

تغییر فاکتورهای فیزیکی و فیتوشیمیایی گل همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.) تحت تأثیر روش‌های مختلف خشک کردن و منبع تغذیه گیاه

لیلا تبریزی^{۱*}، فرناز دژابون^۲، یونس مستوفی^۳ و مهدی مریدی فریمانی^۴
 ۱ و ۲. استادیار، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استاد، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج
 ۳. استادیار پژوهشکده گیاهان و مواد اولیه دارویی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران
 ۴. تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۱/۱۷ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۴/۱۴

چکیده

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

واژه‌های کلیدی: سینتیک خشک شدن، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، فلاونوئید، گیاه دارویی، نهاده‌های آلی.

همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.) از خانواده

کاسنی اعم از ریشه، برگ، گل و بذر به دلیل برخوردار

مقدمه

از دیرباز قسمت‌های مختلف گیاه زینتی-دارویی

خاصیت آنتی‌اکسیدانی در روش طبیعی گزارش شد (Hossain *et al.*, 2010). نتایج مشابهی نیز برتری خشک کردن به روش سایه و آفتاب در گیاه بادرشبی (*Dracocephalum moldavica*) را در رابطه با فعالیت آنتی‌اکسیدانی نسبت به دماهای مختلف آن گزارش کرده است (Mohtashemi *et al.*, 2010). مطالعه در خصوص بهینه‌سازی روش‌های خشک کردن در گیاه چای سبز (*Camellia sinensis*) مؤید این مطلب بود که تیمار میکروویو 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). مقایسه روش‌های خشک کردن در مورد گیاه دارویی- ادویه‌ای گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) بیانگر عملکرد مثبت میکروویو در خصوص افزایش ترکیب‌های کاروتنوئیدی نسبت به تیمار آن بود. به‌طور کلی، نتایج این پژوهش و مطالعات دیگر در مورد ناپایداری ترکیب‌های کاروتنوئیدی تحت تأثیر تیمارهای حرارتی همگرا بوده و بر تأثیرات مخرب حرارت هم در خشک کردن و هم در پختن گیاهان حاوی کاروتنوئید تأکید می‌ورزند (Divya *et al.*, 2012; Sablani, 2006). با توجه به اهمیت گیاه دارویی همیشه‌بهار در صنایع مختلف و اینکه گل به‌منزله یکی از اندام‌های اقتصادی و استفاده‌شده در این گیاه تنفس و درصد بالای رطوبت پس از برداشت دارد که کیفیت نهایی محصول را تحت تأثیر قرار می‌دهد، بنابراین به‌منظور حفظ کیفیت گل همیشه‌بهار تولیدشده در یک نظام تغذیه‌ای مبتنی بر اصول کشاورزی پایدار، بهینه‌سازی روش‌های مختلف خشک کردن بررسی شد.

مواد و روش‌ها

در پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر تغذیه گیاه و روش‌های خشک کردن 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 ۱۳۸۸-۱۳۸۹ با هدف بررسی اثر نهاده‌های آلی بر ویژگی‌های رشد و عملکرد گل و بذر گیاه دارویی همیشه‌بهار در ایستگاه تحقیقات گروه

از خواص بیولوژیک متعدد (Ukiya *et al.*, 2006) بهره‌برداری می‌شود و همچنین طیف گسترده‌ای از متابولیت‌های ثانویه شامل فلاونوئیدها، ترکیب‌های کاروتنوئیدی، گلیکوزیدی، استروئیدها، 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 مؤثره حاصل از این گیاهان مؤثر هستند، عملیات پس از برداشت نیز نقش مهمی در حفظ کیفیت محصول دارد (Omidbeigi, 2005). نتایج بررسی‌های انجام‌شده در زمینه 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, 2000; Ippolito & Nigro, 2007). خشک کردن در میان عملیات پس از برداشت مربوط به گیاهان دارویی از فرایندهای مهم و تأثیرگذار است زیرا تعیین‌کننده کیفیت نهایی محصول از نظر خصوصیات شیمیایی و مواد مؤثره است (Tankoa *et al.*, 2005). بنابراین، انتخاب روش مناسب خشک کردن مواد گیاهی از موارد مهم در عملیات پس از برداشت است. دما و مدت زمان لازم برای خشک کردن از اصول مهم در این فرایند است و رطوبت اولیه اندام گیاهی و کمیت و کیفیت ماده مؤثره از عوامل تأثیرگذار در تعیین این دو عامل هستند (Omidbeigi, 2005).

در پژوهشی عملکرد اسانس در گیاه پونه (*Mentha longifolia* L. subsp. *Capensis* Asekun) را در حالت خشک‌شده بیشتر از حالت تازه گزارش کردند (et al., 2007). در مقایسه روش‌های مختلف خشک کردن از قبیل خشک کردن به روش طبیعی در دمای اتاق، آون همراه با خلأ و خشک کردن به روش انجمادی^۱ در خشک کردن شش گیاه از خانواده نعناعیان، بیشترین ترکیبات فنولی، رزمارینیک اسید و

طبیعی هر ۲۴ ساعت یک بار، در آن هر یک ساعت یک بار و در میکروویو هر ۲ دقیقه یک بار تا رسیدن وزن آن‌ها به ۱۰٪ درصد بر پایه وزن خشک^۱ یا ۱۰ درصد بر پایه وزن تر ادامه یافت (Soysal, 2004).

