نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد 28، شماره 3، پاییز 1393، ص. 415-407
شاپا: 4730 - 2008

Journal of Horticultural Science
Vol. 28, No. 3, Fall 2014, P. 407-415
ISSN: 2008 - 4730

# بررسی تأثیر روش‌های مختلف خشک‌کردن بر زمان خشک‌شدن و برخی خواص بیوشیمیایی نعنا فلفلی (*Mentha piperita* L.)

فاطمه روزدار[1*] - مجید عزیزی[2] - عسگر غنی[3] - غلامحسین داوری‌نژاد[4]

تاریخ دریافت: 1391/11/03
تاریخ پذیرش: 1392/11/27

## چکیده

برای انجام این تحقیق، آزمایشی بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار و 11 تیمار اجرا شد. شش توان مختلف ماکروویو شامل 100، 180، 300، 450، 600 و 900 وات، دو دمای آون شامل 50 و 70 درجه سانتی‌گراد، روش خشک‌کن، سایه مصنوعی و نمونه تازه به عنوان تیمارهای این آزمایش مورد مقایسه قرار گرفتند. در روش‌های مختلف خشک‌کردن، کاهش وزن نمونه‌ها تا رسیدن محتوای رطوبتی به 0/10 بر پایه وزن خشک رسید ادامه داشت. پس از خشک شدن نمونه‌ها صفاتی مانند مدت زمان خشک‌شدن، درصد اسانس، خصوصیات رنگ ($L^*$، $a^*$، $b^*$، هیو و درجه خلوص رنگ) و برخی خصوصیات بیوشیمیایی (میزان فنل کل، فلاوونوئید کل، فلاون و فلاونول کل، کربوهیدرات کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان دهنده تأثیر معنی‌دار روش‌های مختلف خشک‌کردن بر تمامی صفات مورد مطالعه بود. کم‌ترین و بیش‌ترین زمان خشک‌کردن (5/03 و 570 دقیقه) به ترتیب مربوط به تیمارهای خشک‌کردن با توان 900 وات ماکروویو و روش خشک‌کردن در خشک‌کن بود. بیش‌ترین درصد اسانس (2/6 درصد) در روش خشک‌کردن در خشک‌کن به دست آمد. بالاترین میزان شاخص $b^*$ و درجه خلوص رنگ در نمونه تازه و سپس در تیمارهای سایه مصنوعی و خشک‌کن بود و کم‌ترین میزان در تیمارهای ماکروویو 180 و 900 وات بود. هم‌چنین بالاترین میزان فنل کل در نمونه تازه و سپس در نمونه‌های خشک شده در ماکروویو 900 وات و سایه مصنوعی بود در حالی‌که کم‌ترین میزان فنل کل در تیمار آون با دمای 70 درجه سانتی‌گراد به دست آمد. بیش‌ترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی مربوط به نمونه تازه، نمونه‌های خشک شده در سایه مصنوعی و ماکروویو (600 و 900 و 450 وات) بود و کم‌ترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی در نمونه‌های خشک شده در آون با دمای 70 و 50 درجه سانتی‌گراد بود.

**واژه‌های کلیدی:** نعنا فلفلی، ترکیبات فنلی، فعالیت آنتی اکسیدانی، ماکروویو

## مقدمه

نعنا فلفلی *Mentha × piperita* L. گیاهی است متعلق به خانواده نعناعیان، گونه‌ای هیبرید بوده و از تلاقی بین گونه‌های *M. aquatica* و *M. spicata* به وجود آمده است (2). عصاره و اسانس نعنا به دلیل داشتن ترکیب‌های معطر در صنایع غذایی و تولید فرآورده‌های بهداشتی بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرد. در بیشتر دارونامه‌های چاپ شده به ویژه در اروپا و آمریکا، از میان گونه‌های نعنا، گونه نعنا فلفلی را به سبب ترکیب منتول دارای ارزش دارویی زیادی می‌دانند (23). گیاهان دارویی سطح بالایی از رطوبت و میکروارگانیسم‌ها را دارا می‌باشند، بنابراین خشک‌کردن سریع، مهم‌ترین کار در فرآیند پس از برداشت، جهت اجتناب از کاهش مواد ارزشمند این گیاهان می‌باشد (26). خشک‌کردن یکی از قدیمی‌ترین روش‌های نگهداری گیاهان دارویی بعد از برداشت است. این فرآیند شامل حذف رطوبت با استفاده از عمل تبخیر تا حد رسیدن به یک آستانه خاص است تا بتوان محصول را برای مدت طولانی انبار کرد و فعالیت‌های آنزیمی و تأثیر میکروارگانیسم‌ها و مخمرها را در آن متوقف نمود (31). هنوز جهت خشک‌کردن برخی محصولات از روش‌های سنتی و قدیمی استفاده می‌شود که هزینه‌های آن کم‌تر است. با این وجود، روش‌های خشک‌کردن سنتی معایب زیادی دارد که می‌توان به عدم امکان جابجایی مقادیر زیاد ماده گیاهی و نیز عدم دست‌یابی به استانداردهای ثابت کیفیت اشاره کرد (24). با بکارگیری روش‌های خشک‌کردن سریع و صنعتی، نه تنها کیفیت محصول به نحوه مطلوبی حفظ می‌شود بلکه مدت زمان خشک‌کردن

1، 2 و 4- به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استادان گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(* - نویسنده مسئول: Email: Mf.roozdar@gmail.com)
3- استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جهرم

