دو فصلنامه علمی- پژوهشی علوم سبزی‌ها
سال ۴- شماره ۷- بهار و تابستان ۱۳۹۹- صفحات (۸۳-۷۱)

Journal of Vegetables Sciences
Vol 4, No 7, Spring & Summer 2020, Pages (71-83)
DOI: 10.22034/iuvs.2020.125749.1095

اثر روش‌های مختلف خشک کردن بر برخی صفات کمی و کیفی نعناع (*Mentha sativa* L.)

سپیده عابدی[۱]، راهله ابراهیمی[۲]* و احمد خلیقی[۳]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم باغبانی و زراعی، دانشکده علوم کشاورزی و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲- استادیار گروه علوم باغبانی و زراعی، دانشکده علوم کشاورزی و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۳- استاد گروه علوم باغبانی و زراعی، دانشکده علوم کشاورزی و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

* نویسنده مسئول: rebrahimi@srbiau.ac.ir

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۱۴- تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۲۳)

چکیده

به‌منظور بررسی اثر روش‌های مختلف خشک کردن بر برخی صفات کمی و کیفی نعناع، آزمایشی به‌صورت کاملاً تصادفی با سه تکرار در آزمایشگاه علوم باغبانی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران در سال ۱۳۹۵ انجام شد. تیمارها شامل خشک کردن در سایه، خشک کردن در آفتاب، خشک کردن در آون با دمای ۴۵، ۵۵ و ۶۵ درجه سانتی‌گراد بودند. نتایج نشان داد روش خشک کردن تأثیر معنی‌داری بر زمان خشک شدن، میزان اسانس، بار میکروبی، خصوصیات ظاهری و رنگ نمونه‌های نعناع داشت، در حالی‌که تأثیر معنی‌داری بر میزان ترکیبات فنولی، مقدار عناصر معدنی و نیز اجزاء اسانس نداشت. بهترین نتایج از نظر میزان اسانس، رنگ و خصوصیات ظاهری نمونه‌ها در تیمارهای خشک‌شدن در سایه و آون دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد حاصل شد، در حالی‌که بهترین نتایج به لحاظ مدت زمان خشک شدن و میزان بار میکروبی در تیمار خشک‌شدن با آون در دماهای بالا به‌دست آمد. همچنین نتایج آنالیز اسانس توسط دستگاه GC/MS نشان داد که اجزاء اصلی اسانس نعناع شامل لیمونن و کاروُن در مجموع بیش از ۸۰ درصد اجزاء اسانس را تشکیل دادند.

واژه‌های کلیدی: اسانس، بار میکروبی، خشک شدن، نعناع.

مقدمه

نعناع (*Mentha sativa* L.) متعلق به تیره نعناعیان (Lamiaceae) گیاهی است از رده دولپه‌ای‌های پیوسته گلبرگ، چند ساله، علفی و پایا که بومی آسیا و اروپا بوده و در بسیاری از نقاط دنیا یافت می‌شود. تیره نعناعیان دارای ۱۸۷ جنس و ۳۰۰۰ گونه است. این گیاه خواصی شبیه پونه دارد، ولی برگ‌هایش کرک کمتر، بریدگی‌های کناری بیشتر و اسانس ملایم‌تری دارند (Rita & Animesh, 2011). بخش‌های هوایی گیاه، به‌خصوص برگ‌ها و سرشاخه‌های گل‌دار نعناع معطر بوده، کاربردهای صنعتی و دارویی فراوانی داشته و مصرف آن به شکل‌های مختلف از جمله تازه، خشک، اسانس، دم‌کرده و پودر امکان‌پذیر است. از

خواص دارویی نعناع می‌توان به خاصیت ضد اسپاسم، ضد نفخ و خنک‌کنندگی آن اشاره کرد. همچنین نعناع باعث کاهش میزان کلسترول خون، درمان درد گوش و قلب شده و برای تقویت اعصاب بسیار مفید است (Mckay & Blumberg, 2006).