اندازه‌گیری عوامل فیتوشیمیایی

ابتدا برای اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی، مقدار کل ترکیبات فنولی و فلاونوئیدها، از نمونه‌های خشک‌شده 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)^۲، ۲،۲-دی فنیل-۱-پیکریل هیدرازیل (DPPH)^۳ 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 کلیه مواد غیر از نمونه) در طول موج ۵۱۷ نانومتر توسط دستگاه میکرو پلیت ریدر^۴ قرائت شد و درصد کاهش ظرفیت رادیکالی از رابطه^۳ محاسبه شد.

$$RSC (\%) = 100 \times \left(\frac{A_{\text{blank}} - A_{\text{sample}}}{A_{\text{blank}}} \right) \quad (3)$$

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

مقدار کل ترکیبات فنولی با استفاده از روش فولین-سیکالتو^۵ اندازه‌گیری شد. برای تهیه محلول استاندارد از ماده 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 اسپکتروفوتومتر 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 عصاره خشک گزارش شد (Xu et al., 2006). به‌منظور اندازه‌گیری مقدار کل فلاونوئیدهای موجود در گیاه حجم‌های مساوی از محلول ۲ درصد متانولی

مهندسی علوم باغبانی و فضای سبز، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در محمدمشهر کرج اجرا شد). فاکتور اول شامل گل‌های برداشت‌شده از تیمارهای مختلف تغذیه‌شده گیاه در مزرعه شامل کود گاوی کاملاً پوسیده (۲۵ تن در هکتار)، کمپوست زباله 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 از جمله روش طبیعی (خشک‌کردن در دمای اتاق)، آن (۶۰، ۷۰ و ۸۰ درجه سانتی‌گراد) و آن میکروویو خانگی (۳۰۰، ۶۰۰ و ۹۰۰ وات) بودند. مراحل مختلف اجرای این آزمایش در سال‌های ۱۳۸۹ و 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 پژوهشکده گیاهان و مواد اولیه دارویی دانشگاه شهید بهشتی صورت گرفت. به‌منظور تهیه مواد گیاهی، ۱۰۰ گرم از کاپیتول‌های همیشه‌بهار در اواسط فصل گل‌دهی از هر تیمار آزمایش مزرعه‌ای برای ارزیابی اثر روش‌های مختلف خشک‌کردن، برداشت و به‌آزمایشگاه منتقل شد.

اندازه‌گیری عوامل فیزیکی

برای تعیین محتوای رطوبتی اولیه، ۴ نمونه ۱۰۰ گرمی در آن ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک شدند (Sacilik, 2006). میزان رطوبت ماده گیاهی بر پایه وزن تر برحسب درصد و وزن خشک برحسب نسبت از روابط ۱ و ۲ محاسبه شد.

$$(1) \text{ میزان رطوبت بر پایه وزن تر} =$$

$$\left(\frac{\text{وزن ماده خشک} + \text{وزن رطوبت}}{\text{وزن رطوبت}} \right)$$

$$(2) \text{ میزان رطوبت بر پایه وزن خشک} =$$

$$\frac{\text{وزن ماده خشک}}{\text{وزن رطوبت}}$$

میکروویو 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 آن (HERAEUS, T5050EKP) بود. به‌منظور تعیین زمان خشک‌کردن و محتوای رطوبت، توزین نمونه‌ها با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱، در روش

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

نتایج و بحث

محتوای رطوبتی گل‌ها

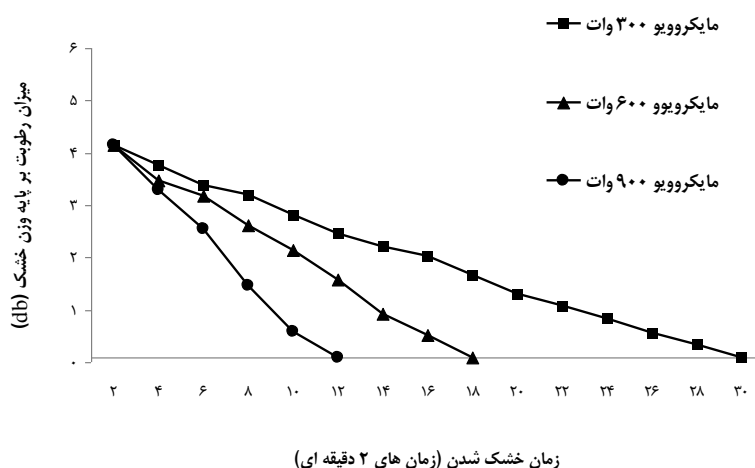
در شکل ۱ روند خشک شدن و مدت زمان لازم برای رسیدن به محتوای رطوبتی ۰/۱۰ بر پایه وزن خشک برای خشک کردن با توان‌های مختلف مایکروویو نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود افزایش توان‌های مایکروویو منجر به کاهش معنادار ($P \leq 0/05$) زمان مورد نیاز برای رسیدن به محتوای رطوبتی ۰/۱۰ بر پایه وزن خشک شده است. به طوری که این زمان از ۳۰ دقیقه در توان ۳۰۰ وات به ۱۲ دقیقه در توان ۹۰۰ وات رسید. محتوای رطوبتی نهایی گیاهان دارویی به منظور حصول استانداردهای کیفی و کنترل بار میکروبی و قارچی ۰/۱۰ بر پایه وزن خشک و ۱۰ درصد بر پایه وزن تر تعیین شده است. محتوای رطوبتی اولیه گل‌های برداشت شده از منابع مختلف نهاده‌های آلی، بر مبنای وزن خشک ۴/۱۵ بر مبنای وزن خشک بود. فرایند خشک کردن با مایکروویو محتوای رطوبتی گل‌های همیشه‌بهار را از ۴/۱۵ به ۰/۱۰ بر پایه وزن خشک کاهش داد و مدت زمان خشک شدن مربوط به تیمار مایکروویو برای توان‌های ۳۰۰ وات، ۶۰۰ وات و ۹۰۰ وات به ترتیب ۱۸، ۳۰ و ۱۲ دقیقه بود.

