علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۴۶، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۴ (ص ۲۵۸-۲۴۳)

تغییر فاکتورهای فیزیکی و فیتوشیمیایی گل همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.) تحت‌تأثیر روش‌های مختلف خشک‌کردن و منبع تغذیهٔ گیاه

لیلا تبریزی[1*]، فرناز دژابون[2]، یونس مستوفی[3] و مهدی مریدی فریمانی[4]
۱، ۲ و ۳. استادیار، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استاد، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج
۴. استادیار پژوهشکدهٔ گیاهان و مواد اولیهٔ دارویی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۱/۱۷ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۴/۱۴)

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر برخی عوامل پس از برداشت بر خصوصیات کیفی گیاه دارویی همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.)، اثر منبع تغذیهٔ گیاه شامل کود گاوی کاملاً پوسیده (۲۵ تن در هکتار)، کمپوست زبالهٔ شهری (۲۰ تن در هکتار)، کمپوست قارچ مصرف‌شده (۱۵ تن در هکتار)، ورمی‌کمپوست (۱۵ تن در هکتار) و شاهد و روش‌های مختلف خشک‌کردن شامل آون (۶۰، ۷۰ و ۸۰ درجهٔ سانتی‌گراد)، مایکروویو (۳۰۰، ۶۰۰ و ۹۰۰ وات) و روش طبیعی (خشک‌کردن در دمای اتاق) در یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار، در دانشگاه تهران و دانشگاه شهید بهشتی در سال‌های ۱۳۸۹و ۱۳۹۰ بررسی شد. عوامل فیزیکی و فیتوشیمیایی شامل سینتیک خشک‌شدن و میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی، فلاونوئید کل، ترکیبات فنولی و کاروتنوئید کل ارزیابی شدند. نتایج حاصل بیانگر نبود تأثیر معنادار نهاده‌های آلی به‌منزلهٔ منبع تغذیه بر خصوصیات کیفی همیشه‌بهار جز فلاونوئید کل بود درحالی‌که این خصوصیات به‌طور معنادار تحت‌تأثیر روش‌های خشک‌کردن قرار گرفتند. کاربرد مایکروویو در توان‌های ۳۰۰، ۶۰۰ و ۹۰۰ وات به‌ترتیب بیشترین میزان فلاونوئید، ترکیبات فنولی و کاروتنوئید کل را به دنبال داشت درحالی‌که دماهای مختلف آون از کمترین میزان این صفات برخوردار بود. همچنین اثر متقابل خشک‌کردن و منبع تغذیه بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی همیشه‌بهار معنادار بود و بیشترین و کمترین میزان این صفت، به‌ترتیب، از اثر متقابل ورمی‌کمپوست و مایکروویو ۹۰۰ وات و ورمی‌کمپوست و آون ۶۰ درجهٔ سانتی‌گراد به دست آمد. بررسی روند منحنی‌های خشک‌شدن نشان داد که با افزایش توان مایکروویو و دمای آون، شیب منحنی کاهش رطوبت افزایش و زمان خشک‌شدن گل‌ها کاهش می‌یابد. درمجموع گزینش صحیح روش خشک‌کردن به عوامل متعددی بستگی دارد و در این میان استفاده از روشی بر مبنای مصرف بهینهٔ انرژی و صرفه‌جویی در هزینه نیز باید مورد توجه قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: **سینتیک خشک‌شدن، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، فلاونوئید، گیاه دارویی، نهاده‌های آلی.**

مقدمه

از دیرباز قسمت‌های مختلف گیاه زینتی-دارویی همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.) از خانوادهٔ کاسنی اعم از ریشه، برگ، گل و بذر به‌دلیل برخورداری

* تلفن: ۰۹۱۲۳۸۳۱۳۶۴
E-mail: L.tabrizi@ut.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

از خواص بیولوژیک متعدد (Ukiya *et al*., 2006) بهره‌برداری می‌شود و همچنین طیف گسترده‌ای از متابولیت‌های ثانویه شامل فلاونوئیدها، ترکیب‌های کاروتنوئیدی، گلیکوزیدی، استرویدها، ترپنوئیدها، فنولیک اسیدها، موسیلاژ و ساپونین در این گیاه وجود دارد (Raal *et al*., 2009; Re *et al*., 2009) به‌طوری‌که فلاونوئیدها و کاروتنوئیدهای موجود در همیشه‌بهار، این گیاه را به منبع غنی از ترکیب‌های آنتی‌اکسیدانی مبدل ساخته است (Meda *et al*., 2005).

در گیاهان دارویی علاوه بر عوامل مربوط به عملیات پیش از برداشت که بر کیفیت مواد مؤثرهٔ حاصل از این گیاهان مؤثر هستند، عملیات پس از برداشت نیز نقش مهمی در حفظ کیفیت محصول دارد (Omidbeigi, 2005). نتایج بررسی‌های انجام‌شده در زمینهٔ خصوصیات کیفی گیاهان دارویی و ادویه‌ای بیانگر تأثیر عوامل قبل و پس از برداشت و در برخی مواقع، آثار متقابل آن‌ها در این خصوص است (Subasinghe, 2007; Ippolito & Nigro, 2000). خشک‌کردن در میان عملیات پس از برداشت مربوط به گیاهان دارویی از فرایندهای مهم و تأثیرگذار است زیرا تعیین‌کنندهٔ کیفیت نهایی محصول از نظر خصوصیات شیمیایی و مواد مؤثره است (Tankoa *et al*., 2005). بنابراین، انتخاب روش مناسب خشک‌کردن مواد گیاهی از موارد مهم در عملیات پس از برداشت است. دما و مدت زمان لازم برای خشک‌کردن از اصول مهم در این فرایند است و رطوبت اولیهٔ اندام گیاهی و کمّیت و کیفیت مادهٔ مؤثره از عوامل تأثیرگذار در تعیین این دو عامل هستند (Omidbeigi, 2005).

در پژوهشی عملکرد اسانس در گیاه پونه (*Mentha longifolia* L. subsp. *Capensis*) را در حالت خشک‌شده بیشتر از حالت تازه گزارش کردند (Asekun *et al*., 2007). در مقایسهٔ روش‌های مختلف خشک‌کردن ازقبیل خشک‌کردن به روش طبیعی در دمای اتاق، آون همراه با خلأ و خشک‌کردن به روش انجمادی[1] در خشک‌کردن شش گیاه از خانوادهٔ نعناعیان، بیشترین ترکیبات فنولی، رزمارینیک اسید و خاصیت آنتی‌اکسیدانی در روش طبیعی گزارش شد (Hossain *et al*., 2010). نتایج مشابهی نیز برتری خشک‌کردن به روش سایه و آفتاب در گیاه بادرشبی (*Dracocephalum moldavica*) را در رابطه با فعالیت آنتی‌اکسیدانی نسبت به دماهای مختلف آون گزارش کرده است (Mohtashemi *et al*., 2010). مطالعه درخصوص بهینه‌سازی روش‌های خشک‌کردن در گیاه چای سبز (*Camellia sinensis*) مؤید این مطلب بود که تیمار مایکروویو با توان متوسط و بالا (۵۰۰ تا ۸۰۰ وات) منجر به حفظ ترکیبات فنولی و فلاونوئیدهای این گیاه به بهترین شکل ممکن شد (Gulati *et al*., 2003). مقایسهٔ روش‌های خشک‌کردن در مورد گیاه دارویی‌ـ ادویه‌ای گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) بیانگر عملکرد مثبت مایکروویو درخصوص افزایش ترکیب‌های کاروتنوئیدی نسبت به تیمار آون بود. به‌طورکلی، نتایج این پژوهش و مطالعات دیگر در مورد ناپایداری ترکیب‌های کاروتنوئیدی تحت‌تأثیر تیمارهای حرارتی همگرا بوده و بر تأثیرات مخرب حرارت هم در خشک‌کردن و هم در پختن گیاهان حاوی کاروتنوئید تأکید می‌ورزند (Sablani, 2006; Divya *et al*., 2012).

با توجه به اهمیت گیاه دارویی همیشه‌بهار در صنایع مختلف و اینکه گل به‌منزلهٔ یکی از اندام‌های اقتصادی و استفاده‌شده در این گیاه تنفس و درصد بالای رطوبت پس از برداشت دارد که کیفیت نهایی محصول را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد، بنابراین به‌منظور حفظ کیفیت گل همیشه‌بهار تولیدشده در یک نظام تغذیه‌ای مبتنی بر اصول کشاورزی پایدار، بهینه‌سازی روش‌های مختلف خشک‌کردن بررسی شد.

مواد و روش‌ها

در پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر تغذیهٔ گیاه و روش‌های خشک‌کردن بر خصوصیات کیفی همیشه‌بهار، یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور و سه تکرار اجرا شد (شایان ذکر است که گل‌های برداشت‌شده برای این آزمایش حاصل از یک پژوهش مزرعه‌ای بود که در سال زراعی ۱۳۸۸ـ۱۳۸۹ با هدف بررسی اثر نهاده‌های آلی بر ویژگی‌های رشد و عملکرد گل و بذر گیاه دارویی همیشه‌بهار در ایستگاه تحقیقات گروه

1. Freeze-drying

Archive of SID

www.SID.ir

مهندسی علوم باغبانی و فضای سبز، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در محمدشهر کرج اجرا شد). فاکتور اول شامل گل‌های برداشت‌شده از تیمارهای مختلف تغذیه‌شدهٔ گیاه در مزرعه شامل کود گاوی کاملاً پوسیده (۲۵ تن در هکتار)، کمپوست زبالهٔ شهری (۲۰ تن در هکتار)، کمپوست قارچ مصرف‌شده (۱۵ تن در هکتار)، ورمی‌کمپوست (۱۵ تن در هکتار) و شاهد و فاکتور دوم شامل روش‌های خشک‌کردن ازجمله روش طبیعی (خشک‌کردن در دمای اتاق)، آون (۶۰، ۷۰ و ۸۰ درجهٔ سانتی‌گراد) و آون مایکروویو خانگی (۳۰۰، ۶۰۰ و ۹۰۰ وات) بودند. مراحل مختلف اجرای این آزمایش در سال‌های ۱۳۸۹و ۱۳۹۰ در آزمایشگاه‌های گیاهان دارویی، پس از برداشت و صنایع غذایی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران انجام گرفت. همچنین بخشی از مطالعات فیتوشیمیایی در آزمایشگاه طراحی فرایند پژوهشکدهٔ گیاهان و مواد اولیهٔ دارویی دانشگاه شهید بهشتی صورت گرفت. به‌منظور تهیهٔ مواد گیاهی، ۱۰۰ گرم از کاپیتول‌های همیشه‌بهار در اواسط فصل گل‌دهی از هر تیمار آزمایش مزرعه‌ای برای ارزیابی اثر روش‌های مختلف خشک‌کردن، برداشت و به آزمایشگاه منتقل شد.