نیز به میزان چشم‌گیری کاهش خواهد یافت. مقایسه دو روش خشک‌کردن، با آون و خشک‌کردن در شرایط طبیعی گیاه نعنا مشخص شد که حذف آب به روش خشک کردن طبیعی بهتر است زیرا باعث حفظ مقدار اسانس بیشتری می‌شود (29). عزیزی و همکاران (6) تأثیر روش‌های مختلف خشک کردن بر گیاه بابونه را مورد بررسی قرار دادند (6 توان مختلف ماکروویو، سه دمای مختلف آون و روش‌های خشک‌کردن در سایه و آفتاب). نتایج حاکی از آن بود که سریع‌ترین روش خشک کردن مربوط به ماکروویو و آهسته‌ترین روش مربوط به فرآیند خشک کردن در سایه بود. بالاترین درصد اسانس در روش‌های خشک کردن با آون در دمای 50 و 60 درجه سانتی‌گراد و نیز خشک کردن در سایه به دست آمد، در حالی‌که کم‌ترین میزان اسانس در خشک‌کردن در توان‌های بالای ماکروویو و دمای بالای آون و روش آفتاب مشاهده شد. آسکن و همکاران (11) تأثیر روش‌های مختلف خشک‌کردن بر کمیت و کیفیت اسانس در گونه‌ای از نعنا[1] را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که عملکرد اسانس در حالت خشک شده سه برابر بیش‌تر از حالت تازه بود. کاپکا و همکاران (15) گزارش نمودند که طی فرآیند خشک‌کردن واکنش‌های آنزیمی و غیرآنزیمی رخ می‌دهند که منجر به تغییرات قابل توجهی در ترکیبات شیمیایی گیاهان می‌شوند. ارسلان و همکاران (10) تأثیر روش‌های خشک‌کردن در آفتاب، آون با دمای 50 درجه سانتی‌گراد و روش ترکیبی آون- ماکروویو با توان 700 وات بر خصوصیات نعنا فلفلی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این محققین نشان داد که کوتاه‌ترین زمان خشک‌شدن در روش آون- ماکروویو بود. هم‌چنین در این روش بیش‌ترین میزان ترکیبات فنل کل و بهترین کیفیت رنگ گزارش شد. در بررسی دیگری، تأثیر روش‌های مختلف خشک‌کردن بر میزان فنل کل، فلاوونوئید کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی مریم گلی (*Salvia officinalis*) مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که در بین روش‌های خشک‌کردن، بکارگیری ماکروویو با توان 800 وات سبب افزایش فنل کل، فلاوونوئید کل و بیش‌ترین فعالیت مهار کنندگی رادیکال‌های آزاد را نشان داد. با افزایش قدرت ماکروویو از 600 به 800 وات میزان فنل کل به طور معنی‌داری افزایش یافت (20). واگ- گالوز و همکاران (34) تأثیر دماهای مختلف خشک‌کردن بر ویژگی‌های فیزیکی- شیمیایی، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، رنگ و میزان ترکیبات فنلی فلفل قرمز (*Capsicum annum*) را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که میزان ترکیبات فنلی با افزایش دما از 50 درجه به 90 درجه سانتی‌گراد کاهش یافت و بالاترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی (فعالیت جذب رادیکال) را در پایین‌ترین دما (50 درجه سانتی‌گراد) نسبت به بالاترین دما (90 درجه سانتی‌گراد) نشان داد. رنگ نمونه‌ها با افزایش دما کاهش یافت و نمونه‌های خشک شده در دمای 90 درجه سانتی‌گراد تقریباً بی‌رنگ بودند.

با توجه به اهمیت فرآیند خشک‌کردن در صنعت گیاهان دارویی و استفاده فراوان از گیاه نعنا فلفلی خشک شده در صنایع داروسازی و کاربرد آن به‌عنوان چاشنی و ادویه در صنایع غذایی، هدف از این تحقیق بررسی روش‌های مختلف خشک‌کردن بر خصوصیات ظاهری و بیوشیمیایی گیاه دارویی نعنا فلفلی در نظر گرفته شده است.

## مواد و روش‌ها

برای انجام این تحقیق، آزمایشی بر پایه طرح کاملاً تصادفی با 11 تیمار و 3 تکرار انجام شد. برای انجام آزمایشات از نمونه‌های گیاهی کاشته شده (در مرحله گل‌دهی کامل) در مزرعه گروه علوم باغبانی دانشگاه فردوسی مشهد در تیر ماه 1391 استفاده شد. برای تعیین محتوای رطوبتی اولیه، 3 نمونه 30 گرمی در یک آون در دمای 105 درجه سانتی‌گراد به مدت 24 ساعت خشک شدند. میزان رطوبت بر پایه وزن خشک گیاه که به صورت درصد بیان می‌شود، از رابطه زیر محاسبه شد (24).

وزن ماده خشک / وزن رطوبت = میزان رطوبت بر پایه وزن خشک

خشک‌کردن نمونه‌ها با چهار روش کلی انجام شد. 1- خشک‌کردن در خشک‌کن در دمای 30 درجه سانتی‌گراد؛ 2- خشک‌کردن در سایه مصنوعی در دمای 35 درجه سانتی‌گراد (پهن کردن محصول در هوای آزاد و با استفاده از پارچه از برخورد مستقیم نور خورشید به نمونه‌ها جلوگیری شد)؛ 3- دو دمای مختلف آون شامل 50 و 70 درجه سانتی‌گراد؛ 4- ماکروویو با توان‌های 100، 180، 300، 450، 600 و 900 وات و نمونه تازه که به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شد.

برای انجام آزمایش نمونه‌های گیاهی صبح زود برداشت شدند و بعد از حذف شاخه‌های زاید، نمونه‌های برگ به میزان 100 گرم (به‌عنوان یک واحد آزمایشی) توزین شدند. نمونه‌های موجود در سایه هر یک ساعت، نمونه‌های آون هر نیم ساعت و نمونه‌های ماکروویو هر 20 ثانیه وزن شدند و روند کاهش وزن ثبت گردید. خشک‌کردن نمونه‌ها تا رسیدن وزن نمونه‌ها به محتوای رطوبتی 0/10 بر پایه وزن خشک ادامه یافت. استخراج اسانس به روش تقطیر با آب و با استفاده از دستگاه کلونجر به مدت سه ساعت و در شرایط کاملاً یکسان صورت گرفت و بازده اسانس بر اساس وزن خشک نمونه‌ها محاسبه گردید. شاخص‌های رنگ نمونه‌ها، براساس مؤلفه‌های b*، a* و L* (درجه شفافیت رنگ) با استفاده از نرم افزار پردازش تصویر[2] (شش نمونه در هر تکرار) اندازه‌گیری و محاسبه شد و Chroma یا C (درجه

1 - *Mentha longifolia* L. subsp. Capensis

2 - Image Analayser

خلوص رنگ) و Hue (هیو) براساس فرمول زیر محاسبه گردیدند.

$$C = [ (a^*)^2 + (b^*)^2 ]^{1/2}$$
$$Hue = \tan^{-1} (b^*/a^*)$$

جهت تهیه عصاره به منظور اندازه‌گیری فاکتورهای بیوشیمیایی از روش وجدیلو و همکاران (35) استفاده شد. میزان فنل کل با روش فولین سیکالچو[1] تعیین شد (19). برای اندازه‌گیری میزان فلاوونوئید کل از روش زهیشن و همکاران (36) استفاده شد. جهت اندازه‌گیری میزان فلاون و فلاونول کل از روش بنوی و همکاران (13) استفاده شد. برای اندازه‌گیری میزان کربوهیدرات کل از روش کارول و همکاران (16) استفاده شد.

فعالیت‌آنتی اکسیدانی با روش DPPH[2] تعیین شد. در این روش، فعالیت خنثی‌کنندگی رادیکال آزاد توسط عصاره نمونه با روش اسپکتروفتومتری در طول موج 517 نانومتر تعیین شد (14).

تجزیه آماری و مقایسه میانگین داده‌های به دست آمده با استفاده از نرم افزار MINITAB وMSTAT-C انجام شد. میانگین داده‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال 5 درصد مقایسه شدند. نمودارها توسط نرم افزارExcel رسم گردید.