آلومینیوم کلرید و محلول متانولی گیاه مخلوط شده و پس از ده دقیقه به هم خوردن، جذب محلول در ۴۲۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر یو. وی. خوانده شد. از فلاونوئید کوئرستین به‌منزله استاندارد استفاده شد و نتایج برحسب معادل میلی‌گرم کوئرستین بر گرم عصاره 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 رابطه ۴ محاسبه شد (Raal *et al.*, 2009).

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

TC: مقدار کل ترکیبات کاروتنوئیدی (/)، D: عدد قرائت اسپکتروفتومتر، L: نسبت رقیق شدن (۵) و M: وزن ماده گیاهی (یک گرم).

داده‌های حاصل از آزمایش براساس طرح آماری استفاده شده، با استفاده از نرم‌افزار SAS Inst., ver 9.1, تجزیه و تحلیل شدند و مقایسه 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.



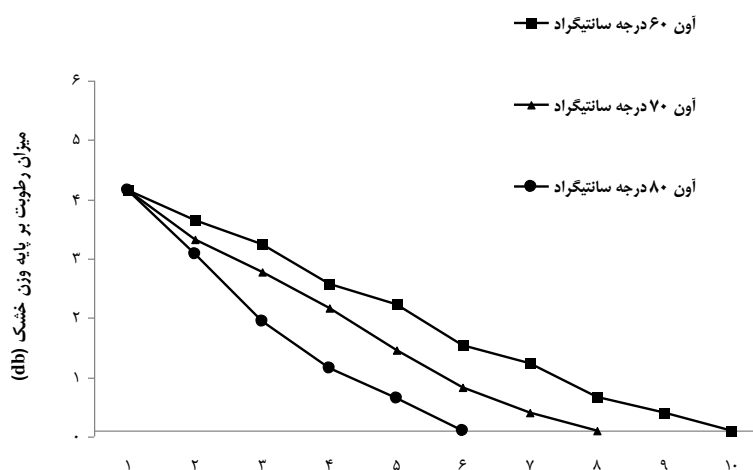
شکل ۱. روند کاهش رطوبت گل همیشه‌بهار در واکنش به توان‌های مختلف مایکروویو

قسمت‌های میانی اندام و در نهایت افت کیفی محصول می‌شود و خروج رطوبت بیشتر از این حد مستلزم صرف

کاهش محتوای رطوبت محصول از حد مجاز توصیه شده سبب تخریب ماده گیاهی، خروج همه آب

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 پایه وزن خشک با روش مایکروویو تحت توان ۷۰۰ وات در مقایسه با آن در دمای ۵۰ درجه 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 (شکل ۲)، در روش خشک‌کردن با آن (که محتوای رطوبتی گل‌ها را از ۴/۱۵ به ۰/۱۰ بر پایه وزن خشک کاهش داد)، فرایند خشک‌کردن با توجه به دماهای گوناگون، از ۶ تا ۱۰ ساعت متفاوت بود و افزایش دمای آن سبب افزایش شیب منحنی کاهش محتوای رطوبتی شد. همچنین با افزایش دما، زمان خشک‌کردن به‌صورت معناداری کاهش یافت ($P \leq 0/05$).

هزینه و انرژی بیشتر می‌شود. نتایج حاصل از این آزمایش بیانگر کاهش معنادار زمان خشک‌شدن در نتیجه افزایش توان مایکروویو بود. همچنین زمان خشک‌کردن در روش مایکروویو به‌خصوص توان ۹۰۰ وات در مقایسه با روش آن (با مدت زمان ۶ تا ۱۰ ساعت) کوتاه‌تر بود. نتایج مطالعات بررسی پارامترهای مؤثر در فرایند خشک‌کردن توسط امواج مایکروویو نشان می‌دهد چگونگی گرم‌شدن ماده گیاهی در تیمار مایکروویو با سایر روش‌های متداول متفاوت است و حرارت داخل ماده گیاهی بر اثر تکرار برخورد یون‌های قرارگرفته در میدان الکتریکی، ایجاد می‌شود. فرارگرفتن مولکول‌های آب در راستای میدان سبب ایجاد اصطکاک و در نتیجه تولید حرارت در محصول می‌شود و متعاقباً انرژی حرارتی توسط فرایند جابه‌جایی و هدایت به تمام قسمت‌های ماده گیاهی منتقل می‌شود؛ درحالی‌که در سایر روش‌های متداول انرژی حرارتی از منبع حرارتی خارجی باید به ماده گیاهی منتقل شود و انتشار یابد (Moosavian & Mohammadpoor, 2006). بنابراین، احتمالاً مکانیسم متفاوت انتشار حرارت در