اندازه‌گیری عوامل فیزیکی

برای تعیین محتوای رطوبتی اولیه، ۴ نمونه ۱۰۰ گرمی در آون ۱۰۵ درجهٔ سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ ساعت خشک شدند (Sacilik, 2006). میزان رطوبت مادهٔ گیاهی بر پایهٔ وزن تر برحسب درصد و وزن خشک برحسب نسبت از روابط ۱ و ۲ محاسبه شد.

(۱) = میزان رطوبت بر پایهٔ وزن تر
(وزن مادهٔ خشک + وزن رطوبت)/ وزن رطوبت

(۲) = میزان رطوبت بر پایهٔ وزن خشک
وزن مادهٔ خشک / وزن رطوبت

مایکروویو خانگی استفاده‌شده مدل (CE300WTDU) با بیشترین خروجی برق ۹۰۰ وات و فرکانس عملکرد ۲۴۵۰ مگاهرتز مجهز به یک سینی گردان و تنظیم دیجیتال توان و زمان و همچنین مدل آون (HERAEUS, T5050EKP) بود. به‌منظور تعیین زمان خشک‌کردن و محتوای رطوبت، توزین نمونه‌ها با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱، در روش طبیعی هر ۲۴ ساعت یک بار، در آون هر یک ساعت یک بار و در مایکروویو هر ۲ دقیقه یک بار تا رسیدن وزن آن‌ها به ۰/۱۰ درصد بر پایهٔ وزن خشک[1] یا ۱۰ درصد بر پایهٔ وزن تر ادامه یافت (Soysal, 2004).

اندازه‌گیری عوامل فیتوشیمیایی

ابتدا برای اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی، مقدار کل ترکیبات فنولی و فلاونوئیدها، از نمونه‌های خشک‌شدهٔ عصاره‌های متانولی با استفاده از متانول خالص در دمای اتاق تهیه شد (Cetkovic *et al*., 2003). سپس فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌ها از طریق اندازه‌گیری کاهش ظرفیت رادیکالی (RSC)[2] ۲،۲-دی فنیل-۱-پیکریل هیدرازیل (DPPH)[3] بررسی شد (Bigham *et al*., 2003) و مقدار فعالیت آنتی‌اکسیدانی برحسب IC50 (میکروگرم عصاره بر میلی‌لیتر DPPH) گزارش شد. جذب محلول‌های حاصل و شاهد (حاوی کلیهٔ مواد غیر از نمونه) در طول موج ۵۱۷ نانومتر توسط دستگاه میکرو پلیت ریدر[4] قرائت شد و درصد کاهش ظرفیت رادیکالی از رابطهٔ ۳ محاسبه شد.

$$RSC\ (\%) = ۱۰۰ \times \left(\frac{A_{blank} - A_{sample}}{A_{blank}} \right) \quad (۳)$$

در این فرمول A_{blank} و A_{sample} به‌ترتیب میزان جذب شاهد و نمونه است.

مقدار کل ترکیبات فنولی با استفاده از روش فولین-سیکالتو[5] اندازه‌گیری شد. برای تهیهٔ محلول استاندارد از مادهٔ گالیک اسید محلول‌های ۰، ۵، ۱۰۰، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر (حل‌شده در اتانول ۹۶ درصد) تهیه شد و جذب محلول در طول موج ۷۶۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر یو. وی. خوانده شد. سپس با استفاده از منحنی کالیبراسیون حاصل از استانداردهای گالیک اسید مقدار کل ترکیبات فنولی محاسبه و برحسب معادل میلی‌گرم گالیک اسید بر گرم عصارهٔ خشک گزارش شد (Xu *et al*., 2006). به‌منظور اندازه‌گیری مقدار کل فلاونوئیدهای موجود در گیاه حجم‌های مساوی از محلول ۲ درصد متانولی

1. Dry Base (db)
2. Radical Scavenging Capacity
3. Diphenylpicrylhydrazyl
4. Microplate reader (Elisa)
5. Folin-Ciocalteu

Archive of SID

www.SID.ir

آلومینیوم کلرید و محلول متانولی گیاه مخلوط‌شده و پس از ده دقیقه به هم خوردن، جذب محلول در ۴۲۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر یو. وی. خوانده شد. از فلاونوئید کوئرستین به‌منزلهٔ استاندارد استفاده شد و نتایج برحسب معادل میلی‌گرم کوئرستین بر گرم عصارهٔ خشک گزارش شد (Guerrero *et al*., 2006). برای استخراج ترکیبات کاروتنوئیدی، عصاره‌گیری توسط هگزان و استون انجام شد و پس از قرائت محلول نهایی توسط دستگاه اسپکتروفتومتر یو. وی. در ۴۵۵ نانومتر، درصد مقدار کل ترکیب‌های کاروتنوئیدی از رابطهٔ ۴ محاسبه شد (Raal *et al*., 2009).

$$TC(\%) = \frac{D \times 10^4 \times L}{241.25 \times M} \qquad (۴)$$

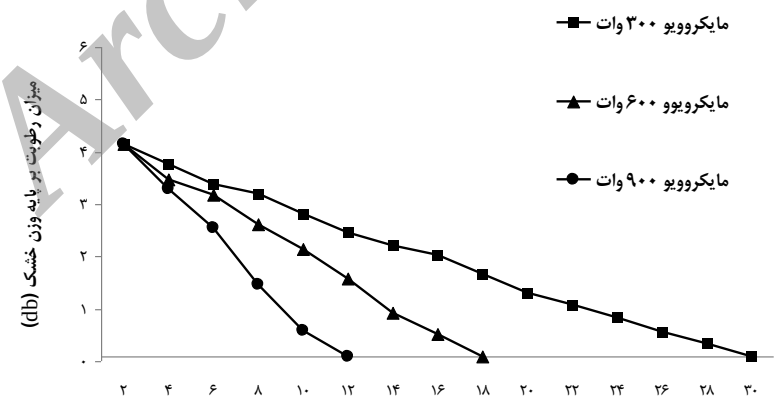
TC: مقدار کل ترکیبات کاروتنوئیدی (٪)، D: عدد قرائت اسپکتروفتومتر، L: نسبت رقیق‌شدن (۵) و M: وزن مادهٔ گیاهی (یک گرم).

داده‌های حاصل از آزمایش براساس طرح آماری استفاده‌شده، با استفاده از نرم‌افزار SAS Inst., ver 9.1, 2003 تجزیه و تحلیل شدند و مقایسهٔ میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت. رسم اشکال و برخی محاسبات با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام گرفت.

نتایج و بحث

محتوای رطوبتی گل‌ها

در شکل۱ روند خشک‌شدن و مدت زمان لازم برای رسیدن به محتوای رطوبتی ۰/۱۰ بر پایهٔ وزن خشک برای خشک‌کردن با توان‌های مختلف مایکروویو نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود افزایش توان‌های مایکروویو منجر به کاهش معنادار ($P\leq$۰/۰۵) زمان مورد نیاز برای رسیدن به محتوای رطوبتی ۰/۱۰ بر پایهٔ وزن خشک شده است. به‌طوری‌که این زمان از ۳۰ دقیقه در توان ۳۰۰ وات به ۱۲ دقیقه در توان ۹۰۰ وات رسید. محتوای رطوبتی نهایی گیاهان دارویی به‌منظور حصول استانداردهای کیفی و کنترل بار میکروبی و قارچی ۰/۱۰ بر پایهٔ وزن خشک و ۱۰ درصد بر پایهٔ وزن تر تعیین شده است. محتوای رطوبتی اولیهٔ گل‌های برداشت‌شده از منابع مختلف نهاده‌های آلی، بر مبنای وزن خشک ۴/۱۵ بر مبنای وزن خشک بود. فرایند خشک‌کردن با مایکروویو محتوای رطوبتی گل‌های همیشه‌بهار را از ۴/۱۵ به ۰/۱۰ بر پایهٔ وزن خشک کاهش داد و مدت زمان خشک‌شدن مربوط به تیمار مایکروویو برای توان‌های ۳۰۰ وات، ۶۰۰ وات و ۹۰۰ وات به‌ترتیب ۳۰، ۱۸ و ۱۲ دقیقه بود.