خشک کردن یکی از قدیمی‌ترین، رایج‌ترین، ساده‌ترین و ارزان‌ترین روش‌های فرآوری و نگهداری سبزی‌ها پس از برداشت است. در فرآیند خشک کردن مقدار قابل‌توجهی از آب ماده غذایی کاهش یافته و از این طریق فعالیت آبی، میکروبی و آنزیمی محصول و همچنین فعالیت میکروارگانیسم‌ها و مخمرها محدود شده، تغییرات فیزیکی و شیمیایی هنگام انبارداری به حداقل می‌رسد و به تبع آن عمر انبارداری محصول افزایش می‌یابد. بدین ترتیب محصولاتی با خواص کیفی و تغذیه‌ای جدید تولید می‌شوند. خشک کردن همچنین باعث کاهش وزن و حجم بسته‌بندی و هزینه‌های حمل و نقل و انبارداری می‌شود (Rocha *et al.*, 2011; Li *et al.*, 2005)، به‌علاوه فرآیند خشک کردن یکی از راه‌حل‌های کارآمد به‌منظور کاهش ضایعات بیش از حد کشاورزی و مواد دور ریختنی صنایع غذایی به‌ویژه سبزی‌ها و تبدیل آن‌ها به موادی قابل‌استفاده و مفید با دوره نگهداری طولانی‌مدت می‌باشد.

برای خشک کردن اندام‌های مختلف گیاهی، از روش‌های مختلف طبیعی و مصنوعی استفاده می‌شود که مهم‌ترین آن‌ها شامل خشک کردن در سایه، خشک کردن انجمادی (Ratti & Mujumdar, 2006)، خشک کردن در هوای داغ (Motevali *et al.*, 2011)، خشک کردن در مایکروویو (Wang *et al.*, 2009)، خشک کردن در آفتاب (Forson *et al.*, 2007; Vijayavenkataraman *et al.*, 2012) و خشک کردن با امواج مادون قرمز در آون (Sharma *et al.*, 2005) می‌باشند، اگرچه انتخاب روش خشک کردن به‌میزان و نوع رطوبت موجود در اندام‌های گیاه بستگی دارد.

روش مورد استفاده برای خشک کردن تأثیر مهمی بر صفات کمی و کیفی و محتوی اجزای اسانس سبزی‌ها و گیاهان معطر دارد. البته تأثیر فرآیند خشک کردن بر عملکرد کل و محتوی اجزای اسانس، بسته به دمای مورد استفاده، طول دوره خشک کردن و نوع گونه گیاهی می‌تواند متفاوت باشد. خشک کردن طبیعی با استفاده از جریان هوای گرم به‌دلیل کاهش هزینه‌ها، یکی از مهمترین روش‌های مورد استفاده در خشک کردن محصولات کشاورزی محسوب می‌شود. با این وجود، خشک کردن طبیعی (تحت شرایط سایه و آفتاب) نیز معایبی نظیر عدم امکان جابه‌جایی مقادیر زیاد ماده گیاهی و دست‌یابی به استانداردهای ثابت کیفیت را به‌دنبال دارد. از جمله معایب خشک کردن با هوای گرم نیز می‌توان به بازده پایین انرژی و زمان‌بر بودن این فرآیند اشاره نمود.

Ghaffari و Saeedi (۲۰۱۴) تغییرات اسانس گیاه دارویی پونه تحت تیمارهای مختلف خشک کردن را بررسی کردند. برای مطالعه تأثیر روش‌های مختلف خشک کردن، شش تیمار مختلف شامل خشک کردن در سایه، آفتاب، آون در دمای ۴۰ و ۸۰ درجه سانتی‌گراد، مایکروویو با توان ۶۰۰ و ۱۰۰۰ وات مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد بیشترین میزان اسانس (۰/۹۴ درصد) در تیمار خشک کردن در آون با دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد. Rubinskiene و همکاران (۲۰۱۵) نیز در مطالعه‌ای اثر روش‌های خشک کردن طبیعی، مایکروویو، مادون قرمز و خلاء بر روی میزان اسانس و رنگ گیاه نعناع فلفلی را بررسی کردند. آن‌ها مشاهده نمودند که بیشترین و کمترین میزان اسانس نعناع فلفلی به‌ترتیب با (۰/۶۸-۰/۶۴ درصد)

و (۰/۰۸-۰/۰۶۵ درصد) در روش‌های خشک کردن طبیعی و مایکروویو به‌دست آمدند. کمترین میزان تغییر رنگ برگ‌های خشک شده نعناع فلفلی نیز به روش خشک کردن در خلاء اختصاص داشت.