## نتایج و بحث

طبق نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول 1)، تأثیر روش‌های مختلف خشک‌کردن بر تمامی صفات مورد مطالعه معنی‌دار بود ($P<0/01$).

**زمان خشک شدن:** طولانی‌ترین زمان خشک‌شدن (570 دقیقه) مربوط به نمونه‌های خشک شده در خشک‌کن و بعد از آن نمونه‌های خشک شده در آون با دمای 50 درجه سانتی‌گراد با 345 دقیقه و سپس نمونه‌های خشک شده در آون با دمای 70 درجه سانتی‌گراد (213/3 دقیقه) و بعد از آن نمونه‌های خشک شده در سایه مصنوعی با 120 دقیقه بود و کم‌ترین زمان خشک‌شدن (5/03 دقیقه) مربوط به نمونه‌های خشک شده با ماکروویو با توان 900 وات بود و پس از آن‌ها نمونه‌های خشک شده در ماکروویو با توان‌های 600، 450، 300 و 180 وات به ترتیب کم‌ترین زمان خشک‌کردن را به خود اختصاص دادند اگر چه اختلاف معنی‌داری بین نتایج حاصل از این توان با توان 900 وات مشاهده نشد، در واقع با کاهش توان ماکروویو زمان خشک‌کردن افزایش یافت (جدول 2). روند خشک کردن نمونه‌ها تحت تیمارهای مختلف در شکل 1 و 2 منعکس شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود در تمامی تیمارها با افزایش دمای خشک شدن شیب منحنی خشک‌شدن تندتر می‌شود.

1 - Folin- Ciocalteu
2 - 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)

جدول 1- نتایج تجزیه واریانس، روش‌های مختلف خشک‌کردن بر خصوصیات اندازه‌گیری شده در گیاه دارویی نعنا فلفلی

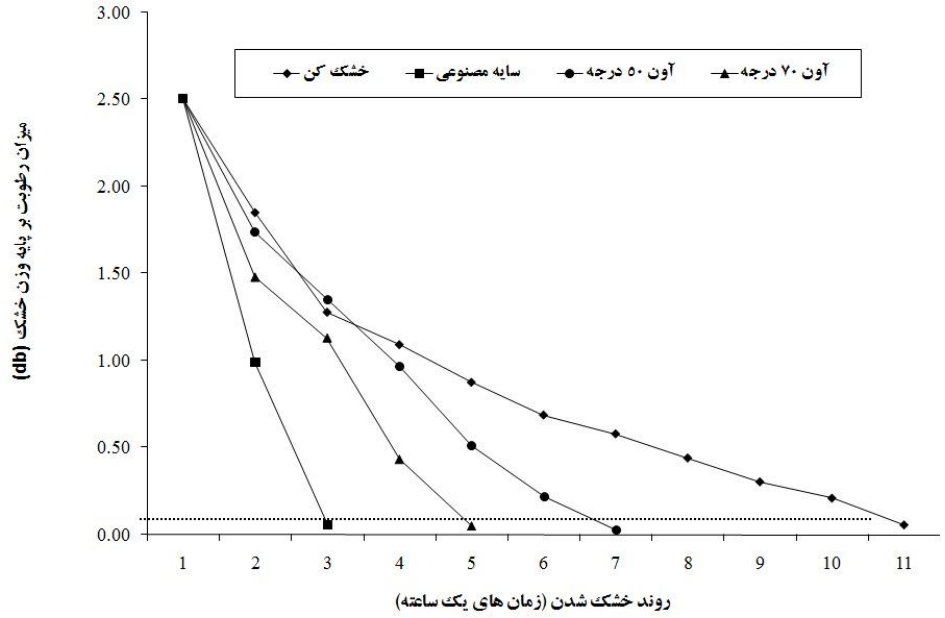
| منبع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | زمان خشک شدن | درصد اسانس | میزان ترکیبات فنلی | فلاوونوئید کل | فلاون و فلاونول کل | کربوهیدرات کل | فعالیت آنتی اکسیدانی | شاخص‌های رنگی | | |
| | | | | | | | | | a* | b* | L* | هیو | درجه خلوص رنگ |
| تیمار | ۱۰ | ۱۰۰۹۲۱** | ۳/۱۳** | ۱۹۳۷۳۰** | ۶۶۰۸۳** | ۲۸۵۹/۵** | ۴۱۷۰۳۵۳** | ۲۸۱۴/۴** | ۳۸/۲** | ۳۹/۶** | ۴۹/۹** | ۲۹۷/۴** | ۷۴/۵** |
| خطا | ۲۰ | ۱۵۱ | ۰/۰۲۴ | ۱۴۰۸ | ۳۴۷ | ۱۳ | ۲۸۹۶۷ | ۱۰/۱ | ۰/۱۱ | ۰/۶۹ | ۳/۵۴ | ۴/۲۸ | ۰/۶۲۹ |

** - نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد می‌باشد.

**جدول 2- مقایسه میانگین تیمارهای مختلف خشک کردن بر مدت زمان خشک شدن و خصوصیات رنگ نعنا فلفلی**

| روش خشک کردن | مدت زمان خشک‌شدن (دقیقه) | a* | b* | L* | هیو | درجه خلوص رنگ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| نمونه تازه | 0 g | 10/62 f | 12/06 a | 31/70 b | 49/40 a | 15/95 a |
| خشک کن | 570 a | 2/15 e | 5/20 b | 30/84 bc | 67/64 de | 5/630 b |
| سایه مصنوعی | 120 d | 2/43 e | 5/44 b | 35/78 a | 65/97 d | 5/950 b |
| آون 50 درجه | 345 b | 1/20 cd | 4/28 c | 30/55 bc | 74/09 fg | 4/450 c |
| آون 70 درجه | 213/3 c | 0/87 bc | 3/95 cd | 25/43 ef | 77/14 gh | 4/040 cd |
| ماکروویو900 وات | 5/030 fg | 1/34 d | 2/48 ef | 23/33 fg | 61/61 c | 2/820 ef |
| ماکروویو600 وات | 7/40 fg | 1/41 d | 4/04 cd | 28/61 cd | 70/62 ef | 4/290 cd |
| ماکروویو450 وات | 9/07 fg | 2/04 e | 3/22 de | 27/41 de | 57/67 b | 3/810 cde |
| ماکروویو300 وات | 14/47 fg | 1/55 d | 3/86 cd | 23/42 fg | 68/16 de | 4/160 cd |
| ماکروویو180 وات | 27/37 f | 0/20 a | 2/07 f | 31/30 b | 84/54 i | 2/080 f |
| ماکروویو100 وات | 69/17 e | 0/68 b | 3/15 de | 22/56 g | 77/80 h | 3/230 de |

