23. Mir Mostafaei S., Azizi M., Bahraini M., Aryani M and Arrowhead F.2013. The effect of different drying methods on the rate weight loss, and microbial oils of Mentha (*Mentha piperita* L.), Plant Production Research Journal, Vol. 20, No. 4.
24. Nicoli M.C., Anese M., and Parpinel M. 1999. Influence of processing on the antioxidant properties of fruits and vegetables. Trends in Food Science and Technology, 10: 94- 100.
25. Piga A., Del Caro A., Corda G. 2003. From plums to prunes: influence of drying parameters on polyphenols and antioxidant activity. Journal Agricultural and Food Chemistry, 51: 3675- 3681.
26. Probhanjan 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.
27. Quettier-Deleu C, Gressier B, Vasseur J, Dine T, Brunet C, Luyckx M, Cazin M, Cazin J-C, Bailleul F, and Trotin F .2000. Phenolic compounds and antioxidant activities of buckweat hulls and flour. Journal of Ethnopharmacology, 72:35-42.
28. Rakic S, Petrovic S, Kukic J, Jadranin M, Tesevic V, Povrenovic D, et al. 2007. Influence of thermal treatment on phenolic compounds and antioxidant properties of oak acorns from Serbia. Food Chem; 104: 830-4.
29. Riva, M., Schirarldi, A. and Cesare, L., 1991. Drying of *Agaricus bisporus* mushrooms by microwave/hot.
30. Rozdar F, Azizi M., Ghani A. and Davari Nejad CH.M. 2014. Effect of different drying methods on drying time and some phytochemical properties of Mentha (*Mentha piperita* L.). Journal of Horticultural Science, 28(3): P. 407-415. (In Persian).
31. Shahdadi F., Mirzaie HA, Maghsadllo Y., Ghorbani, and Daraie garme khani A. 2011. Effect of drying process on the phenolic-compounds content and antioxidant activity of two varieties of date-palm fruit Kaluteh and Mazafati. (*Phoenix ductylifera*), Journal of Nutrition Sciences and food industry Iran, 6 (3): 67-74.
32. Soysal Y., Oztekin S., and Eren O. 2006. Microwave drying of parsley: modelling, kinetics, and energy aspects. Biosystems Engineer, 93(4): 403- 413.
33. Spanos GA, Wrolstad RE .1990. Influence of processing and storage on the phenolic composition of Thompson seedless grape juice. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 38:1565-1571
34. Tomas J.M.G., Boot K.J., Allen L.H., Allo-Meagher M. and Davis J.M. 2003. Elevated temperature and carbon dioxide effects on Soybean seed composition and transcript abundance. Crop Science, 43: 1548- 1557.

35. Tulasidas T.N., Raghavan G.S.V. and Norris E.R. 1993. Microwave and convective drying of grapes. Transactions of the ASABE, 36: 1861-1865.
36. Vega-Galvez A., Scala K.D., KLemus-Mondaca R., Miranda M., Lopez J. and Perez-Won M. 2009. Effect of airdrying temperature on physico-chemical properties, antioxidant capacity, colour and total phenolic content of red pepper (*Capsicum annuum* L. var. Hungarian). Food Chemistry, 117(4): 647- 53.
37. Zargari A. Iranian Medicinal Plants. 6th ed. Tehran: Tehran University; 1997. p. 243-5.

Journal of Horticultural Science
Vol. 33, No.4, Winter 2020, P. 655-668
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۸، ص. ۶۶۸-۶۵۵
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Effect of Different Drying Methods on Drying Time and some Phytochemical Characteristic of Pelargonium *(Pelargonium graveolens*)

H. Mumivand[1*]-H. Rezaei Nejad[2]-Sh.Taghipour[3]-K. Sepahvand[4]-B. Moradi[5]

Received: 05-12-2018
Accepted: 02-10-2019

Introduction: Drying is one of the most important post-harvest techniques for medicinal plants. *Pelargonium graveolens* (known as geranium) is an important, high-value perennial, aromatic shrub that can reach a height up to 1.3 m and a lateral growth of 1 m. The essential oil of *P. graveolens* is extensively used in the perfumery and cosmetic industries. Medicinal plants produce antioxidant compounds, which defend cells against degenerative effects of reactive oxygen species produced during oxidative stress and metabolism. Antioxidants are molecules that scavenge free radicals and reduce/prevent their damages. Therefore, the identification of natural antioxidants as preservative agents plays a pivotal role for the food, cosmetic and pharmaceutical industry. This study was conducted to investigate the effect of different drying methods (microwave-drying, oven drying and ambient-drying) on drying time and some phytochemical properties of *P. graveolens*.