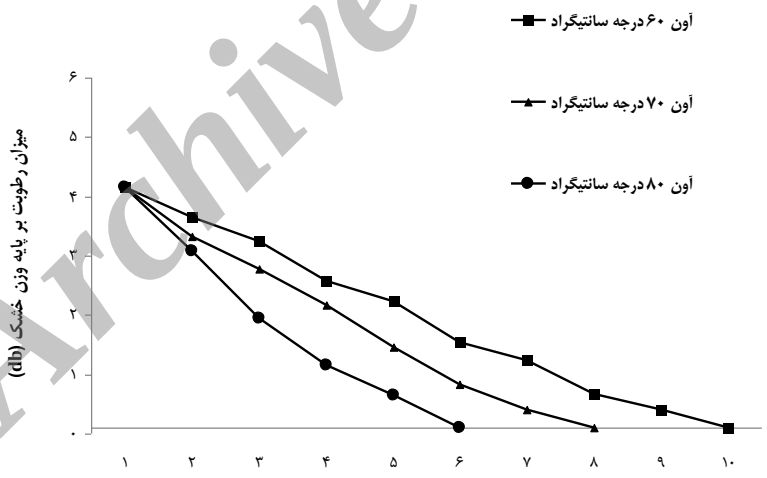
شکل ۱. روند کاهش رطوبت گل همیشه‌بهار در واکنش به توان‌های مختلف مایکروویو

کاهش محتوای رطوبت محصول از حد مجاز توصیه‌شده سبب تخریب مادهٔ گیاهی، خروج همهٔ آب قسمت‌های میانی اندام و درنهایت افت کیفی محصول می‌شود و خروج رطوبت بیشتر از این حد مستلزم صرف

Archive of SID

www.SID.ir

هزینه و انرژی بیشتر می‌شود. نتایج حاصل از این آزمایش بیانگر کاهش معنادار زمان خشک‌شدن درنتیجه افزایش توان مایکروویو بود. همچنین زمان خشک‌کردن در روش مایکروویو به‌خصوص توان ۹۰۰ وات در مقایسه با روش آون (با مدت زمان ۶ تا ۱۰ ساعت) کوتاه‌تر بود. نتایج مطالعات بررسی پارامترهای مؤثر در فرایند خشک‌کردن توسط امواج مایکروویو نشان می‌دهد چگونگی گرم‌شدن مادهٔ گیاهی در تیمار مایکروویو با سایر روش‌های متداول متفاوت است و حرارت داخل مادهٔ گیاهی بر اثر تکرار برخورد یون‌های قرارگرفته در میدان الکتریکی، ایجاد می‌شود. قرارگرفتن مولکول‌های آب در راستای میدان سبب ایجاد اصطکاک و درنتیجه تولید حرارت در محصول می‌شود و متعاقباً انرژی حرارتی توسط فرایند جابه‌جایی و هدایت به تمام قسمت‌های مادهٔ گیاهی منتقل می‌شود؛ درحالی‌که در سایر روش‌های متداول انرژی حرارتی از منبع حرارتی خارجی باید به مادهٔ گیاهی منتقل شود و انتشار یابد (Moosavian & Mohammadpoor, 2006). بنابراین، احتمالاً مکانیسم متفاوت انتشار حرارت در روش مایکروویو منجر به خشک‌شدن گیاه در این روش با زمان کوتاه‌تر شده است. در آزمایشی در گیاه مرزه (*Satureja thymbra* L.) ملاحظه شد که خشک‌کردن برگ‌های مرزه تا زمان رسیدن به محتوای رطوبتی ۰/۱۰ بر پایهٔ وزن خشک با روش مایکروویو تحت توان ۷۰۰ وات در مقایسه با آون در دمای ۵۰ درجهٔ سانتی‌گراد، زمان خشک‌کردن را ۸۴ برابر کاهش داد (Arslan & Ozcan, 2012). نتایج مشابهی نیز در گیاه جعفری (*Petroselinum crispum* Mill.) گزارش شده است (Soysal, 2004). براساس نمودار کاهش محتوای رطوبتی گل همیشه‌بهار در برابر زمان (شکل۲)، در روش خشک‌کردن با آون (که محتوای رطوبتی گل‌ها را از ۴/۱۵ به ۰/۱۰ بر پایهٔ وزن خشک کاهش داد)، فرایند خشک‌کردن با توجه به دماهای گوناگون، از ۶ تا ۱۰ ساعت متفاوت بود و افزایش دمای آون سبب افزایش شیب منحنی کاهش محتوای رطوبتی شد. همچنین با افزایش دما، زمان خشک‌کردن به‌صورت معناداری کاهش یافت ($P\leq ۰/۰۵$).



شکل ۲. روند کاهش رطوبت گل همیشه‌بهار در واکنش به دماهای مختلف آون

زمان خشک‌کردن در توان‌های ۶۰۰ و ۹۰۰ وات مایکروویو در مقایسه با دمای ۸۰ درجهٔ سانتی‌گراد آون به‌ترتیب ۲۰ و ۳۰ برابر کمتر بود. نتایج پژوهش‌ها در زمینهٔ مطالعهٔ سینتیک خشک‌کردن نشان می‌دهد زمان خشک‌شدن تابعی از میزان رطوبت گیاهی و دمای محیط است. بنابراین، چنانچه میزان رطوبت گیاهی کمتر باشد، گیاه سریع‌تر خشک می‌شود و از سوی دیگر دماهای بیشتر محیط، با تبخیر سریع‌تر رطوبت گیاه سبب تسریع این فرایند می‌شود (Alibas, 2007). ازآنجاکه رطوبت اولیه در نمونه‌ها تقریباً یکسان بود

Archive of SID

www.SID.ir

(۴/۱۵+۰/۳۳ بر مبنای وزن خشک)، به نظر می‌رسد اختلاف در زمان خشک‌کردن مربوط به اثر دما و انتقال حرارت در مادهٔ گیاهی درنتیجهٔ دماهای مختلف آون باشد. در همین زمینه نتایج مشابهی نیز بر روی گیاه دارویی *Orthosiphon staminiues* Benth. (از خانوادهٔ نعناعیان) گزارش شده است (Abdullah *et al*., 2011).

روند خشک‌شدن نمونه‌ها و کاهش رطوبت گل‌های همیشه‌بهار در روش طبیعی در شکل۳ نشان داده شده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود طولانی‌ترین زمان خشک‌شدن مربوط به روش طبیعی (۹۶ ساعت) و کوتاه‌ترین زمان (۱۲ دقیقه) مربوط به تیمار مایکروویو ۹۰۰ وات بود.

شکل ۳. روند کاهش رطوبت گل همیشه‌بهار در واکنش به خشک‌کردن به روش طبیعی

در یک پژوهش زمان خشک‌کردن گل‌های بابونه رقم بودگلد (*Matricaria recutita* cv. Bodegold) در سایه را ۱۲۰ ساعت گزارش کردند (Azizi *et al*., 2009). بررسی کیفیت، انرژی مورد نیاز و هزینهٔ مصرفی در فرایند خشک‌کردن ترخون (*Artemisia dracunculus* L.) نشان داد که کاهش زمان خشک‌کردن محصولات در کاهش هزینه‌های مربوط به مصرف انرژی برای خشک‌کردن از اهمیت زیادی برخوردار است (Arab Hosseini, 2005) که بر این اساس استفاده از این روش در مقایسه با مایکروویو و آون یا خشک‌کن الکتریکی، ممکن است از نقطه‌نظر اقتصادی چندان به‌صرفه نباشد، اما نتایج برخی مطالعات مزایای این روش را در حفظ کیفیت و مواد مؤثرهٔ گیاه می‌دانند (Ahmadi *et al*., 2008).

فعالیت آنتی‌اکسیدانی

نتایج تجزیهٔ واریانس صفات اندازه‌گیری شده در جدول۱ نشان داده شده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود نهاده‌های آلی به‌منزلهٔ منبع تغذیه تأثیر معناداری بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه نداشتند ($P>0/05$)؛ درحالی‌که اثر سادهٔ روش‌های مختلف خشک‌کردن ($P\leq0/01$) و اثر متقابل منبع تغذیه و روش‌های خشک‌کردن بر این صفت معنادار شد ($P\leq0/05$) (جدول۱).

جدول ۱. تجزیهٔ واریانس روش خشک‌کردن و منبع تغذیه بر خصوصیات فیتوشیمیایی گیاه همیشه‌بهار

منبع تغییر	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات			
		فعالیت آنتی‌اکسیدانی	ترکیبات فنولی کل	فلاونوئید کل	کاروتنوئید کل
تکرار	۲	۱۵/۹۹	۵/۰۳	۳/۸۰	۰/۳۱
روش خشک‌کردن	۶	۷۴۱/۵۱ **	۶۳۸/۱۸ **	۱۶۲/۵۳ **	۱۳/۴۹ **
منبع تغذیه	۴	۲۹/۰۳ n.s	۷/۷۴ n.s	۱۵/۱۷ *	۰/۳۱ n.s
روش خشک‌کردن × منبع تغذیه	۲۴	۲۲/۷۱ *	۰/۲۹ n.s	۳/۱۲ n.s	۰/۱۳ n.s
خطای آزمایش	۶۸	۱۲/۶۹	۳/۴۶	۶/۰۵	۰/۱۳

* و ** و n.s به‌ترتیب معنادار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد و وجودنداشتن اختلاف معنادار هستند.