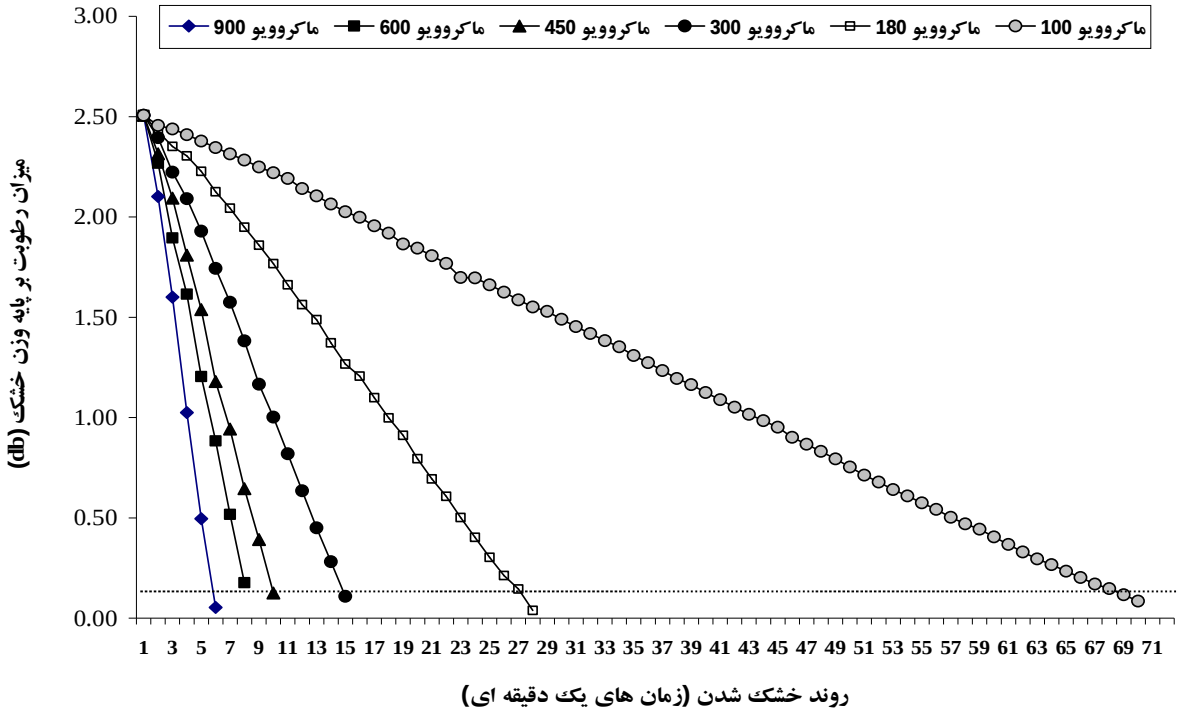
وجود حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال 5 درصد می‌باشد. کلیه اعداد موجود در ستون a* و هیو منفی می‌باشند.




**شکل 1- روند کاهش وزن برگ گیاه نعنا فلفلی تحت تأثیر تیمارهای خشک‌کردن در خشک‌کن، سایه مصنوعی و آون**
(خطوط نقطه چین نشان دهنده میزان رطوبت مجاز می‌باشد).

زمان خشک‌شدن تابعی از میزان رطوبت گیاهی و دمای محیط می‌باشد. در شرایطی که دما افزایش یابد، به دلیل تبخیر سریع‌تر، عمل خشک‌کردن نیز سریع‌تر صورت می‌گیرد. عزیزی و همکاران (6) در بررسی اثر روش‌های مختلف خشک‌کردن بر بابونه نشان دادند که، روش‌های ماکروویو و آون در مقایسه با روش طبیعی، زمان خشک‌شدن گل‌های بابونه را به صورت معنی‌داری کاهش داده است. از طرف دیگر زمان خشک‌شدن در روش ماکروویو (خصوصاً توان‌های بالا) نسبت به روش آون بسیار کوتاه‌تر بود. هم‌چنین نتایج به دست آمده در این تحقیق مبنی بر کاهش زمان خشک‌کردن با افزایش توان ماکروویو با نتایج محققان از جمله سیسال در جعفری (32) و عبادی و همکاران در مرزه (5) مطابقت دارد.

**درصد اسانس:** طبق نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول 1)، تأثیر روش‌های مختلف خشک‌کردن بر درصد اسانس معنی‌دار بود ($P<0/01$). مطابق شکل 3، بالاترین میزان اسانس (2/6 درصد) مربوط به نمونه‌های خشک شده در خشک‌کن بودند، سپس نمونه‌های سایه مصنوعی با 2/3 درصد، بالاترین میزان اسانس را نشان دادند، اگر چه در میزان اسانس این دو دسته از نمونه‌ها اختلاف معنی‌داری دیده نشد.




**شکل 2- روند خشک‌شدن برگ گیاه نعنا فلفلی تحت تأثیر توان‌های مختلف ماکروویو**

(خطوط نقطه چین نشان دهنده میزان رطوبت مجاز می‌باشد).

همچنین بین تیمار سایه مصنوعی با نمونه تازه و نمونه‌های خشک‌شده در تیمار آون دماهای 50 و 70 درجه سانتی‌گراد تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، درحالی‌که کم‌ترین میزان اسانس (0/1 درصد) در تیمار ماکروویو 900 وات بود که با تیمارهای 300، 450 و 600 وات تفاوت معنی‌داری نداشت. نتایج این آزمایش نشان داد که روش‌های مختلف خشک‌کردن بر میزان اسانس تأثیر دارد. در اسانس‌گیری به صورت تر اگر چه میزان اسانس تا حد زیادی حفظ می‌گردد ولی به علت میزان بالای رطوبت بافت‌ها و زمان طولانی‌تر جهت اسانس‌گیری مقرون به صرفه نمی‌باشد. محل قرار گرفتن مواد مؤثره در گیاهان نقش مهمی در حفظ کیفیت دارد. گیاهان دارویی شامل مواد مؤثره‌اند که یا در سلول‌های غده‌ای یا در کرک‌های سطح برگ‌ها (مثل رزماری) یا در بخش درونی سیستم کاپیلاری (مثل جعفری[1]) وجود دارند. گیاهانی که مواد مؤثره آن‌ها روی سطح برگ قرار دارند به شدت بالای انرژی خیلی حساسند، درنتیجه کاهش قابل توجه اسانس به دلیل شکستن و تخریب سلول‌های مولد اسانس صورت می‌گیرد. در رابطه با تأثیر روش‌های خشک‌کردن بر اسانس، تحقیقاتی توسط سایر محققان صورت گرفته است. احمدی و همکاران (1) در رابطه با تأثیر روش‌های مختلف خشک‌کردن بر گل محمدی (*Rosa damascene* Mill.) نشان دادند که میزان اسانس حاصل از گلبرگ‌های خشک شده در سایه نسبت به اسانس حاصل از نمونه‌های خشک شده با آون در دماهای 30 و 40 درجه سانتی‌گراد و روش آفتاب از لحاظ میزان اسانس تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. دمیر و همکاران (17) گزارش کردند که میزان اسانس و اجزاء اسانس برگ بو (*Laurus nibilis*) در روش‌های خشک کردن در سایه، آفتاب و دماهای 40، 50 و 60 درجه اختلافی نداشت. در تحقیقی در رابطه با خشک‌کردن پنج گونه بومادران (*Achillea sp.*)، نتایج نشان داده است که بالاترین میزان اسانس در همه گونه‌ها در نمونه‌های خشک شده در سایه به دست آمد و میزان اسانس به دست آمده در همه گونه‌ها در تیمار آفتاب نسبت به تیمارهای سایه و نمونه تر کم‌تر بود (7). آسکن و همکاران (11) بالاترین میزان اسانس در گونه‌ای از نعنا (*Mentha longifolia* L. subsp. *Capensis*) در روش‌های مختلف خشک‌کردن (آفتاب، هوای محیط، آون 40 درجه سانتی‌گراد و اسانس‌گیری به صورت تر) را در اسانس‌گیری از نمونه‌های خشک شده در آفتاب گزارش کردند.