Material and Methods: In order to evaluate the effect of different drying methods on drying time and some phytochemical properties of Pelargonium, an experiment was conducted at the faculty of agriculture of Lorestan University (Khorramabad, Iran) in 2017. The experiment was carried out based on completely randomized design with 12 treatments and three replications. The drying treatments were microwave-drying (300, 600 and 900 watts), oven-drying (45, 55 and 65 °C), ambient-drying (shade-drying at room, shade-drying in the field, sun-drying for five hours and then transfer to the room shade, sun-drying for 10 hours and then transfer to the room shade, and sun-drying) and fresh samples (as control). In all drying methods, the drying process continued until the moisture content of samples reached to 12% based on dry matter.

Results and Discussion: The results of analysis of variance showed the significant effect of drying methods on total phenol and flavonoids contents, antioxidant activity and essential oil content of the plants. The minimum and maximum of drying time (4.05 min and 6 days, respectively) was related to microwave-drying (900 watts) and shade-drying in the field, respectively. The highest total phenol (14.78 mg GA per 100 g dry matter) and flavonoid (12.83 mg quercetin per 100 g dry matter) contents were observed in plants dried at room shade and field shade, while the highest antioxidant capacity (IC_{50}=1.02) was related to the fresh samples. The plants dried in the oven (45 °C) also had a notable phenol and flavonoid contents with high antioxidant activity. On the contrary, the samples dried in the microwave and sunshine showed the lowest amount of phenol and flavonoid contents and antioxidant activity. The highest essential oil content was obtained from oven-drying at 45 °C (0.2 %w/w based on dry mater), followed by shade-drying in the field (0.17 %w/w based on dry mater), and oven-drying at 55 °C (0.15 %w/w based on dry mater). While, the lowest essential oil content occurred with microwave-drying at 900 W (0.04 w/w based on dry mater). In this study, the amount of essential oil in the microwave-drying plants was significantly reduced by increasing the power of the microwave. The decrease in essential oil content with increasing oven temperature was also observed. The decrease in essential oil content with increasing oven temperature has also been reported in other species such as peppermint, dill, tarragon and sage and could be due to evaporation of the essential oil along with moisture losing during drying process. The results of Hamrouni Sellami *et al.* (2012) showed that drying in microwave at 800 w increased total phenol and flavonoid levels of sage (*Salvia officinalis* L.). Their results showed that as the microwave power increased from 600 to 800 watts, the total phenol content increased significantly. In research by Arslan *et al.*, (2010), the lowest total phenol content was observed in the oven dried samples, whereas the highest total phenol content was obtained from the oven-microwave treatment and sun drying. The researchers explained that this increase was probably due to the release of phenolic compounds during drying and the reason for the decrease in phenolic compounds in the oven was attributed to the high temperature. Besbes *et al.*, (2004) also reported that with

1, 2, 3,4 and 5- Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Lorestan University
(*- Corresponding Author Email: mumivand.h@lu.ac.ir)

increasing drying temperature, the amount of total phenolic compounds decreases, which may be due to the destructive effect of high temperatures on phenolic compounds. In general, it could be concluded that drying in high temperature of oven and high power of microwave reduces the amount of phenolic and flavonoid compounds, antioxidant activity and essential oil content of *P. graveolens*. While, shade-drying and oven-drying at 45 °C showed the least reduction in these traits compared to the fresh samples.

Conclusion: It can be concluded that shade-drying at room, shade-drying in the field and oven-drying at 45°C are more suitable for the *P. graveolens* .While drying treatments in the microwave and sunshine are not suitable for the species. In addition, the results showed that there was a significant relationship between total phenol content and antioxidant activity in both assays.

Keywords: Antioxidant activity, Drying, Phenolic compounds, *Pelargonium graveolens*