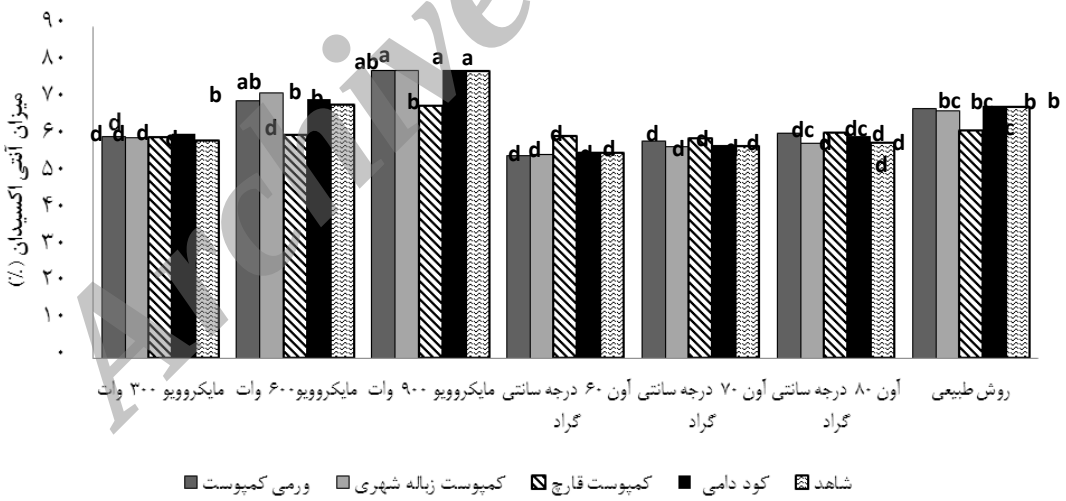
Archive of SID

www.SID.ir

بر اثر متقابل منبع تغذیه و روش‌های خشک‌کردن بیشترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی از تیمار اثر متقابل ورمی‌کمپوست و مایکروویو ۹۰۰ وات حاصل شد و اختلاف معنادار میان این تیمار با تیمارهای اثر متقابل کمپوست زبالهٔ شهری، کود دامی و شاهد با مایکروویو ۹۰۰ وات مشاهده نشد. کمترین مقدار فعالیت آنتی‌اکسیدانی مربوط به تیمار اثر متقابل ورمی‌کمپوست و آون ۶۰ درجهٔ سانتی‌گراد وجود داشت (شکل۴). گیاهان منبع ضروری آنتی‌اکسیدان‌ها هستند و فعالیت آنتی‌اکسیدانی این ترکیبات عمدتاً ناشی از ویژگی‌های اکسایش- کاهش و ساختار شیمیایی آن‌هاست که می‌توانند نقش مهمی در خنثی‌کردن رادیکال‌های آزاد، فرونشاندن مولکول‌های اکسیژن یگانه و سه‌گانه از طریق تغییر مکان یا تجزیهٔ پراکسیدها داشته باشند (Pourmorad *et al*., 2008).

عوامل متعددی می‌توانند بر میزان آنتی‌اکسیدان‌ها و فعالیت آنتی‌اکسیدانی تأثیرگذار باشند. بنابراین، پژوهش‌های بیشتری نیاز است تا اهمیت نسبی هر یک از عوامل تعیین و دسته‌بندی شود (Galvez *et al*., 2005). در مقایسهٔ اثر نظام کشت کم نهاده و رایج در تولید فلفل (*Capsicum annum* L.) عنوان شد که کاربرد نهاده‌های آلی بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی این گیاه به روش DPPH تأثیر معنادار نداشته است و استفاده از روش‌های دیگر برای سنجش فعالیت این ترکیبات توصیه شد (Flores *et al*., 2009).

نتایج پژوهش بر روی مارچوبه (*Asparagus racemosus*) بیانگر تأثیر معنادار ورمی‌کمپوست بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی این گیاه است (Saikia & Upadhyaya, 2011) و نتایج مشابهی نیز در کاربرد کود دامی، کمپوست و ورمی‌کمپوست بر روی گیاه *Andrographis paniculata* گیاه دارویی بومی آسیای شرقی به دست آمده است (Upadhyaya *et al*., 2011). از این‌رو به‌رغم محدودیت در مطالعات موجود و نیاز برای پژوهش‌های بیشتر، شواهد موجود این امید را که حرکت به سوی کشاورزی ارگانیک کیفیت و ازجمله میزان آنتی‌اکسیدان را در بسیاری از مواد غذایی و گیاهی افزایش خواهد داد، تقویت می‌کند.



شکل ۴. اثر متقابل منبع تغذیه و روش‌های مختلف خشک‌کردن بر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه همیشه‌بهار

براساس شواهد موجود به نظر می‌رسد نهاده‌های آلی به افزایش ترکیبات آنتی‌اکسیدانی گل‌های همیشه‌بهار منجر شده و تیمار مایکروویو ۹۰۰ وات نیز سبب استخراج مطلوب این ترکیبات در فرایند خشک‌کردن شده است.

نتایج نشان داد تیمار مایکروویو ۹۰۰ وات از نظر افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی نسبت به سایر تیمارها برتری داشته است (شکل۴). به نظر می‌رسد فرایند خشک‌کردن سبب تخلیهٔ ترکیبات آنتی‌اکسیدانی از مواد گیاهی شده و تیمار مایکروویو با توان بالا با تغییر یا تخریب در ساختار داخلی غشاها منجر به آزادشدن این ترکیبات شده است. چنانکه افزایش معنادار فعالیت

Archive of SID

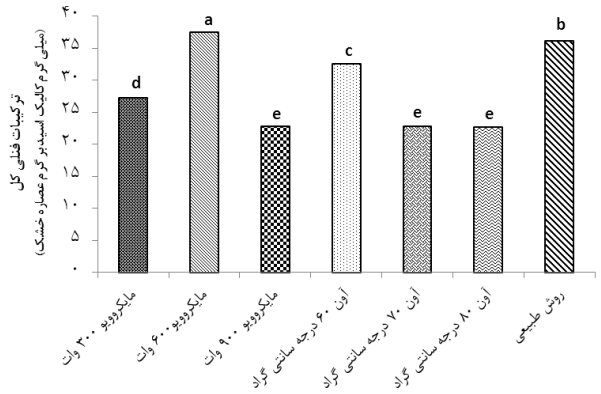
www.SID.ir

آنتی‌اکسیدانی آویشن (*Thymus vulgaris* L.)، رزماری (*Rosmarinus officinalis* L.)، مریم گلی (*Salvia officinalis* L.)، ریحان (*Ocimum basilicum* L.) و مرزنجوش بستانی (*Origanum majorana* L.) پس از خشک‌شدن نسبت به شاهد (نمونه‌های تازه) گزارش شده است (Hossain *et al*., 2010). نتایج پژوهش Ponmari *et al.* (2011) در مقایسهٔ اثر تیمارهای مایکروویو، سایه و آفتاب بر روی گیاه *Cardiospermum halicacabum* L.، بیانگر افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی در تیمار مایکروویو ۹۰۰ وات و سایه بود. آنان اظهار داشتند که ایجاد حرارت درون مادهٔ گیاهی در تیمار مایکروویو به‌دلیل وجود میدان الکتریکی، سبب ایجاد شرایط مساعد برای آزادسازی ترکیبات درون‌سلولی شده و از سویی دیگر زمان طولانی در روش طبیعی نه‌تنها فرصتی برای رهاشدن ترکیبات دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی فراهم کرده، بلکه با ایجاد یک روند کند برای خشک‌شدن سبب حفظ این ترکیبات شده است. در همین زمینه نتایج مشابهی نیز از بررسی فعالیت آنتی‌اکسیدانی برخی گیاهان ادویه‌ای شامل ریحان، دارچین (*Cinnamomum verum*)، آویشن و میخک (*Syzygium aromaticum*) تحت‌تأثیر تیمارهای حرارتی وجود دارد (Tomaino *et al*., 2005). عنوان شده است دماهای بالا سبب کاهش آنزیم‌ها به‌ویژه کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی می‌شود (Katsube *et al*., 2009). از این‌رو احتمالاً کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی در دماهای ۷۰ و ۸۰ درجهٔ سانتی‌گراد آون به‌دلیل تأثیر دما بر عملکرد آنزیم‌ها و کاهش آنزیم‌ها بوده است.

مقدار کل ترکیبات فنولی

براساس نتایج تجزیهٔ واریانس (جدول۱)، اثر نهاده‌های آلی به‌منزلهٔ منبع تغذیه تأثیر معنادار بر مقدار کل ترکیبات فنولی نداشت (P>۰/۰۵) اما محتوای فنولی کل گیاه به‌طور معناداری تحت‌تأثیر روش‌های خشک‌کردن قرار گرفت (P≤۰/۰۱). بیشترین و کمترین مقدار کل ترکیبات فنولی، به‌ترتیب از تیمار مایکروویو ۶۰۰ وات و آون ۸۰ درجهٔ سانتی‌گراد حاصل شد. هرچند تیمار مایکروویو ۹۰۰ وات در حصول کمترین مقدار این صفت با آون ۸۰ درجهٔ سانتی‌گراد اختلاف معنادار نداشت. روش طبیعی خشک‌کردن در ردهٔ بعدی پس از مایکروویو ۶۰۰ وات، به بهبود محتوای فنولی کل منجر شد (شکل۵). اثر متقابل منبع تغذیه و روش‌های خشک‌کردن نیز بر مقدار ترکیبات فنولی تأثیر معناداری نداشت (P>۰/۰۵).

ترکیبات فنولی گروه بزرگی از متابولیت‌های ثانویهٔ گیاهی بوده است که غالباً فعالیت آنتی‌اکسیدانی دارند. این ترکیبات جزء آنتی‌اکسیدان‌های غیرآنزیمی آب‌دوست محسوب می‌شوند و خواص ارزشمند ضد میکروبی، ضد ویروس، ضد جهش و ضد سرطان دارند (Podsędek, 2007). بررسی مسیر شیکیمات به عنوان مسیر اصلی بیوسنتز ترکیبات فنولی، مبین این مطلب است که مسیرهای متابولیکی اولیه و ثانویه در گیاه با هم ارتباط دارند؛ چنانکه کربوهیدرات حاصل از متابولیسم اولیه گیاه به عنوان پیش‌مادهٔ سنتز اریتروز-۴- فسفات با تولید شیکمیک اسید به آغاز مسیر شیکیمات منجر می‌شود (Dewick, 2009).