با توجه به اهمیت سبزی‌های معطّر از جمله نعناع و تأثیر قابل‌توجه روش‌های مختلف خشک کردن بر کمیت و کیفیت این گونه‌های ارزشمند، این مطالعه با هدف بررسی تأثیر روش‌های مختلف خشک کردن بر برخی صفات کمی و کیفی نعناع انجام شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر روش‌های مختلف خشک کردن بر برخی صفات کمی و کیفی نعناع، آزمایشی به‌صورت طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در آزمایشگاه‌های دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران در سال ۱۳۹۵ انجام شد. تیمارها شامل خشک کردن در سایه (دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد)، خشک کردن در آفتاب (دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد)، خشک کردن در آون با دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد، خشک کردن در آون با دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد و خشک کردن در آون با دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد بودند.

اندازه‌گیری صفات و خصوصیات نعناع پیش از اعمال تیمارهای خشک کردن

برای اندازه‌گیری رطوبت نعناع از روش استاندارد ASABE S358.2 (2010) استفاده شد.

تعیین مدت زمان خشک شدن، عناصر پر مصرف و کم‌مصرف

جهت تعیین مدت زمان خشک شدن مقدار ۱۰۰ گرم از برگ‌های گیاه نعناع از هر تیمار برداشته شد و نمونه‌های گیاهی تا رسیدن به محتوی ۱۰ درصد رطوبت، خشک شدند. در همه روش‌ها برگ‌ها به ضخامت دو سانتی‌متر قرار داده شدند و یک بار جابه‌جا شدند. دمای روش خشک کردن در سایه ۲۵ درجه سانتی‌گراد و در روش آفتاب ۳۰ درجه سانتی‌گراد بود. جهت مشخص نمودن مدت زمان خشک کردن، وزن نمونه با توزین آن‌ها در فواصل زمانی مشخص تعیین گردید. برای تعیین محتوای رطوبتی اولیه، ۵۰ گرم از هر نمونه در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ ساعت خشک شد (Martinov *et al*., 2007):

جهت تعیین میزان عناصر پرمصرف و کم‌مصرف ابتدا دو گرم از نمونه آسیاب شده گیاه در کروزه‌های چینی از پیش توزین شده ریخته و در داخل کوره (مدل FTMF-701, South Korea) قرار داده شدند، سپس به‌تدریج دمای کوره در عرض دو ساعت به ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد رسانده شد. پس از این مدت نمونه‌های گیاهی به‌مدت هشت ساعت در کوره قرار گرفتند. پس از خنک شدن نمونه‌ها و سفید رنگ شدن خاکستر، کروزه‌ها از کوره خارج شده و مقدار خاکستر همراه با بوته چینی توزین شد.

پس از تهیه عصاره‌های گیاهی، اندازه‌گیری میزان نیتروژن کل گیاه با دستگاه کجلدال، اندازه‌گیری میزان فسفر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتری در طول موج ۴۷۰ نانومتر، اندازه‌گیری کلسیم و منیزیم گیاه با استفاده از روش تیتراسیون، اندازه‌گیری میزان سدیم و پتاسیم با دستگاه فلیم‌فتومتر (مدل BWB XP, England) و اندازه‌گیری میزان آهن، روی، مس و منگنز گیاه با استفاده از دستگاه جذب اتمی (مدل Trace AI1200, Canada) انجام شد.

جهت اندازه‌گیری عناصر پر مصرف و کم‌مصرف در نمونه‌های حاصل از روش‌های مختلف خشک کردن نعناع، از روش‌های ذکر شده در بخش اندازه‌گیری عناصر پر مصرف و کم‌مصرف پیش از اعمال تیمارهای خشک کردن استفاده گردید.

اندازه‌گیری میزان و اجزای اسانس

عمیات اسانس‌گیری با آسیاب کردن برگ‌های نعناع و قرار دادن آن‌ها در دستگاه کلونجر (مدل ۱۰-۸۵۰۰۰ شرکت صنایع شیشه‌آلات آزمایشگاهی و صنعتی سینا شیشه، ایران) به‌مدت سه ساعت انجام شد. پس از انجام عملیات توزین، اسانس به‌دست آمده با استفاده از سولفات سدیم خشک و کاملاً آبگیری و در یخچال نگهداری شد. در نهایت مقدار اسانس به‌صورت وزنی گزارش شد (Malekizadeh *et al*., 2012).

برای شناسایی ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس‌ها از دستگاه کروماتوگرافی گازی متصل به طیف‌سنج جرمی استفاده شد (Bahmanpour, 2015).

اندازه‌گیری فنول، کیفیت رنگ و بار میکروبی

فنول کل با استفاده از معرف فولین- سیوکالتو تعیین شد (Singleton & Rossi, 1965).