**میزان ترکیبات فنلی کل**: نتایج مندرج در شکل 3 نشان می‌دهد که بالاترین میزان فنل کل (929/3 میلی‌گرم گالیک اسید در 100

1- *Petroselinum crispum*

گرم نمونه خشک) مربوط به نمونه تازه بود. در اثر خشک‌کردن میزان ترکیبات فنلی کل کاهش یافت. در بین تیمارهای خشک‌کردن، نمونه‌های خشک شده در تیمار ماکروویو 900 وات (506/4 میلی‌گرم گالیک اسید در 100 گرم نمونه خشک) و تیمار سایه مصنوعی (454/2 میلی‌گرم گالیک اسید در 100 گرم نمونه خشک) بیش‌ترین میزان فنل کل را داشتند، اگر چه این اختلاف معنی‌دار نبود. کم‌ترین میزان فنل کل (48/88 میلی‌گرم گالیک اسید در 100 گرم نمونه خشک) در تیمار آون با دمای 70 درجه سانتی‌گراد به دست آمد.

**فلاوونوئید کل:** بالاترین میزان فلاوونوئید کل (505/3 میلی‌گرم کوئرستین در 100 گرم نمونه خشک) مربوط به نمونه تازه بود، سپس نمونه‌های خشک شده در تیمارهای ماکروویو 900 وات (330/1 میلی‌گرم کوئرستین در 100 گرم نمونه خشک)، سایه مصنوعی (262/5 میلی‌گرم کوئرستین در 100 گرم نمونه خشک) و ماکروویو 600 وات (234/6 میلی گرم کوئرستین در 100 گرم نمونه خشک) بیش‌ترین میزان فلاوونوئیدکل را دارا بودند. کم‌ترین میزان فلاوونوئید کل (24/91 میلی‌گرم کوئرستین در 100 گرم نمونه خشک) در تیمار آون با دمای 70 درجه سانتی‌گراد بود که این تیمار با تیمار آون دمای 50 درجه سانتی‌گراد اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل 3).

**فلاون و فلاونول کل:** مطابق نتایج مندرج در شکل 3، بالاترین میزان فلاون و فلاونول کل مربوط به نمونه تازه (116/3 میلی‌گرم کوئرستین در 100 گرم نمونه خشک) بود. بعد از آن نمونه‌های خشک شده در تیمار ماکروویو 900 وات (86/61 میلی‌گرم کوئرستین در 100 گرم نمونه خشک) و سایه مصنوعی (62/62 میلی‌گرم کوئرستین در 100 گرم نمونه خشک) بیش‌ترین میزان فلاون و فلاونول کل را داشتند. کم‌ترین میزان فلاون و فلاونول کل در نمونه‌های خشک شده در آون با دمای 70 درجه سانتی‌گراد (8/970 میلی‌گرم کوئرستین در 100 گرم نمونه خشک) به دست آمد. نتایج همرونی- سلامی و همکاران (20) نشان داد که توان 800 وات ماکروویو سبب افزایش میزان فنل و فلاوونوئید کل شد. آن‌ها بیان کردند که با افزایش قدرت ماکروویو از 600 به 800 وات، میزان فنل کل به طور معنی‌داری افزایش یافت که حاکی از متلاشی شدن بیش‌تر بافت گیاه با افزایش توان ماکروویو است، که در نهایت باعث می‌شود تا ترکیبات فنلی بیش‌تری آزاد شوند که این مساله، با نتایج ما نیز مطابقت دارد. ارسلان و همکاران (10) نشان دادند که کم‌ترین میزان فنل کل در نمونه‌های خشک شده در آون بود، و نمونه‌های خشک شده در تیمار آون- ماکروویو بیش‌ترین میزان فنل کل داشتند و سپس در تیمار آفتاب بالاترین مقدار فنل کل بود که با نمونه تازه اختلاف معنی‌داری نداشت. آن‌ها بیان کردند که علت این افزایش احتمالاً به خاطر آزادسازی ترکیبات فنلی طی خشک‌کردن است و علت کاهش ترکیبات فنلی در آون، شاید به خاطر دمای بالا باشد. بسبس و همکاران (12) گزارش کردند که با افزایش دمای خشک‌کردن، میزان ترکیبات فنلی کل کاهش می‌یابد که می‌تواند به دلیل اثر تخریبی دماهای بالا روی ترکیبات فنلی باشد. راکیک و همکاران (21) تغییرات مشاهده شده در میزان ترکیبات فنلی در دمای بالا را به تأثیر حرارت بر ترکیبات تاننی نسبت دادند. تانن‌های قابل هیدرولیز در درجه حرارت‌های بالا تجزیه می‌شوند. ترکیبات فنلی در درون اندامک‌هایی به نام واکوئل قرار دارند و فرآیند خشک‌کردن باعث تخریب ساختارهای سلولی و واکوئل‌ها و خروج ترکیبات فنلی از آن‌ها می‌شود، بنابراین ترکیبات فنلی در مقابل هر تغییری حساس می‌شوند و با افزایش دما از بین می‌روند (22).