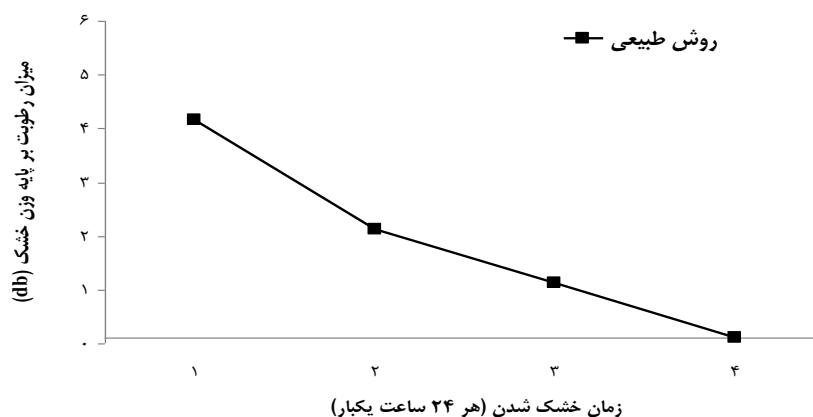
شکل ۲. روند کاهش رطوبت گل همیشه‌بهار در واکنش به دماهای مختلف آن

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). از آنجاکه رطوبت اولیه در نمونه‌ها تقریباً یکسان بود

زمان خشک‌کردن در توان‌های ۶۰۰ و ۹۰۰ وات مایکروویو در مقایسه با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد آن به ترتیب ۲۰ و ۳۰ برابر کمتر بود. نتایج پژوهش‌ها در زمینه مطالعه سینتیک خشک‌کردن نشان می‌دهد زمان خشک‌شدن تابعی از میزان رطوبت گیاهی و دمای

روند خشک شدن نمونه‌ها و کاهش رطوبت گل‌های همیشه‌بهار در روش طبیعی در شکل ۳ نشان داده شده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود طولانی‌ترین زمان خشک شدن مربوط به روش طبیعی (۹۶ ساعت) و کوتاه‌ترین زمان (۱۲ دقیقه) مربوط به تیمار میکروویو ۹۰۰ وات بود.

بر مبنای وزن خشک)، به نظر می‌رسد اختلاف در زمان خشک کردن مربوط به اثر دما و انتقال حرارت در ماده گیاهی در نتیجه دماهای مختلف آن باشد. در همین زمینه نتایج مشابهی نیز بر روی گیاه دارویی *Orthosiphon stamineus* Benth. (از خانواده نعناعیان) گزارش شده است (Abdullah et al., 2011).



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

مطالعات مزایای این روش را در حفظ کیفیت و مواد مؤثره گیاه می‌دانند (Ahmadi et al., 2008).

فعالیت آنتی‌اکسیدانی

نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در جدول ۱ نشان داده شده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود نهاده‌های آلی به‌منزله منبع تغذیه تأثیر معناداری بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه نداشتند ($P > 0.05$)؛ درحالی‌که اثر ساده روش‌های مختلف خشک کردن ($P \leq 0.01$) و اثر متقابل منبع تغذیه و روش‌های خشک کردن بر این صفت معنادار شد ($P \leq 0.05$) (جدول ۱).

در یک پژوهش زمان خشک کردن 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 هزینه مصرفی در فرایند خشک کردن ترخون (*Artemisia dracunculus* L.) نشان داد که کاهش زمان خشک کردن محصولات در کاهش هزینه‌های مربوط به مصرف انرژی برای خشک کردن از اهمیت زیادی برخوردار است (Arab Hosseini, 2005) که بر این اساس استفاده از این روش در مقایسه با میکروویو و آن یا خشک‌کن الکتریکی، ممکن است از نقطه‌نظر اقتصادی چندان به‌صرفه نباشد، اما نتایج برخی

جدول ۱. تجزیه واریانس روش خشک کردن و منبع تغذیه بر خصوصیات فیتوشیمیایی گیاه همیشه‌بهار

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

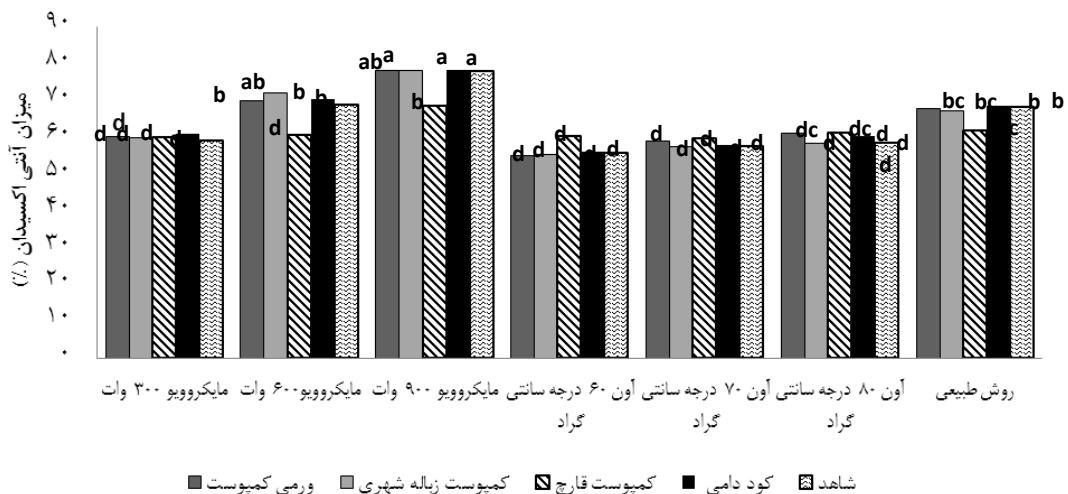
* و ** و n.s به ترتیب معنادار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد و وجود نداشتن اختلاف معنادار هستند.