برای ارزیابی تأثیر روش خشک کردن بر کیفیت ظاهری نمونه‌ها پس از اعمال روش خشک کردن، ارزیابی چشمی صورت گرفت و نمره یک تا چهار به نمونه‌ها داده شد که نمره‌ها معرف خصوصیات کیفی نمونه بودند.

جهت تعیین میزان آلودگی میکروبی در نمونه‌های گیاهی خشک شده با روش‌های خشک کردن مختلف از دستورالعمل‌های شماره ۵۲۷۲ و ۱۳۹۳ مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران استفاده شد (Mohtashami *et al*., 2012). موارد آزمون شامل تعیین شمارش کلنی، جست‌وجو و شمارش کپک و مخمر بود. جهت تهیه سریال‌های رقت، ۱۰ گرم از نمونه وزن شده در ۹۰ میلی‌لیتر سرم فیزیولوژی سترون حل گردیده و کاملاً هموژن شد و بر طبق استاندارد ملی ایران شماره ۳۵۶، سریال‌های رقت از رقت اولیه تهیه گردیدند. شمارش کلی (باکتری‌های مزوفیل هوازی) با استفاده از محیط کشت نوترینت آگار در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد انجام شد. پس از سترون‌کردن محیط کشت، یک میلی‌لیتر از رقت‌های تهیه شده داخل پلیت‌ها ریخته شده و به طریق کشت عمیق یا پور پلیت کشت داده شدند. پلیت‌ها به مدت ۲۴ ساعت در انکوباتور در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. پس از مدت زمان مذکور شمارش انجام شد. شمارش کپک و مخمر در محیط کشت سابرود دکستروز آگار در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد صورت پذیرفت. پس از سترون کردن محیط کشت، به آن محلول کلرامفنیکل اضافه شد. پس از توزیع محیط کشت داخل پلیت‌ها و خنک شدن آن‌ها، ۰/۱ میلی‌لیتر از رقت‌های تهیه شده روی پلیت‌ها ریخته شده و کشت سطحی انجام شد. پلیت‌ها به مدت ۵-۳ روز در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و پس از مدت زمان مذکور، شمارش کلنی‌های باکتری در محیط کشت Plate Count Agar و شمارش کلنی‌های کپک و مخمر در محیط کشت Plate Dextrose Agar انجام گرفت.

آنالیز آماری

تجزیه آماری داده‌ها با نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲، مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج آنالیز گیاهی نمونه‌های نعناع قبل از اعمال تیمارهای خشک کردن در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- نتایج آنالیز گیاهی نعناع قبل از اعمال تیمارهای خشک کردن

نیتروژن (٪)	فسفر (٪)	پتاسیم (٪)	کلسیم	منیزیم	مس	سدیم	منگنز	آهن	روی
			---------- (میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک) ----------						
۳/۲۱	۰/۴۳	۲/۷۸	۱۲۵۳/۱	۶۸۱/۵	۱۹/۴۸	۸۳۴/۹	۷۸/۱۶	۳۲۶/۴	۴۲/۷۱

اثر روش خشک کردن بر مدت زمان خشک شدن، عناصر پر مصرف و کم‌مصرف

نتایج مقایسه میانگین نشان داد بین روش‌های مورد مطالعه از نظر مدت زمان خشک شدن تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد وجود داشت. طولانی‌ترین زمان خشک شدن (۳۹ ساعت) مربوط به تیمار خشک کردن در سایه و بعد از آن خشک کردن در آفتاب (۳۳ ساعت) بود و کمترین زمان خشک شدن (۹ ساعت) در تیمار خشک کردن در آون با دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد صورت گرفت.

در واقع مدت زمان خشک شدن نمونه‌های گیاهی تابعی از دمای محیط می‌باشد. در دماهای بالاتر محیط، به‌دلیل تبخیر سریع‌تر، عمل خشک شدن سریع‌تر صورت می‌گیرد (Mohtashami *et al.*, 2012). در ابتدای زمان خشک کردن به‌دلیل محتوی رطوبتی بالا در برگ‌های نعناع سرعت خشک شدن صعودی می‌باشد و در انتهای فرآیند خشک شدن، به‌دلیل میزان ناچیز رطوبت آزاد درون محصول نرخ خشک شدن کاهش می‌یابد. Azizi و همکاران (۲۰۰۹) در مطالعه‌ای در رابطه با مدت زمان خشک شدن گیاه بابونه تحت تأثیر روش‌های مختلف خشک کردن (شامل تیمارهای مختلف آون با دمای ۵۰، ۶۰ و ۷۰ درجه سانتی‌گراد در مقایسه با روش‌های طبیعی خشک کردن در آفتاب و سایه) مشاهده کردند که طولانی‌ترین زمان خشک شدن (۷۲ ساعت) مربوط به تیمار سایه و کمترین زمان خشک شدن (حدود ۹ ساعت) مربوط به تیمار با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد بود.