شکل ۵. میزان ترکیبات فنولی کل در گیاه همیشه‌بهار تحت‌تأثیر روش‌های مختلف خشک‌کردن

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج بررسی اثر کودهای آلی بر مقدار ترکیبات فنولی کل و خاصیت آنتی‌اکسیدانی برخی گیاهان دارویی بیانگر آن است که فراهمی مطلوب عناصر غذایی برای گیاه با فراهم‌کردن مواد آلی در خاک در بهبود این صفات اثرگذار است (Khalil *et al*., 2007). پژوهشگران دیگری نیز شرایط رشد و پرورش گیاه را در سنتز متابولیت‌های ثانویهٔ گیاهی دخیل می‌دانند (Upadhyaya *et al*., 2011). لیکن درخصوص گیاه همیشه‌بهار، Krol (2011) با بررسی مقدار ترکیبات فنولی کل گل‌های همیشه‌بهار تحت‌تأثیر تیمارهای مختلف کودی، اثر تیمارهای مختلف کود را بر محتوای فنولی کل گیاه معنادار گزارش نکرد که با نتایج آزمایش حاضر مطابقت دارد. شایان ذکر است که اندازه‌گیری این ترکیبات با روش‌های دقیق‌تر احتمالاً تأثیر تیمارهای مختلف تغذیهٔ گیاه را بر این ترکیبات روشن خواهد ساخت؛ چنانکه نتیجه‌گیری کلی برخی پژوهش‌ها اندازه‌گیری با روش دقیق‌تر را توصیه می‌کنند (Sabalani *et al*., 2006 Zhou *et al*., 2011;).

گزارش‌های علمی گوناگون در زمینهٔ اثر روش‌های مختلف خشک‌کردن بر محتوای فنولی گیاهان، طیف گسترده‌ای از نتایج شامل کاهش (Chan *et al*., 2009)، افزایش (Hayat *et al*., 2010) و یا عدم تغییر معنادار (Abdullah *et al*., 2011,) این ترکیبات را نشان می‌دهد. آنالیز کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا[1] ترکیبات فنولی پس از فرایند خشک‌کردن نشان داد که افزایش یا کاهش محتوای فنولی به اجزای تشکیل‌دهندهٔ این ترکیبات مانند ترکیبات فنولی آزاد، باند استری و باند گلیکوزیدی که نسبت به روش‌های مختلف خشک‌کردن، بازدارندگی و واکنش‌های متفاوتی دارند، بستگی دارد. به عنوان مثال ترکیبات فنولی در حال پیوند به‌صورت استری یا گلیکوزیدی در واکنش به افزایش توان مایکروویو ۱۲۵ وات به ۲۵۰ وات، به‌دلیل شکستن ساختار این ترکیبات کاهش پیدا کردند؛ هرچند محتوای فنولی کل به‌دلیل تعادل میان ترکیبات فنولی باند و آزاد، با وجود افزایش، دچار تغییر معنادار نشد (Hayat *et al*., 2010).

در بررسی روش‌های خشک‌کردن برای حفظ ترکیبات فنولی چای سبز (*Camellia sinensis*)، عنوان شد مقدار ترکیبات فنولی کل در تیمار مایکروویو در مقایسه با آون افزایش یافت که احتمال داده شد ناشی از غیرفعال شدن آنزیم‌ها در تیمار با مایکروویو باشد (Huang *et al*., 2007). درنتیجه به نظر می‌رسد که تیمار مایکروویو ۶۰۰ وات استخراج ترکیبات فنولی از بافت گیاه را بهبود بخشیده و با کاهش زمان خشک‌کردن سبب حفظ این ترکیبات شده است. از سوی دیگر گزارش‌های برخی پژوهشگران بیانگر تأثیر مثبت حرارت و تیمار آون بر محتوای فنولی مادهٔ گیاهی است؛ به‌طوری‌که تشکیل ترکیبات فنولی را در دمای بالا (۹۰ درجهٔ سانتی‌گراد) به‌دلیل فراهمی پیش‌سازهای ترکیبات فنولی به همراه تبادلات غیرآنزیمی بین مولکول‌ها، گزارش می‌کنند (Hossain *et al*., 2010). درحالی‌که مطالعهٔ حاضر برخلاف این گزارش‌ها کمترین مقدار ترکیبات فنولی کل را در تیمار آون ۸۰ درجهٔ سانتی‌گراد بیان می‌کند. احتمالاً تیمار حرارتی آون سبب ایجاد واکنش‌های تخریب در این ترکیبات گیاهی شده است چراکه در مدت زمان بیشتری (۶ ساعت) نسبت به تیمار مایکروویو ۶۰۰ وات (۱۸ دقیقه) فرصت لازم برای انجام واکنش‌های اکسیداسیون ترکیبات فنولی وجود داشته است. گرچه شاید افزایش دمای آون بیش از ۸۰ درجهٔ سانتی‌گراد و مدت زمان کوتاه‌تر منجر به مطابقت نتایج موجود با گزارش‌های گذشته در این راستا شود. همچنین براساس نتایج موجود، تیمار خشک‌کردن به روش طبیعی نیز پس از مایکروویو ۶۰۰ وات سبب بهبود محتوای فنولی کل شد. نتایج مشابهی مبنی بر افزایش این صفت در خشک‌کردن به روش طبیعی در برخی مطالعات نیز وجود دارد (Hossain *et al*., 2010).

مقدار کل فلاونوئیدها

براساس نتایج جدول۱، مقدار کل فلاونوئیدها به‌طور معناداری تحت‌تأثیر منبع تغذیه قرار گرفت ($P\leq ۰/۰۵$). استفاده از کود دامی و ورمی‌کمپوست منجر به افزایش مقدار کل فلاونوئیدها شدند که اختلاف معناداری با کمپوست قارچ با کمترین میزان تولید فلاونوئیدهای کل نشان دادند (شکل۶).

1. HPLC

Archive of SID

www.SID.ir

فلاونوئیدها گروهی از مشتقات ترکیبات فنولی هستند که از پیش‌ساخت‌های شیکیمات، استات و ترکیبات چالکن تولید می‌شوند (Crozier *et al.*, 2006). با توجه نقش مثبت ورمی‌کمپوست و کود دامی در فراهمی مطلوب عناصر غذایی و افزایش قابلیت جذب ماکرو مولکول‌هایی مانند کربن و نیتروژن، به نظر می‌رسد با تأثیر مثبت بر مسیرهای متابولیکی اولیهٔ گیاه، به‌صورت غیرمستقیم بر تولید متابولیت‌های ثانویه مانند فلاونوئیدها تأثیرگذار بوده‌اند. نتایج مشابهی مبنی بر افزایش معنادار فلاونوئیدها بر اثر کاربرد ورمی‌کمپوست و کود دامی در گیاه مارچوبه به‌دلیل نقش مثبت این نهاده‌ها در افزایش مواد آلی و فراهمی عناصر غذایی به‌ویژه کربن و نیتروژن گزارش شده است (Saikia & Upadhyaya, 2011). همچنین تیمارهای خشک‌کردن به‌طور معناداری مقدار کل فلاونوئیدها را تحت‌تأثیر قرار داد ($P\leq ۰/۰۵$) درحالی‌که اثر متقابل منبع تغذیه و روش‌های خشک‌کردن بر مقدار فلاونوئید کل معنادار نبود ($P>۰/۰۵$). بیشترین و کمترین مقدار فلاونوئید در تیمار مایکروویو ۳۰۰ وات و آون ۶۰ درجهٔ سانتی‌گراد حاصل شد. هرچند روش طبیعی با تیمار مایکروویو ۳۰۰ وات در افزایش این صفت اختلاف معنادار نداشت. تیمار آون ۸۰ درجهٔ سانتی‌گراد نیز پس از مایکروویو ۳۰۰ وات سبب بهبود مقدار فلاونوئید کل شد (شکل۷). بررسی اثر توان‌های مختلف مایکروویو در زمان‌های متفاوت بر روی کلمانتین (*Citrus reticulata*) نشان داد که مقدار ترکیبات فلاونوئیدی طی افزایش توان مایکروویو از ۱۲۵ وات در ۵ دقیقه تا ۲۵۰ وات در ۱۰ دقیقه افزایش یافت اما افزایش توان مایکروویو به ۵۰۰ وات و افزایش زمان به ۱۵ دقیقه منجر به کاهش شدید این مقدار شد و دلیل این امر، تأثیر مخرب امواج الکترومغناطیسی مایکروویو بر ساختار فلاونوئید عنوان شد (Hayat *et al.*, 2010).

شکل ۶. تأثیر نهاده‌های آلی بر میزان فلاونوئید کل در گیاه همیشه‌بهار

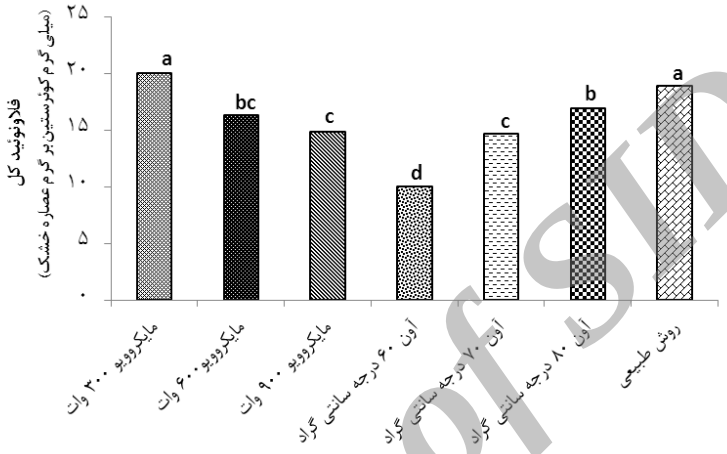
امواج الکترومغناطیسی مایکروویو با دو مکانیسم پلاریزاسیون یونی و چرخش دوقطبی سبب ایجاد گرما در مادهٔ گیاهی می‌شوند. ایجاد حرارت از طریق پلاریزاسیون یونی شامل حرکت یون‌های مثبت و منفی به سمت بار مخالف و تکرار تصادم یون‌هاست. چرخش دوقطبی نیز وابسته به وجود مولکول‌های قطبی مانند مولکول آب که با داشتن دو گروه هیدروکسیل یک ساختار قطبی دارد، است (Haghi & Amanifard, 2008). بنابراین، فلاونوئیدها با داشتن چنین ساختاری و گروه‌های هیدروکسیل، نسبت به میدان الکترومغناطیسی ایجادشده در مایکروویو حساس به نظر می‌رسند و احتمالاً توان‌های بالای مایکروویو شامل ۶۰۰ و ۹۰۰ وات سبب تخریب این ساختار و کاهش مقدار فلاونوئیدهای کل می‌شوند. بنابراین، می‌توان به این نتیجه رسید که افزایش مقدار فلاونوئید کل در تیمار آون ۸۰ درجهٔ سانتی‌گراد پس از مایکروویو ۳۰۰ وات به‌دلیل غیرفعال شدن آنزیم‌های مؤثر در تجزیه و تخریب فلاونوئیدها بوده

Archive of SID

www.SID.ir

است، چنانکه آون ۶۰ درجهٔ سانتی‌گراد نیز به‌دلیل فراهم‌کردن دمای مطلوب برای فعالیت این آنزیم‌ها کمترین میزان فلاونوئید در بین تیمارها را دارد. این موضوع در نتایج پژوهشی در رابطه با کوئرستین نیز قابل مشاهده است (Rohn *et al*., 2007).