از عوامل تعیین و دسته‌بندی شود (Galvez et al., 2005). در مقایسه 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 ورمی کمپوست بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی این گیاه است (Saikia & Upadhyaya, 2011) و نتایج مشابهی نیز در کاربرد کود دامی، کمپوست و ورمی کمپوست بر روی گیاه *Andrographis paniculata* و گیاه دارویی بومی آسیای شرقی به دست آمده است (Upadhyaya et al., 2011). از این رو به‌رغم محدودیت در مطالعات موجود و نیاز برای پژوهش‌های بیشتر، شواهد موجود این امید را که حرکت به سوی کشاورزی ارگانیک کیفیت و از جمله میزان آنتی‌اکسیدان را در بسیاری از مواد غذایی و گیاهی افزایش خواهد داد، تقویت می‌کند.

بر اثر متقابل منبع تغذیه و روش‌های خشک‌کردن بیشترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی از تیمار اثر متقابل ورمی کمپوست و مایکروویو ۹۰۰ وات حاصل شد و اختلاف معنادار میان این تیمار با تیمارهای اثر متقابل کمپوست زباله شهری، کود دامی و شاهد با مایکروویو ۹۰۰ وات مشاهده نشد. کمترین مقدار فعالیت آنتی‌اکسیدانی مربوط به تیمار اثر متقابل ورمی کمپوست و آون ۶۰ درجه سانتی‌گراد وجود داشت (شکل ۴). 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 خنثی کردن رادیکال‌های آزاد، فرونشاندن مولکول‌های اکسیژن یگانه و سه‌گانه از طریق تغییر مکان یا تجزیه 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



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

افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی نسبت به سایر تیمارها برتری داشته است (شکل ۴). به نظر می‌رسد فرایند خشک‌کردن سبب تخلیه ترکیبات آنتی‌اکسیدانی از مواد گیاهی شده و تیمار مایکروویو با بالا با تغییر یا تخریب در ساختار داخلی غشاها منجر به آزاد شدن این ترکیبات شده است. چنانکه افزایش معنادار فعالیت

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.

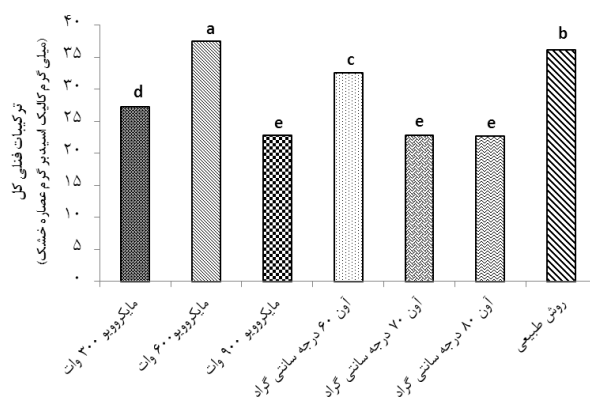
نتایج نشان داد تیمار مایکروویو ۹۰۰ وات از نظر

مقدار کل ترکیبات فنولی

براساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱)، اثر نهاده‌های آلی به‌منزله منبع تغذیه تأثیر معنادار بر مقدار کل ترکیبات فنولی نداشت ($P > 0.05$) اما محتوای فنولی کل گیاه به‌طور معناداری تحت تأثیر روش‌های خشک کردن قرار گرفت ($P \leq 0.01$). بیشترین و کمترین مقدار کل ترکیبات فنولی، به ترتیب از تیمار میکروویو ۶۰۰ وات و آون ۸۰ درجه سانتی‌گراد حاصل شد. هرچند تیمار میکروویو ۹۰۰ وات در حصول کمترین مقدار این صفت با آون ۸۰ درجه سانتی‌گراد اختلاف معنادار نداشت. روش طبیعی خشک کردن در رده بعدی پس از میکروویو ۶۰۰ وات، به بهبود محتوای فنولی کل منجر شد (شکل ۵). اثر متقابل منبع تغذیه و روش‌های خشک کردن نیز بر مقدار ترکیبات فنولی تأثیر معناداری نداشت ($P > 0.05$).

ترکیبات فنولی گروه بزرگی از متابولیت‌های ثانویه 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 پیش‌ماده سنتز اریتروز-۴ فسفات با تولید شیکیمیک اسید به آغاز مسیر شیکیمات منجر می‌شود (Dewick, 2009).