نتایج حاصل از آنالیز عناصر غذایی نمونه‌های گیاهی خشک شده تحت تأثیر تیمارهای مختلف نشان داد هیچ‌کدام از روش‌های خشک کردن تأثیر معنی‌داری بر میزان عناصر غذایی مورد مطالعه نداشتند. دلیل عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین عناصر غذایی گیاهان خشک شده تحت تأثیر روش‌های مختلف خشک کردن را می‌توان به این امر نسبت داد که به‌طور کلی عناصر غذایی با استفاده از روش هضم خشک (دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد) آنالیز می‌شوند و طبیعی است که دماهای پائین نظیر دمای آون توانایی آزادسازی عناصر غذایی را از نمونه‌های گیاهی ندارند. Arsalan و Ozcon (۲۰۰۸) نیز در مطالعه‌ای که به بررسی تأثیر روش‌های خشک کردن بر مقدار عناصر غذایی در رزماری پرداختند، بین مقدار ترکیب عناصر در روش‌های مختلف خشک کردن تفاوت معنی‌داری مشاهده نکردند، اما میزان عناصر غذایی نسبت به وزن تر در نمونه‌های مختلف در مطالعه آن‌ها تفاوت معنی‌داری داشت؛ به این دلیل که در مطالعه خود، عناصر غذایی را در نمونه‌های تر گیاهی با استفاده از ICP و بدون هضم اندازه‌گیری کردند.

اثر روش خشک کردن بر میزان و اجزای اسانس

بر اساس نتایج مقایسه میانگین، میزان اسانس در نمونه‌های گیاهی خشک شده در سایه به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر روش‌ها می‌باشد، در حالی‌که بین تیمارهای خشک کردن در آفتاب و خشک کردن با آون در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. خشک کردن در آون با دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد باعث کاهش معنی‌دار میزان اسانس در نمونه‌های نعناع نسبت به سایر روش‌ها شد (جدول ۲).

نتایج تحقیقات نشان داده است که چنانچه گیاهانی مانند نعناع، اسطوخودوس، بادرنجبویه و رزماری در آفتاب خشک شوند، میزان اسانس آن‌ها به‌مقدار ۲۴ درصد کاهش می‌یابد، در حالی‌که خشک کردن در سایه باعث کاهش کمتری در میزان اسانس این گیاهان می‌گردد (Omidbeigi, 2005).

در مقایسه بین تیمارهای خشک کردن در سایه و آفتاب، گرچه هر دو روش تقریباً از نظر دمایی در یک محدوده قرار دارند، اما اثر این دو روش بر میزان اسانس معنی‌دار بود و در روش خشک کردن در آفتاب میزان اسانس به‌طور معنی‌داری کاهش یافت که علت آن ممکن است اثرات منفی تشعشعات آفتاب بر میزان اسانس نمونه‌ها باشد. Arsalan و Ozcan (۲۰۰۸) نیز در مطالعات خود مشاهده کردند که خشک کردن در آفتاب باعث کاهش میزان اسانس و مواد مؤثره گیاهان معطر می‌گردد.