نتایج به‌دست‌آمده همچنین نشان داد که روش طبیعی با مایکروویو ۳۰۰ وات در حصول بیشترین مقدار فلاونوئیدهای کل اختلاف معنادار نداشت. احتمالاً افزایش فلاونوئیدها در این تیمار نسبت به سایر تیمارها مربوط به حفظ این ترکیبات به‌صورت طبیعی به‌دلیل آهنگ کند خشک‌شدن و عدم تخریب و شکستن بافت گیاهی است و می‌تواند در ارتباط با محتوای فلاونوئید اولیه در گیاه باشد. نتایج مشابهی نیز در مورد فلاونوئیدهای چای سبز گزارش شده است (Wang *et al*., 2000).



شکل ۷. میزان فلاونوئید کل در گیاه همیشه‌بهار تحت‌تأثیر روش‌های مختلف خشک‌کردن

مقدار کل ترکیب‌های کاروتنوئیدی

نتایج تجزیهٔ واریانس (جدول۱) بیانگر آن است که اثر منبع تغذیه بر مقدار کل ترکیب‌های کاروتنوئیدی معنادار نبود ($P>0/05$) گرچه مقدار این ترکیب‌ها به‌طور معناداری تحت‌تأثیر تیمارهای روش خشک‌کردن قرار گرفت ($P\leq0/01$) و بیشترین و کمترین میزان ترکیب‌های کاروتنوئیدی کل به‌ترتیب از تیمارهای مایکروویو ۹۰۰ وات و آون ۶۰ درجهٔ سانتی‌گراد به دست آمد. شایان ذکر است که بین تیمار مایکروویو ۶۰۰ وات و مایکروویو ۹۰۰ وات در افزایش این صفت اختلاف معنادار مشاهده نشد. به‌طور مشابهی تیمار آون ۷۰ و ۸۰ درجهٔ سانتی‌گراد نیز در حصول کمترین میزان کاروتنوئید با آون ۶۰ درجهٔ سانتی‌گراد اختلاف معنادار نداشتند همچنین روش طبیعی در افزایش این صفت پس از مایکروویو ۹۰۰ وات از نظر آماری در ردهٔ بعدی قرار گرفت (شکل۸).

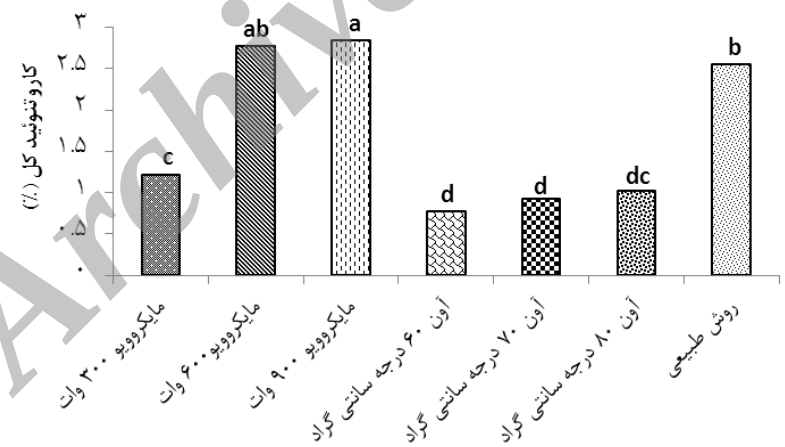
گل‌های همیشه‌بهار طیف متنوعی از ترکیب‌های کاروتنوئیدی شامل بتاکاروتن، لیکوپن، فلاووگزانتین، لوتئین و غیره دارند (Raal *et al*., 2009). گیاه همیشه‌بهار به‌منزلهٔ منبع ارزشمند ترکیب‌های کاروتنوئیدی، یکی از گزینه‌های مطرح برای جایگزینی رنگ‌های شیمیایی به‌منظور تولید رنگ‌های طبیعی و دوستدار محیط زیست است (Guinot *et al*., 2008). از این‌رو اطلاع از عوامل تأثیرگذار بر میزان این ترکیبات و افزایش یا حفظ آن از اهمیت بسزایی برخوردار است. به‌رغم اثر مثبت کودهای زیستی بر روی فلفل در جهت افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی ازجمله کاروتنوئید (Berova *et al*., 2010)، نتایج این آزمایش نشان‌دهندهٔ تأثیر معنادار نهاده‌های آلی بر میزان کاروتنوئید گل همیشه‌بهار نبود. در صورتی که روش‌های خشک‌کردن در حفظ و یا افزایش کاروتنوئیدها تأثیرگذار بوده است. نتایج متفاوتی در رابطه با اثر تیمارهای مایکروویو و آون بر مقدار ترکیبات کاروتنوئیدی کل ارائه شده است به‌طوری‌که براساس نتایج یک پژوهش، تیمار آون ۶۰ و ۸۰ درجهٔ سانتی‌گراد و مایکروویو ۵۲۸ و ۸۰۰ وات در مقدار لوتئین، بتاکاروتن و کاروتنوئید کل ازگیل ژاپنی

Archive of SID

www.SID.ir

(*Eriobotrya japonica* Lindl.) اختلاف معنادار نداشتند و تیمار انجماد سخت سبب حفظ کاروتنوئیدها به بهترین نحو ممکن شد (Topuz *et al*., 2011). درحالی‌که در مطالعه‌ای دیگر درخصوص پایداری کاروتنوئیدهای گشنیز در تیمارهای مختلف آون و مایکروویو، بیشترین میزان کاروتنوئید کل در تیمار ۸۵۰ وات مایکروویو به دست آمد و تیمار آون سبب تخریب این ترکیبات شد به‌طوری‌که کمترین میزان کاروتنوئید کل در تیمار آون ۴۵ درجهٔ سانتی‌گراد حاصل شد و دلیل برتری بالاترین توان مایکروویو در این پژوهش، بهبود استخراج ترکیب‌های کاروتنوئیدی از سلول و رهاشدن این ترکیبات از حالت پیوندشده با دیگر رنگدانه‌های گیاهی عنوان شد (Divya *et al*., 2012). بنابراین، به نظر می‌رسد افزایش کاروتنوئیدها در تیمار مایکروویو ۹۰۰ وات، به‌دلیل اثر مثبت امواج مایکروویو بر آزادسازی این ترکیبات از طریق گسستن پیوندهای این ترکیبات با غشا یا سایر رنگدانه‌ها باشد. در رابطه با تیمارهای حرارتی آون نیز نتایج مطالعهٔ حاضر بیانگر عدم تفاوت معنادار سه دمای آون در حصول کمترین میزان کاروتنوئید کل است که احتمالاً به‌دلیل نقش مخرب حرارت در تخریب ساختار کاروتنوئیدها و تجزیهٔ این مواد است.

تیمار خشک‌کردن به روش طبیعی نیز پس از تیمار مایکروویو منجر به افزایش ترکیبات کاروتنوئیدی کل شد (شکل۸). نتایج حاصل از مقایسهٔ روش‌های مختلف خشک‌کردن در گیاه فلفل، بیانگر برتری روش خشک‌شدن در دمای اتاق در حصول بیشترین مقدار رنگدانه‌های کاروتنوئیدی شامل کپسانتین،کپسولوتئین، زآگزانتین، بتاکریپتوگزانتین و بتاکاروتن بود (Sabalani *et al*., 2006). با وجود حساسیت بالای ترکیبات کاروتنوئید نسبت به حرارت، به نظر می‌رسد که برتری روش طبیعی پس از مایکروویو ۹۰۰ وات می‌تواند در ارتباط با حفظ این ترکیبات باشد. هرچند شواهدی مبنی بر سنتز مجدد کاروتنوئیدها پس از خشک‌شدن وجود دارد که کاروتنوئیدهای زرد و ترکیبات ساده کاروتنوئیدی را به‌منزلهٔ پیش‌ترکیب معرفی کرده است که با تغییر و تبدیل این ترکیبات، رنگدانه کاروتنوئیدی جدیدی ایجاد می‌کند (Topuz *et al*., 2011).



شکل ۸. میزان کاروتنوئید کل در گیاه همیشه‌بهار تحت‌تأثیر روش‌های مختلف خشک‌کردن

روابط همبستگی بین خصوصیات فیتوشیمیایی مطالعه‌شده

ضرایب همبستگی بین خصوصیات فیتوشیمیایی بررسی‌شده در جدول۲ نشان داده شده است. براساس نتایج موجود، در میان خصوصیات مطالعه‌شده، مقدار کاروتنوئید کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی، از بیشترین همبستگی مثبت و معنادار برخوردار بودند ($P\leq ۰/۰۱$) به‌طوری‌که تغییرات فعالیت آنتی‌اکسیدانی از روندی همسو با مقدار کاروتنوئید کل برخوردار بود ($r = ۰/۸۴$). همچنین طبق نتایج به‌دست‌آمده همبستگی مثبت و معناداری میان فلاونوئید کل و خاصیت آنتی‌اکسیدانی نیز مشاهده شد ($P\leq ۰/۰۵$).