**فعالیت آنتی‌اکسیدانی:** نتایج مندرج در شکل 3 نشان می‌دهد که بالاترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی (درصد مهار رادیکال‌های آزاد) مربوط به نمونه‌های خشک شده در روش‌های سایه مصنوعی، ماکروویو 600 وات، نمونه تازه، تیمارهای ماکروویو 900 وات و ماکروویو 450 وات بود که با هم اختلاف معنی‌داری نداشتند و کم‌ترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی در نمونه‌های خشک شده در آون با دمای 70 و 50 درجه سانتی‌گراد بود. نتایج همرونی- سلامی و همکاران (20) نشان داد که در بین روش‌های خشک‌کردن، تیمار ماکروویو با توان 800 وات بیش‌ترین فعالیت مهارکنندگی رادیکال‌های آزاد وجود داشت، درحالی‌که کم‌ترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی در روش آون با دمای 65 درجه بود. با افزایش دما قدرت احیاکنندگی عصاره‌ها کاهش می‌یابد که به علت اثر تخریبی دما بر ترکیبات فنلی است، زیرا این ترکیبات تأثیر مستقیمی بر قدرت احیا کنندگی عصاره‌های حاصل دارند (18). شهدادی و همکاران (4) گزارش کردند که بیش‌ترین و کم‌ترین فعالیت آنت اکسیدانی به ترتیب مربوط به خرمای خشک شده در آفتاب و خرمای خشک شده در گرم‌خانه 80 درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

پیگا و همکاران (28) علت افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی در آلو پس از خشک شدن در دمای 85 درجه سانتی‌گراد با توجه به تشکیل محصولات واکنش میلارد طی فرآیند خشک‌کردن دانستند. نیکولای و همکاران (27) نشان دادند که علت افزایش آنتی‌اکسیدان با توجه به تشکیل محصولات واکنش میلارد است که نتایج حاصل از واکنش تراکمی بین اسیدهای آمینه (یا پروتئین‌ها) و کاهش قند و یا اکسیداسیون محصولات چربی است. ال فارسی و همکاران (9) نشان دادند که خشک‌کردن با آفتاب باعث کاهش معنی‌داری در فعالیت آنتی‌اکسیدانی سه رقم خرما شد، که این کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی به خاطر تجزیه آنتی اکسیدان‌های طبیعی طی فرآیند خشک‌شدن است.

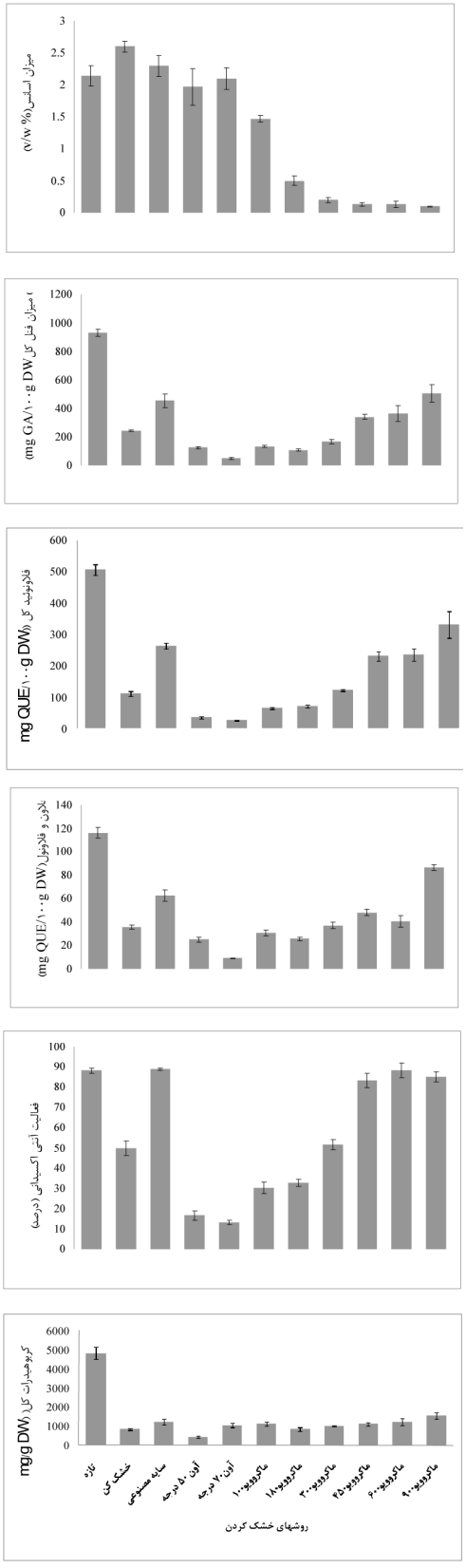
**کربوهیدرات کل**: بالاترین میزان کربوهیدرات کل مربوط به نمونه تازه بود. از بین روش‌های خشک‌کردن بیش‌ترین میزان کربوهیدرات کل تیمار ماکروویو 900 وات دیده شد. اگر چه نمونه‌های خشک شده در ماکروویو 600 وات و سایه مصنوعی نیز میزان بالایی

کربوهیدرات کل نشان دادند اما این اختلاف با سایر نمونه‌ها معنی‌دار نبود. هم‌چنین کم‌ترین میزان کربوهیدرات کل در نمونه‌های خشک‌شده در آون با دمای 50 درجه سانتی‌گراد بود (شکل 3). توماس و همکاران (33) با مطالعه بر سویا (*Glycine max*) نشان دادند که با افزایش دما میزان کربوهیدرات کل کاهش می‌یابد، در واقع با افزایش دما از متوسط 22 درجه سانتی‌گراد میزان کربوهیدرات کل بسیار کاهش می‌یابد. مباح و همکاران (25) تأثیر روش‌های خشک‌کردن (آفتاب، سایه و آون) بر دو رقم مورینگا (*Moringa oleifera*) را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که، فرآیند خشک کردن سبب افزایش میزان کربوهیدرات کل شده است. بیش‌ترین میزان کربوهیدرات در نمونه‌های خشک شده رقم Nsukka با روش آفتاب و سپس در تیمار آونی رقم Anambra به دست آمد و کم‌ترین میزان کربوهیدرات در نمونه‌های تازه بود.

### خصوصیات رنگ نمونه‌ها

همان‌طور که در جدول 2 مشاهده می‌شود، از نظر شاخص L* (شاخص درخشندگی یا درجه شفافیت رنگ)، بالاترین میزان (35/78) مربوط به نمونه‌های خشک شده در سایه مصنوعی بود که با نمونه تازه اختلاف معنی‌داری داشت و کم‌ترین میزان (22/56) در نمونه‌های خشک شده در ماکروویو با توان 100 وات بود که با تیمارهای ماکروویو 300 و 900 وات اختلاف معنی‌داری نداشت. شاخص L* نشان دهنده روشنی یا تیرگی رنگ است، که دامنه آن از L=0 (تاریکی) تا L=100 (سفید) است. کاهش شاخص L*، به معنی تیره بودن رنگ نمونه‌ها می‌باشد که با افزایش ضخامت محصول و طولانی‌بودن زمان خشک‌شدن شاخص L* کاهش می‌یابد و محصول تیره‌تر می‌شود. ارسلان و همکاران (10) بیان کردند که علت تیره شدن برگ‌ها می‌تواند به دلیل درجه حرارت بالا و طولانی بودن زمان خشک‌شدن باشد. سیسال و همکاران (30) از ماکروویو با توان 900 وات برای خشک‌کردن جعفری استفاده کردند. آن‌ها بیان کردند که هر چه مقدار نمونه گیاهی بیشتری برای خشک کردن در دستگاه قرار گیرد، اگر چه که مدت زمان خشک کردن کاهش می‌یابد اما به دلیل افزایش ضخامت محصول از کیفیت نمونه‌ها کاسته می‌شود. هم‌چنین سیسال (32) گزارش کرد که خشک کردن جعفری با ماکروویو منجر به تیره شدن برگ‌ها در مقایسه با نمونه تازه می‌شود.