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 خشک شدن نسبت به شاهد (نمونه‌های تازه) گزارش شده است (Hossain et al., 2010). نتایج پژوهش Ponmari et al. (2011) در مقایسه اثر تیمارهای میکروویو، سایه و آفتاب بر روی گیاه *Cardiospermum halicacabum* L. بیانگر افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی در تیمار میکروویو ۹۰۰ وات و سایه بود. آنان اظهار داشتند که ایجاد حرارت درون ماده گیاهی در تیمار میکروویو به دلیل وجود میدان الکتریکی، سبب ایجاد شرایط مساعد برای آزادسازی ترکیبات درون سلولی شده و از سویی دیگر زمان طولانی در روش طبیعی نه تنها فرصتی برای رهاسدن ترکیبات دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی فراهم کرده، بلکه با ایجاد یک روند کند برای خشک شدن 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*) تحت تأثیر 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 این رو احتمالاً کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی در دماهای ۷۰ و ۸۰ درجه سانتی‌گراد آون به دلیل تأثیر دما بر عملکرد آنزیم‌ها و کاهش آنزیم‌ها بوده است.



شکل ۵. میزان ترکیبات فنولی کل در گیاه همیشه‌بهار تحت تأثیر روش‌های مختلف خشک کردن

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). در نتیجه 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 ماده گیاهی است؛ به طوری که تشکیل ترکیبات فنولی را در دمای بالا (۹۰ درجه سانتی‌گراد) به دلیل فراهمی پیش‌سازهای ترکیبات فنولی به همراه تبدلات غیرآنزیمی بین مولکول‌ها، گزارش می‌کنند (Hossain et al., 2010). در حالی که مطالعه حاضر برخلاف این گزارش‌ها کمترین مقدار ترکیبات فنولی کل را در تیمار آون ۸۰ درجه 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 درجه 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).

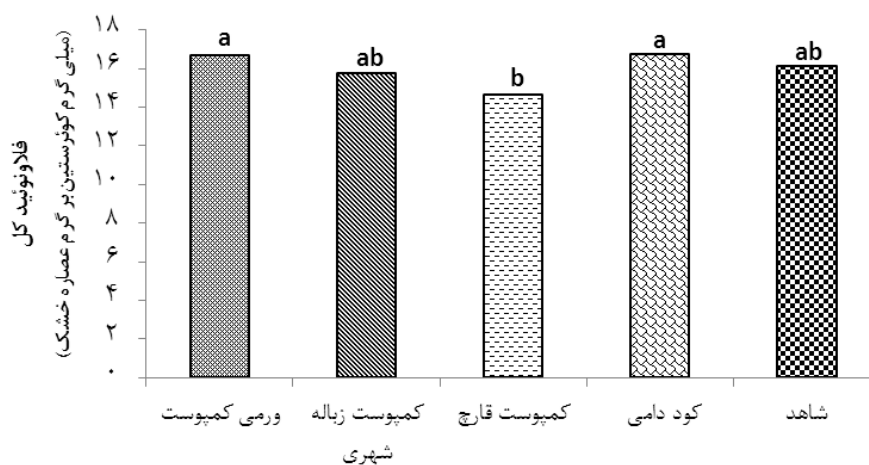
مقدار کل فلاونوئیدها

براساس نتایج جدول ۱، مقدار کل فلاونوئیدها به طور معناداری تحت تأثیر منبع تغذیه قرار گرفت ($P \leq 0.05$). 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 (شکل ۶).

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 ثانویه گیاهی دخیل می‌دانند (Upadhyaya et al., 2011). لیکن در خصوص گیاه همیشه‌بهار، Krol (2011) با بررسی مقدار ترکیبات فنولی کل گل‌های همیشه‌بهار تحت تأثیر 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 تغذیه 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 زمینه 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^۱ ترکیبات فنولی پس از فرایند خشک‌کردن نشان داد که افزایش یا کاهش محتوای فنولی به اجزای تشکیل‌دهنده 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 به صورت استری یا گلیکوزیدی در واکنش به افزایش توان مایکروویو ۱۲۵ وات به ۲۵۰ وات، به دلیل شکستن ساختار این ترکیبات کاهش پیدا کردند؛ هرچند محتوای فنولی کل به دلیل تعادل میان ترکیبات فنولی باند و آزاد، با وجود افزایش، دچار تغییر معنادار نشد (Hayat et al., 2010).

منبع تغذیه و روش‌های خشک‌کردن بر مقدار فلاونوئید کل معنادار نبود ($P > 0.05$). بیشترین و کمترین مقدار فلاونوئید در تیمار مایکروویو ۳۰۰ وات و آون ۶۰ درجه سانتی‌گراد حاصل شد. هرچند روش طبیعی با تیمار مایکروویو ۳۰۰ وات در افزایش این صفت اختلاف معنادار نداشت. تیمار آون ۸۰ درجه سانتی‌گراد نیز پس از مایکروویو ۳۰۰ وات سبب بهبود مقدار فلاونوئید کل شد (شکل ۷). 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).