Archive of SID

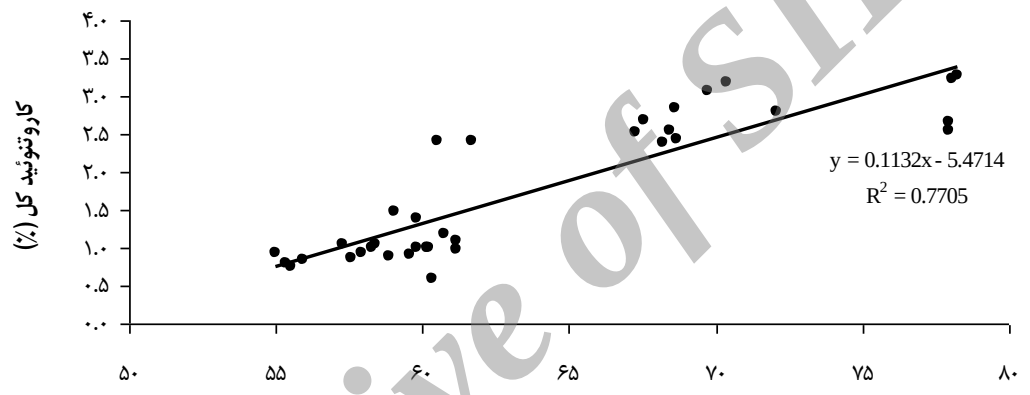
www.SID.ir

جدول۲. ضرایب همبستگی خصوصیات فیتوشیمیایی مطالعه‌شده در گیاه همیشه‌بهار تحت‌تأثیر نهاده‌های آلی

	ترکیبات فنولی کل	فعالیت آنتی‌اکسیدانی	فلاونوئید کل	کاروتنوئید کل
ترکیبات فنولی کل	۱			
فعالیت آنتی‌اکسیدانی	۰/۱۲ n.s	۱		
فلاونوئید کل	۰/۰۴ n.s	۰/۲۴ *	۱	
کاروتنوئید کل	۰/۳۸ **	۰/۸۴ **	۰/۲۶ **	۱

*، ** و n.s به‌ترتیب معنادار در سطح احتمال ۵ درصد، ۱ درصد و عدم معناداری هستند.

به‌رغم تصور موجود مبنی بر این که خاصیت آنتی‌اکسیدانی اغلب ناشی از حضور ترکیبات فنولی است، نتایج بررسی روابط همبستگی در این پژوهش هیچ‌گونه رابطهٔ همبستگی بین ترکیبات فنولی و خاصیت آنتی‌اکسیدانی نشان نداد($P>0/05$). درحالی‌که همبستگی بالای ترکیب‌های کاروتنوئیدی با فعالیت آنتی‌اکسیدانی نشان داد ۷۷ درصد از تغییرات فعالیت آنتی‌اکسیدانی توسط مقدار کاروتنوئید کل قابل تبیین است (شکل۹).



شکل ۹. رابطهٔ رگرسیونی مقدار کاروتنوئید کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصارهٔ در گل همیشه‌بهار

بر این اساس به نظر می‌رسد که ترکیبات کاروتنوئیدی و پس از آن فلاونوئیدها در گل همیشه‌بهار می‌توانند مسئول فعالیت آنتی‌اکسیدانی در عصاره‌های استخراج‌شده از این گیاه باشند. نتایج مشابهی در این خصوص، از بررسی روابط همبستگی بین فعالیت آنتی‌اکسیدانی، ترکیبات فنولی و کاروتنوئیدها در گونه‌ای از گل راعی (*Hipericum foliosum*) گزارش شده است (Rainha *et al.*, 2011). روابط همبستگی بین ترکیبات فنولی و فلاونوئیدها با ترکیبات کاروتنوئیدی نیز بیانگر همبستگی مثبت و معنادار بین این صفات است ($P\leq0/01$) (جدول۲) که احتمالاً به‌دلیل وجود بلوک‌های ساختار مشترک در ساختار شیمیایی این ترکیبات است.

نتیجه‌گیری کلی

براساس یافته‌های مطالعهٔ حاضر، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که علاوه بر اهمیت شرایط کشت و پرورش در دستیابی به بیشترین عملکرد گیاهی و مادهٔ مؤثره، فرایندهای پس از برداشت نیز نقش بسزایی در حفظ و افزایش متابولیت‌های ثانویهٔ گیاهان دارویی ایفا می‌کنند. مایکروویو ۶۰۰ وات در میان سایر تیمارها از بیشترین محتوای فنولی برخوردار بود درحالی‌که در فعالیت آنتی‌اکسیدانی و فلاونوئید کل در ردهٔ دوم قرار گرفت. با اینکه فلاونوئیدها جزئی از ترکیبات فنولی هستند، اما برخلاف آنچه مورد انتظار است روند افزایش و کاهش این ترکیبات جریانی مطابق با یکدیگر نداشت. گرچه بیشترین فنول‌ها در تیمار مایکروویو ۶۰۰ وات

Archive of SID

www.SID.ir

حاصل شد، همین تیمار منجر به بیشترین مقدار فلاونوئیدها نشد و مایکروویو ۳۰۰ وات در تولید بیشترین فلاونوئید در مقایسه با این تیمار برتری نشان داد. به نظر می‌رسد این ناهمگونی در میزان ترکیباتی با منشأ مشترک، با فعل و انفعالات آنزیمی دخیل در اکسیداسیون این ترکیبات درون سلول‌ها در ارتباط باشد.

درخصوص ترکیبات کاروتنوئیدی نیز نتایج به‌روشنی نشان داد که تیمار مایکروویو در مقایسه با آون از عملکرد بهتری در زمینهٔ استخراج بهینه و حفظ کاروتنوئیدهای همیشه‌بهار داشته است. ازآنجاکه ترکیب‌های کاروتنوئیدی از جمله ترکیبات با خاصیت آنتی‌اکسیدانی هستند، حصول بیشترین ترکیب‌های کاروتنوئیدی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در تیمار مایکروویو ۹۰۰ وات می‌تواند مبین این مطلب باشد که فعالیت آنتی‌اکسیدانی در گل همیشه‌بهار همبستگی بیشتری با ترکیب‌های کاروتنوئیدی نسبت به ترکیب‌های فنولی و فلاونوئیدها نشان می‌دهد. روش طبیعی نیز بیشترین میزان این صفات را پس از تیمارهای مختلف مایکروویو حاصل کرد. ارجحیت نسبی روش طبیعی دلیل بهره‌گیری از این روش را در طول سالیان متمادی روشن می‌سازد. اما امروزه با توجه به بحث بهینه‌سازی مصرف انرژی و هزینه‌های تولید و صرفه‌جویی در زمان، ضرورت استفاده از راهبردهای علمی و عملی در راستای صرفه‌جویی انرژی و هزینه و افزایش کارایی تولید بیش از پیش آشکار می‌شود. چنانچه استفاده از روشی بر مبنای مصرف بهینهٔ انرژی و صرفه‌جویی در هزینهٔ مورد نظر باشد، تیمار مایکروویو ۶۰۰ وات قابل توصیه است. هرچند گزینش صحیح روش خشک‌کردن به‌طور مؤثری در ارتباط با ماهیت گیاه از نظر روش تولید، اندازه و رنگ، نوع مادهٔ مؤثره و امکانات موجود قرار دارد.

REFERENCES

1. Abdullah, S., Ahmad, M.S., Shaari, A.R. & Johar, H.M. (2011). Drying characteristics and herbal metabolites composition of misai kucing (*Orthosiphon staminiues* Benth.) leaves. In: Proceedings of *International conference on food engineering and biotechnology*, 7th-9th May, Bangkok, Thailand.
2. Ahmadi, K., Sefidkon, F. & Asareh M.H. (2008). Effects of different drying methods on quality and quantity of essential oil of three genotypes of *Rosa damascene* Mill. *Iranian Journal of Medicinal & Aromatic Plants*, 24(2), 162-176. (in Farsi)
3. Alibas, I. (2007). Microwave, air and combined microwave–air drying parameters of pumpkin slices. *Food, Science & Technology*, 40, 1445-1451.
4. Arab Hosseini, A. (2005). *Quality, energy requirement and costs of drying tarragon* (*Artemisia dracunculus* L.). Ph.D. Thesis. Wageningen University, Netherland.
5. Arslan, D. & Ozcan, M.M. (2012). Evaluation of drying methods with respect to drying kinetics, mineral content, and color characteristics of savory leaves. *Food & Bioprocess Technology*, 5(3), 983-991.
6. Asekun, O.T., Grierson, D.S. & Afolayan, A.J. (2007). Effects of drying methods on the quality and quantity of the essential oil of *Mentha longifolia* L. subsp. *Capensis*. *Food Chemistry*, 101(3), 995-998.
7. Azizi, M., Rahmati, M., Ebadi, M.T. & Hassanzadeh Khayyat , M. (2009). Investigation of different drying methods on rate of decreasing weight, essential oil content and chamazulene percentage of *Matricaria recutita* L. *Iranian Journal of Medicinal & Aromatic Plants*, 25(2), 182-192. (in Farsi)
8. Berova, M., Karanatsidis, G., Sapundzhieva, K. & Nikolova, V. (2010). Effect of organic fertilization on growth and yield of pepper plants (*Capsicum annuum* L.). *Folia Horticulturae*, 22(1), 3-7.
9. Bigham, A.K., Munro, T.A., Rizzacasa, M.A. & Robins-Browne, R.M. (2003). Divinatorins A−C, new neoclerodane diterpenoids from the controlled Sage (*Salvia divinorum*). *Journal of Natural Products*, 66(9), 1242-1244.
10. Cetkovic, G.S., Dilas, S.M., Canadanovic-Brunet, J.M. & Tumbas, V.T. (2003). Thin-layer chromatography analysis and scavenging activity of marigold (*Calendula officinalis* L.) extracts. *Acta periodica technologica*, 34, 93-102.
11. Chan, E.W.C., Lim, Y.Y., Wong, S.K., Lim, K.K., Tan, S.P., Lianto, S.F. & Yomg, M.Y. (2009). Effects of different drying methods on the antioxidant properties of leaves and tea of ginger species. *Food Chemistry*, 113, 166-172.
12. Crozier, A., Clifford, M. & Ashihara, H. (2006). *Plant Secondary Metabolites Occurrence, Structure and Role in the Human Diet*. Black well publishing. United Kingdom. 353 p.
13. Dewick, P. (2009). *Medicinal natural products a biosynthetic approach*. John Wiley and Sons, Ltd, Publication. United Kingdom. 509 p.