شاخص a*+، سرخی افزایشی و a*-، سبزی افزایشی نشان می‌دهد، که هر چه این شاخص منفی‌تر باشد بهتر است (کلیه اعداد به دست آمده در این آزمایش منفی هستند). بیش‌ترین میزان شاخص a*، (10/62-) در نمونه تازه و کم‌ترین میزان (0/2 -) مربوط به نمونه‌های خشک شده در ماکروویو با توان 180 وات بود. شاخص b*+، زردی افزایشی، b*-، آبی افزایشی و درجه خلوص رنگ درخشندگی یا شدت رنگ را نشان می‌دهد.




**شکل 3- تأثیر روش‌های مختلف خشک‌کردن بر خصوصیات بیوشیمیایی نعنا فلفلی**

بالاترین میزان شاخص b* و درجه خلوص رنگ در نمونه تازه و سپس در تیمارهای سایه مصنوعی و خشک‌کن بود و کم‌ترین میزان در تیمارهای ماکروویو 180 و 900 وات بود. شاخص هیو که میزان سبزی را شرح می‌دهد، که هر چه میزان این شاخص کم‌تر باشد نشان دهنده کیفیت بهتر رنگ است. بالاترین میزان شاخص هیو در نمونه تازه و سپس در تیمار ماکروویو 450 وات بود و کم‌ترین میزان در تیمار ماکروویو 180 وات بود. واگ- گالوز و همکاران (34) تأثیر دماهای مختلف خشک کردن بر خصوصیات رنگ نمونه‌های فلفل قرمز را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که با افزایش دما رنگ نمونه‌ها کاهش یافته و نمونه‌های خشک شده در دمای 90 درجه سانتی‌گراد تیره‌تر بودند. محتشمی و همکاران (8) با بررسی تأثیر روش‌های خشک کردن (آفتاب، سایه، آون 30، 40 و 50 درجه سانتی‌گراد) بر خصوصیات رنگ گیاه بادرشبی (*Dracocephalum moldavica* L.) نشان دادند که، بالاترین میزان شاخص‌های درجه خلوص رنگ و a*، مربوط به تیمارهای آون با دمای 30 درجه سانتی‌گراد و سایه بود. بیش‌ترین میزان b*، مربوط به نمونه‌های خشک شده با آون دمای 30 درجه سانتی‌گراد بود و بقیه تیمارها با هم اختلاف معنی‌داری نداشتند، هم‌چنین بیش‌ترین و کم‌ترین میزان هیو مربوط به تیمار آون با دمای 50 درجه سانتی‌گراد و تیمار سایه بود. جوکار و همکاران (3) بیان کردند که با افزایش سرعت جریان هوا و ضخامت محصول انار (*Punica granatum* L.) شاخص $L^*$ کاهش می‌یابد، بنابراین با افزایش مدت زمان خشک‌شدن محصول باقی مانده در دستگاه (خشک‌کن) تیره‌تر می‌شود. هم‌چنین با افزایش ضخامت محصول و سرعت جریان هوای داخل خشک‌کن شاخص a* (قرمزی محصول انار) کاهش می‌یابد ولی شاخص $b^*$ (زردی محصول) بیش‌تر می‌شود.

## نتیجه‌گیری

از آن‌جا که روش‌های خشک کردن با ماکروویو در مقایسه با روش آون و سایه، مدت زمان لازم برای خشک کردن نعنا فلفلی را به صورت معنی‌داری کاهش داد، برای خشک کردن نعنافلفلی خیلی مؤثر بود. درحالی‌که روش خشک کردن در خشک کن و سایه مصنوعی از نظر درصد اسانس به عنوان بهترین روش در نظر گرفته شد. هم‌چنین از نظر خصوصیات رنگ نمونه‌های تازه و نمونه‌های خشک شده با روش سایه مصنوعی سطح قابل قبولی داشتند درحالی‌که این خصوصیت در تعدادی از تیمارهای ماکروویو کاهش یافت. روش خشک کردن در سایه مصنوعی و خشک کردن با توان 900 وات ماکروویو از این جهت که خصوصیات بیوشیمیایی بررسی شده را حفظ خواهند کرد بسیار مطلوب خواهند بود. با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان اظهار نمود که بهترین روش برای خشک کردن نعنا فلفلی، خشک‌کردن در سایه مصنوعی می‌باشد.

## منابع


1- احمدی ک.، سفیدکن ف.، و عصاره م.ح .1387. تأثیر روش‌های مختلف خشک کردن بر کمیت و کیفیت اسانس سه ژنوتیپ از گل محمدی (*Rosa damascena* Mill.). تحقیقات گیاهان دارویی، 24(2): 162- 176.

2- امیدبیگی ر. 1376. تولید و فرآوری گیاهان دارویی، جلد سوم. طراحان نشر.

3- جوکار ا.، زمردیان ع.، مفتون آزاد ن.، و جوکار ل. 1391. تعیین شرایط بهینه خشک کردن دانه انار در خشک‌کن خورشیدی با استفاده از روش سطح پاسخ. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، 13 (1): 57- 72.

4- شهدادی ف.، میرزایی ح.ا.، مقصودلو ی.، قربانی م. و دارایی گرمه خانی ا. 1390. تأثیر فرایند خشک کردن بر میزان ترکیبات فنولی و فعالیت آنتی اکسیدانی دو رقم خرمای کلوته و مضافتی (*Phoenix ductylifera*). مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، 6(3): 67- 74.

5- عبادی م. ت.، رحمتی م.، عزیزی م.، و حسن زاده خیاط م. 1389. بررسی تأثیر روش‌های مختلف خشک کردن (طبیعی، آون و میکروویو) بر زمان خشک کردن، درصد و اجزای اسانس گیاه دارویی مرزه (*Satureja hortensis* L.). فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، 26 (4) : 477-489.

6- عزیزی م.، رحمتی م.، عبادی ت.، و حسن زاده خیاط م. 1388. بررسی تأثیر روش‌های مختلف خشک کردن بر سرعت کاهش وزن، میزان اسانس و درصد کامازولن گیاه دارویی بابونه (*Matricaria recutita* L.). فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، 25 (2): 182-192.