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 ماکرومولکول‌هایی مانند کربن و نیتروژن، به نظر می‌رسد با تأثیر مثبت بر مسیرهای متابولیسی اولیه گیاه، به صورت 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 به دلیل 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 تحت تأثیر قرار داد ($P \leq 0.05$) درحالی‌که اثر متقابل



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

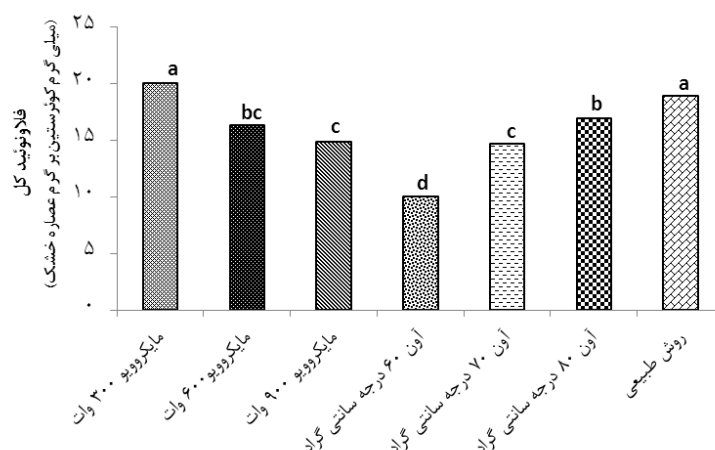
چنین ساختاری و گروه‌های هیدروکسیل، نسبت به میدان الکترومغناطیسی ایجاد شده در مایکروویو حساس به نظر می‌رسند و احتمالاً توان‌های بالای مایکروویو شامل ۶۰۰ و ۹۰۰ وات سبب تخریب این ساختار و کاهش مقدار فلاونوئیدهای کل می‌شوند. بنابراین، می‌توان به این نتیجه رسید که افزایش مقدار فلاونوئید کل در تیمار آون ۸۰ درجه سانتی‌گراد پس از مایکروویو ۳۰۰ وات به دلیل غیرفعال شدن آنزیم‌های مؤثر در تجزیه و تخریب فلاونوئیدها بوده

امواج الکترومغناطیسی مایکروویو با دو مکانیسم پلاریزاسیون یونی و چرخش دوقطبی سبب ایجاد گرما در ماده 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

فلاونوئیدهای کل اختلاف معنادار نداشت. احتمالاً افزایش فلاونوئیدها در این تیمار نسبت به سایر تیمارها مربوط به حفظ این ترکیبات به صورت طبیعی به دلیل 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).

است، چنانکه آون ۶۰ درجه سانتی‌گراد نیز به دلیل 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 میکروویو ۳۰۰ وات در حصول بیشترین مقدار



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

لوتئین و غیره دارند (Raal *et al.*, 2009). گیاه همیشه‌بهار به‌منزله 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 از جمله کاروتنوئید (Berova *et al.*, 2010)، نتایج این آزمایش نشان‌دهنده 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 میکروویو و آون بر مقدار ترکیبات کاروتنوئیدی کل ارائه شده است به‌طوری‌که براساس نتایج یک پژوهش، تیمار آون ۶۰ و ۸۰ درجه سانتی‌گراد و میکروویو ۵۲۸ و ۸۰۰ وات در مقدار لوتئین، بتاکاروتن و کاروتنوئید کل از گیل ژاپنی

مقدار کل ترکیب‌های کاروتنوئیدی

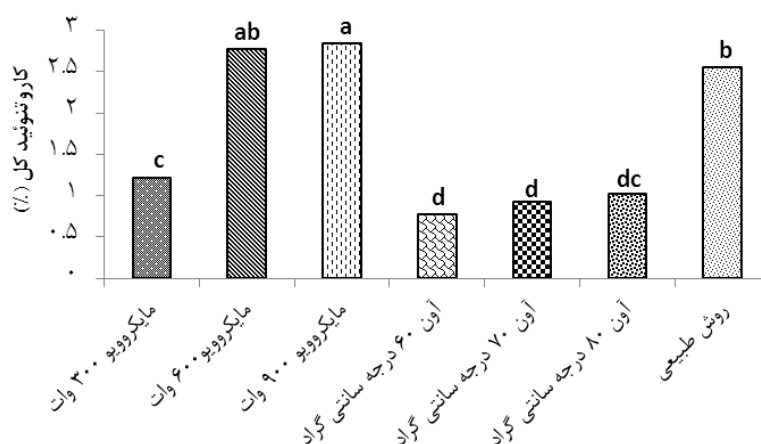
نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) بیانگر آن است که اثر منبع تغذیه بر مقدار کل ترکیب‌های کاروتنوئیدی معنادار نبود ($P > 0.05$) گرچه مقدار این ترکیب‌ها به‌طور معناداری تحت تأثیر تیمارهای روش خشک‌کردن قرار گرفت ($P \leq 0.01$) و بیشترین و کمترین میزان ترکیب‌های کاروتنوئیدی کل به ترتیب از تیمارهای میکروویو ۹۰۰ وات و آون ۶۰ درجه سانتی‌گراد به دست آمد. شایان ذکر است که بین تیمار میکروویو ۶۰۰ وات و میکروویو ۹۰۰ وات در افزایش این صفت اختلاف معنادار مشاهده نشد. به‌طور مشابهی تیمار آون ۷۰ و ۸۰ درجه سانتی‌گراد نیز در حصول کمترین میزان کاروتنوئید با آون ۶۰ درجه سانتی‌گراد اختلاف معنادار نداشتند همچنین روش طبیعی در افزایش این صفت پس از میکروویو ۹۰۰ وات از نظر آماری در رده بعدی قرار گرفت (شکل ۸).

گل‌های همیشه‌بهار طیف متنوعی از ترکیب‌های کاروتنوئیدی شامل بتاکاروتن، لیکوپن، فلاوونوگزانترین،

حصول کمترین میزان کاروتنوئید کل است که احتمالاً به دلیل نقش مخرب حرارت در تخریب ساختار کاروتنوئیدها و تجزیه این مواد است.