Archive of SID

www.SID.ir

14. Divya, P., Puthusseri, B. & Neelwarne, B. (2012). Carotenoid content, its stability during drying and the antioxidant activity of commercial coriander (*Coriandrum sativum* L.) varieties. *Food Research International*, 45(1), 342-350.
15. Flores, P., Hellin, P. & Fenoll, J. (2009). Effect of manure and mineral fertilization on pepper nutritional quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(9), 1581-1586.
16. Galvez, M., Martim-Cordero, C., Houghton, P.J. & Ayuso, M.J. (2005). Antioxidant activity of methanol extracts obtained from *Plantago* species. *Journal of Agricultural & Food Chemistry*, 53(6), 1927-1933.
17. Guerrero, I.C., Andrés, L.S., León, L.G., Machín, R.P., Padrón, J.M., Luis, J.G. & Delgadillo, J. (2006). Abietane diterpenoids from *Salvia pachyphylla* and *S. clevelandii* with Cytotoxic Activity against human cancer cell lines. *Journal of Natural Products*, 69(12), 1803-1805.
18. Guinot, P., Gargadenne, A., Valette, G., Fruchier, A. & Andary, C. (2008). Primary flavonoids in Marigold dye: extraction, structure and involvement in the dyeing process. *Phytochemical Analysis*, 19(1), 46-51.
19. Gulati, A., Rawat, R., Singh, B. & Ravindranath, S.D. (2003). Application of microwave energy in the manufacture of enhanced quality green tea. *Journal of Agricultural and Food & Chemistry*, 51(16), 4769-4774.
20. Haghi, A.K. & Amanifard, N. (2008). Analysis of heat and mass transfer during microwave drying of food products. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 25 (3), 491-501.
21. Hayat, Kh., Zhang, X., Farooq, U., Abbas, Sh., Xia, Sh, Jia, Ch., Zhong, F. & Jing, Zh. (2010). Effect of microwave treatment on phenolic content and antioxidant activity of citrus mandarin pomace. *Food Chemistry*, 123(2), 423-429.
22. Hossain, M., Barry Ryan, C., Martin Diana, A. & Brunton, N. (2010). Effect of drying method on the antioxidant capacity of six Lamiaceae herbs. *Food, Chemistry*, 123(1), 85-91.
23. Huang, Y., Sheng, J., Yang, F. & Hu, Q. (2007). Effect of enzyme inactivation by microwave and oven heating on preservation quality of green tea. *Journal of Food Engineering*, 78(2), 687-692.
24. Ippolito, A. & Nigro, F. (2000). Impact of pre harvest application of biological control agent on post harvest disease of fresh fruit and vegetables. *Crop Protection*, 19(8), 715-723.
25. Katsube, T., Tsurunaga, Y., Sugiyama, M., Furuno, T. & Yamasaki, Y. (2009). Effect of air drying temperature on antioxidant capacity and stability of polyphenolic compounds in mulberry (*Morus alba* L.) leaves. *Food Chemistry*, 113(4), 964-969.
26. Khalil, M.Y., Moustafa, A.A, Naguib, N.Y. (2007). Growth, phenolic compounds an antioxidant activity of some medicinal plants grown under organic farming condition. *World Journal of Agricultural Sciences*, 3(4), 451-457.
27. Król, B. (2011). Yield and the chemical composition of flower head of Pot marigold (*Calendula officinalis* L. cv. Orang King) depending on nitrogen fertilization. *Acta Scientiarum Polonorum-Hortorum Cultus*, 10(2), 235-243.
28. Meda, A., Lamien, C.E., Romito, M., Millogo, J. & Nacoulma, G.O. (2005). Determination of the total phenolic, flavonoid and proline contents in Burkina Fasan honey, as well as their radical scavenging activity. *Food Chemistry*, 91(3), 571-577.
29. Mohtashemi, S., Babalar, M., Mirjalili, M.H., Ebrahimzadeh Moosavi, M. & Adib, J. (2010). Effects of different drying methods on drying rate, essential oil content and antioxidant activity of *Dracocephalum moldavica* L. In: Proceedings of *National Young Researchers Congress of Biology*, 13^{th} – 17^{th} February, Tehran, Iran. (in Farsi)
30. Moosavian, M.T. & Mohammadpoor, V. (2006). Investigation of effective parameters in drying process of food materials by Microwave. In: Proceedings *of 6th National student congress f Chemistry Engineering & 5th National Student Congress of Oil Engineering*, 29-30^{th} August, Isfahan, Iran. (in Farsi)
31. Omidbeigi, R. (2005). *Production and Processing of Medicinal Plants*. Behnashr Pub. 347 P. (in Farsi)
32. Podsędek, A. (2007). Natural antioxidants and antioxidant capacity of Brassica vegetables: a review. *Food Science & Technology*, 40(1), 1-11.
33. Ponmari, G., Sathishkumar, R., Lakshmi, P.T.V., & Annamalai, A. (2011). Effect of drying treatment on the contents of antioxidants in *Cardiospermum halicacabum* Linn. *International Journal of Pharmacy & Biological Sciences*, 2(1), 304-313.
34. Pourmorad, F., Hosseinimehr, S.J. & Shahabimajd, N. (2008). Antioxidant activity, phenol and flavonoid contents of some selected Iranian medicinal plants. *African Journal of Biotechnology*, 5(11), 1142-1145.
35. Raal, A., Kirsipuu, K., Must, R. & Tenno, S. (2009). Content of total carotenoids in *Calendula officinalis* L. from different countries cultivated in Estonia. *Natural Product Communications*, 4(1), 35-38.
36. Rainha, N., Lima, E., Baptista, J. & Rodrigues, C. (2011). Antioxidant properties, total phenolic, total carotenoid and chlorophyll content of anatomical parts of *Hypericum foliosum*. *Journal of Medicinal Plant Research*, 5(10), 1930-1940.

Archive of SID

www.SID.ir

37. Re, T.A., Mooney, D., Antignac, E., Dufour, E., Bark, I., Srinivasan, V. & Nohynek, G. (2009). Application of the threshold of toxicological concern approach for the safety evaluation of calendula flower (*Calendula officinalis* L.) petals and extracts used in cosmetic and personal care products. *Food & Chemical Toxicology*, 47(6), 1246-1254.
38. Rohn, S., Buchner, N., Driemel, G., Rauser, M. & Kroh, L.W. (2007). Thermal degradation of onion quercetin glucosides under roasting conditions. *Journal of Agricultural & Food Chemistry*, 55(4), 1568-1573.
39. Sablani, S.S. (2006). Drying of fruits and vegetables: retention of nutritional Functional quality. *Drying Technology*, 24(2), 123-135.
40. Sacilik, K. (2006). Effect of drying methods on thin-layer drying characteristics of hull-less seed pumpkin (*Cucurbita pepo* L.). *Journal of Food Engineering*, 79(1), 23-30.
41. Saikia, L.R. & Upadhyaya, S. (2011). Antioxidant activity, phenol and flavonoid content of *A. racemosus* Willd. a medicinal plant grown using different organic manures. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological & Chemical Sciences*, 2, 457-463.
42. Soysal, Y. (2004). Microwave drying characteristics of parsley. *Biosystems Engineering*, 89(2), 167-173.
43. Subasinghe, U.N. (2007). Post harvest technology in the spice value chain. Master thesis. Department of Management of Technology, University of Moratuwa, Sri Lanka.
44. Tankoa, H., Carriera, D.J., Duana, L. & Clausena, E.D. (2005). Pre and post harvest processing of medicinal plants. *Plant Genetic Resources.* 3, 304-313.
45. Tomaino, A., Cimino, F., Zimbalatti, V., Venuti, V., Sulfaro, V., Pasquale, A. & Saija, A. (2005). Influence of heating on antioxidant activity and the chemical composition of some spice essential oils. *Food Chemistry*, 89 (4), 549-554.
46. Topuz, A., Dincer, C., Özdemir, KS., Feng, H. & Kushad, M. (2011). Influence of different drying methods on carotenoids and capsaicinoids of paprika (cv., Jalapeno). *Food Chemistry*, 129(3), 860-865.
47. Ukiya, M., Akihisa, T., Yasukava, K., Tokuda, H., Suzuki, T. & Kimura, Y. (2006). Antiinflammatory, anti-tumor-promoting and cytotoxic activities of constituents of marigold (*Calendula officinalis*) flowers. *Journal of Natural Products*, 69(12), 1692-1696.
48. Upadhyaya, S., Mahanta, J.J. & Saikia, L.R. (2011). Antioxidant activity, phenol and flavonoid content of a medicinal herb *Andrographis paniculata* (Burm.F.) Nees grown using different organic manures. *Journal of Pharmacy Research*, 4(3), 614-616.
49. Wang, H., Provan, G.J. & Keith, H. (2000). Tea flavonoids: Their functions, utilization and analysis. *Trends in Food Science & Technology*, 11(4), 152-160.
50. Xu, J., Chang, J., Zhao, M. & Zhang, J.Sh. (2006). Abietane diterpenoid dimers from the roots of *Salvia prionitis*. *Phytochemistry*, 67(8), 795-799.
51. Zhou, Ch.H., Xian, L., Chongde, S, Xu, Ch. & Chen, K.S. (2011). Effects of drying methods on the bioactive components in loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) flowers. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(14), 3037-3041.

Archive of SID

www.SID.ir