7- غنی ع. و عزیزی م. 1388. بررسی اثر روش‌های مختلف خشک کردن بر خصوصیات ظاهری و میزان اسانس 5 گونه بومادران (*Achillea*). مجله علمی کشاورزی، 32(1): 1-11.

8- محتشمی س.، بابالار م.، ابراهیم زاده موسوی م.، میرجلیلی م.ح.، و ادیب ج. 1391. اثر شرایط کشت و روش‌های مختلف خشک کردن، بر مدت زمان خشک شدن، میزان اسانس، خصوصیات رنگ و بار میکروبی گیاه دارویی بادرشبی (*Dracocephalum moldavica* L.). مجله

علوم باغبانی ایران، 43 (2): 243- 254.

9- Al- Farsi M., Alasalvar C., Morris A., Baron M., and Shahidi F. 2005. Comparison of antioxidant activity, anthocyanins, carotenoids, and phenolics of three native fresh and sun-dried date (*Phoenix dactylifera* L.) varieties grown in Oman. Food Chemistry, 53: 1752-9.
10- Arslan D., Ozcan M.M., and Okyay Menges H. 2010. Evaluation of drying methods with respect to drying parameters, some nutritional and colour characteristics of peppermint (*Mentha x piperita* L.). Energy Conver and Manage, 51: 2769- 2775.
11- Asekun O.T., Grierson D.S., and Afolayan A.J. 2007. Effects of drying methods on the quantity and quanity of the essential oil of *Mentha longifolia* L. subsp *Capensis*. Food Chemistry, 101: 995- 998.
12- Besbes S., Blecker C., Deroanne C., Bahloul N., Lognay G., and Drira N. E. 2004. Date seed oil: phenolic, tocopherol and sterol profiles. Journal Food Lipids, 11: 251- 5.
13- Bonvehi J.S., Coll F.V. 1994. Phenolic composition of propolis from China and from South America. Z Naturforsch 49: 712- 718.
14- Burits M., and Bucar F. 2000. Antioxidant activity of *Nigella sativa* essential oil. Phyto Research, 14: 323- 328.
15- Capecka E., Marecczek A., and Leja M. 2005. Antioxidant activity of fresh and dry herbs of some Lamiaceae species. Food Chemistry, 93: 223- 226.
16- Carroll N.V., Longley R.W., Roe J.H. 1956. Glycogen determination in liver and muscle by the use of anthrone. Journal Biology chemistry, 220: 583- 593.
17- Demir V., Gunhan T., Yagcioglu A.K. and Degirmencioglu A. 2004. Mathematical modeling and the determination of some quality parameters of Project No: DAQ-194 A. Available online at http://www.rirdc.gov.au.
18- Gao X., Bjok L., Trajkovski V., and Uggla M. 2000. Evaluation of antioxidant activities of rosehip ethanol extracts in different test systems. Journal Agriculture and Food Chemistry, 80: 2021- 7.
19- Gao X., Ohlander M., Jeppsson N., Bjork L., and Trajkovski V. 2000. Changes in antioxidant effects and their relationship to phytonutrients in fruits of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) during maturation. Journal Agriculture and Food Chemistry, 48: 1485- 1490.
20- Hamrouni Sellami I., Zohra rahali F., Bettaieb Rebey I., Bourgou S., Limam F., and Marzouk B. 2012. Total phenolics, flavonoids, and antioxidant activity of sage (*Salvia officinalis* L.) plants as affected by different drying methods. Food Bioprocess Technology, 5: 2978–2989.
21- Rakic S., Petrovic S., Kukic J., Jadranin M., Tesevic V. and Povrenovic D. 2007. Influence of thermal treatment on phenolic compounds and antioxidant properties of oak acorns from Serbia. Food Chemistry, 104: 830- 4.
22- Harboune N., Marete E., Jacquier J.C., and O'Riordan D. 2009. Effect of drying methods on the phenolic constituents of meadow sweet *(Filipendula ulmaria*) and willow *(Salix alba*). Food Chemistry, 42(9): 1468- 73.
23- Maffei M., Bertea C.M., and Mucciarelli M. 2007. Anatomy, physiology, biosynthesis, molecular biology, tissue culture, and biotechnology of mint essential oil production: 41- 87. In: Lawrence, B.M., (Ed.). Mint: the genus mentha. Taylor and Francis Publishers, London, 576 p.
24- Martinov M., Oztekin S. and Muller J. 2007. Medicinal and aromatic crops. CRC Press, United States of America, 320 p.
25- Mbah B.O., Eme P.E., and Paul A.E. 2012. Effect of drying techniques on the proximate and other nutrient composition of *Moringa oleifera* leaves from two areas in eastern Nigeria. Pakistan Journal Nutrition, 11(11): 1044- 1048.
26- Muller J., Reisinger G., and Muhlbauer W. 1989. Drying of medicinal and aromatic plants in a greenhouse solar dryer. Landtechnik, 2: 58- 65.
27- Nicoli M.C., Anese M., and Parpinel M. 1999. Influence of processing on the antioxidant properties of fruits and vegetables. Trends in Food Science and Technology, 10: 94- 100.
28- Piga A., Del Caro A., Corda G. 2003. From plums to prunes: influence of drying parameters on polyphenols and antioxidant activity. Journal Agricultural and Food Chemistry, 51: 3675- 3681.
29- Soysal Y., Oztekin S., and Eren O. 2006. Microwave drying of parsley: modelling, kinetics, and energy aspects. Biosystems Engineer, 93(4): 403- 413.
30- Soysal Y., and Oztekin S. 2001. Technical and economic performance of a tray dryer for medicinal and aromatic plants. Journal Agriculture Engineer Research, 79: 73- 79.
31- Soysal Y.M. 2004. Microwave drying characteristics of parsley. Biosystems Engineering, 89: 167- 73.
32- Tomas J.M.G., Boot K.J., Allen L.H., Allo-Meagher M., and Davis J.M. 2003. Elevated temperature and carbon dioxide effects on Soybean seed composition and transcript abundance. Crop Science, 43: 1548- 1557.
33- Vega-Gálvez A., Scala K.D., KLemus-Mondaca R., Miranda M., López J., and Perez-Won M. 2009. Effect of airdrying temperature on physico-chemical properties, antioxidant capacity, colour and total phenolic content of red pepper (*Capsicum annuum* L. var. Hungarian). Food Chemistry, 117(4): 647- 53.
34- Wojdyło A., Oszmianski J., and Czemerys R. 2007. Antioxidant activity and phenolic compounds in 32 selected herbs. Food Chemistry, 105: 940- 949.
35- Zhishen J., Mengcheng T., and Jianming W. 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. Food Chemistry, 64: 555-559.