تیمار خشک کردن به روش طبیعی نیز پس از تیمار مایکروویو منجر به افزایش ترکیبات کاروتنوئیدی کل شد (شکل ۸). نتایج حاصل از مقایسه روش‌های مختلف خشک کردن در گیاه فلفل، بیانگر برتری روش خشک شدن در دمای اتاق در حصول بیشترین مقدار رنگدانه‌های کاروتنوئیدی شامل کپسانتین، کپسولوتین، زاگزانتین، 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 خشک شدن وجود دارد که کاروتنوئیدهای زرد و ترکیبات ساده کاروتنوئیدی را به‌منزله پیش‌ترکیب معرفی کرده است که با تغییر و تبدیل این ترکیبات، رنگدانه کاروتنوئیدی جدیدی ایجاد می‌کند (Topuz *et al.*, 2011).

(*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 به طوری که کمترین میزان کاروتنوئید کل در تیمار آون ۴۵ درجه 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، به دلیل 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 مطالعه حاضر بیانگر عدم تفاوت معنادار سه دمای آون در



شکل ۸. میزان کاروتنوئید کل در گیاه همیشه‌بهار تحت تأثیر روش‌های مختلف خشک کردن

همبستگی مثبت و معنادار برخوردار بودند ($P \leq 0.01$) به طوری که تغییرات فعالیت آنتی‌اکسیدانی از روندی همسو با مقدار کاروتنوئید کل برخوردار بود ($r = 0.84$). همچنین طبق نتایج به دست آمده همبستگی مثبت و معناداری میان فلاونوئید کل و خاصیت آنتی‌اکسیدانی نیز مشاهده شد ($P \leq 0.05$).

روابط همبستگی بین خصوصیات فیتوشیمیایی مطالعه‌شده

ضرایب همبستگی بین خصوصیات فیتوشیمیایی بررسی شده در جدول ۲ نشان داده شده است. براساس نتایج موجود، در میان خصوصیات مطالعه‌شده، مقدار کاروتنوئید کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی، از بیشترین

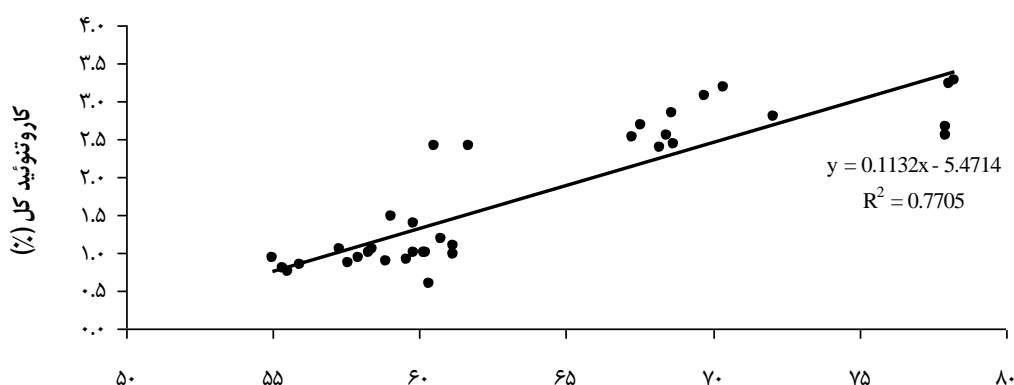
جدول ۲. ضرایب همبستگی خصوصیات فیتوشیمیایی مطالعه‌شده در گیاه همیشه‌بهار تحت تأثیر نهاده‌های آلی

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

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

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 (شکل ۹).

به‌رغم تصور موجود مبنی بر این که خاصیت آنتی‌اکسیدانی اغلب ناشی از حضور ترکیبات فنولی است، نتایج بررسی روابط همبستگی در این پژوهش هیچ‌گونه رابطه همبستگی بین ترکیبات فنولی و خاصیت

فعالیت آنتی‌اکسیدانی (IC_{50})

شکل ۹. رابطه رگرسیونی مقدار کاروتنوئید کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره در گل همیشه‌بهار

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس یافته‌های مطالعه حاضر، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که علاوه بر اهمیت شرایط کشت و پرورش در دستیابی به بیشترین عملکرد گیاهی و ماده مؤثره، فرایندهای پس از برداشت نیز نقش بسزایی در حفظ و افزایش متابولیت‌های ثانویه 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 رده 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

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 ($P \leq 0.01$) (جدول ۲) که احتمالاً به دلیل وجود بلوک‌های ساختار مشترک در ساختار شیمیایی این ترکیبات است.

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 بهینه انرژی و صرفه‌جویی در هزینه 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 ماده مؤثره و امکانات موجود قرار دارد.

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 آن از عملکرد بهتری در زمینه استخراج بهینه و حفظ کاروتنوئیدهای همیشه‌بهار داشته است. از آنجاکه 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

REFERENCES

1. Abdullah, S., Ahmad, M.S., Shaari, A.R. & Johar, H.M. (2011). Drying characteristics and herbal metabolites composition of misai kucing (*Orthosiphon stamineus* 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 dracunculoides 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.

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, 13th – 17th 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, 29-30th August, Isfahan, Iran. (in Farsi)
31. Omidbeigi, R. (2005). *Production and Processing of Medicinal Plants*. Behnashr Pub. 347 P. (in Farsi)
32. Podsedek, 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.

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, K.S., 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., Yasukawa, 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.