در مورد تأثیر دما بر میزان اسانس در گیاه نعناع نیز مشاهده شد با افزایش دما در آون، میزان اسانس کاهش یافت، به‌طوری که بین میزان اسانس در گیاه نعناع خشک شده در آون در سه دمای ۴۵، ۵۵ و ۶۵ درجه سانتی‌گراد تفاوت معنی‌داری مشاهده شد که علت آن را می‌توان به کاهش شدید ترکیبات فرار به‌دلیل از بین رفتن مونوترپن‌های غیراکسیژنه و نظیر آن‌ها در دماهای بالای ۵۰ درجه سانتی‌گراد نسبت داد (Venskutonis, 1997). Omidbeigi (۲۰۰۵) اظهار داشت چنانچه برای خشک کردن اندام‌ها از دماهای بسیار بالا و همچنین تهویه سریع استفاده شود، آب موجود در قسمت‌های خارجی به‌سرعت خارج می‌گردد، ولی رطوبت قسمت‌های میانی اندام، امکان خروج نمی‌یابد و در همان جا باقی می‌ماند که در این حالت قسمت‌های خارجی اندام به‌صورت قهوه‌ای و برشته در می‌آید و رطوبت موجود در قسمت‌های میانی آن باعث تجزیه و فاسد شدن مواد مؤثره موجود می‌گردد. Dudas و همکاران (۲۰۱۳) در تحقیقی اثر دمای خشک کردن بر میزان اسانس مرزه مونتانا را مورد بررسی و مطالعه قرار دادند. در این تحقیق، اثر شش دمای خشک کردن شامل ۳۵، ۴۰، ۴۵، ۵۰، ۵۵ و ۶۰ درجه سانتی‌گراد بر میزان اسانس مورد ارزیابی قرار گرفت؛ نتایج نشان داد میزان اسانس در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد ۱۴/۸درصد کاهش یافت، در حالی‌که با افزایش دما به ۵۰ درجه سانتی‌گراد میزان اسانس تا ۵۹/۴ درصد کاهش یافت.

نتایج آنالیز اسانس توسط دستگاه GC و GC/MS تعداد شش ترکیب شامل لیمونن، سیس- دی هیدروکاروون، ترانس- کاروئول، کاروُن، سیکلوهگزانون و ترانس-کاریوفیلن با زمان‌های تأخیر ۹/۲۵، ۱۳/۸۷، ۱۸/۸۱، ۱۹/۶۶، ۱۵/۳۶ و ۱۵/۰۴ دقیقه (جدول۲) نشان داد لیمونن و کاروُن بیشترین مقدار اسانس را به خود اختصاص دادند. همچنین نتایج نشان داد بیشترین مقدار کاروُن (۴۸/۵۴ درصد) از نمونه خشک شده به‌وسیله تیمار خشک کردن در سایه و کمترین مقدار آن (۴۲/۵۱ درصد) از نمونه خشک شده به‌وسیله آون در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد. بیشترین و کمترین مقدار لیمونن به‌ترتیب از نمونه‌های خشک شده در سایه و خشک کردن در آون در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد به‌ترتیب با ۳۴/۴۷ و ۲۸/۷۷ درصد به‌دست آمد. بیشترین مقدار ترانس-کاریوفیلن (۳/۷۹ درصد) از تیمار خشک کردن در سایه و کمترین مقدار آن (۱/۴۲ درصد) از خشک کردن در آفتاب حاصل شد. بیشترین و کمترین مقدار سیس- دی هیدروکاروون به‌ترتیب از نمونه خشک شده به‌وسیله خشک کردن در سایه و خشک کردن در آون در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد به‌ترتیب با ۳/۸۲ و ۲/۸۹ درصد به‌دست آمد (جدول ۲).

Fahlbusch و همکاران (۲۰۱۳) و De Carvalho و Fonesca (۲۰۰۶) اظهار داشتند که بیش از ۵۵ تا ۸۰ درصد کل اسانس‌های موجود در نعناع از دو جزء کاروُن ($C_{10}H_{14}O$) و لیمونن ($C_{10}H_{16}$) تشکیل می‌شود.

نتایج حاصل از مقایسه میانگین مقادیر شش ترکیب اصلی موجود در اسانس توسط پنج روش

خشک کردن در جدول ۲ نشان داده شده است. نتایج نشان داد بیشترین مقدار همه اجزاء اسانس نعناع در بین روش‌های مختلف خشک کردن به تیمار خشک کردن در سایه اختصاص داشت (جدول ۲).

Bahmanpour (۲۰۱۵) در مطالعه‌ای به بررسی تأثیر دما بر میزان اسانس گیاه نعناع در دو نوع خشک‌کن خورشیدی کابینتی و خلایی پرداختند و نشان دادند ترکیبات اصلی در اسانس نعناع شامل لیمونن و کاروُن می‌باشند که در مجموع بیش از ۸۰ درصد اسانس نعناع را تشکیل می‌دهند. در این مطالعه بیشترین مقدار لیمونن (۳۲/۹۲ درصد) از خشک‌کن خورشیدی در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد و کمترین مقدار آن (۲۸/۲۳ درصد) از نمونه خشک شده در سایه به‌دست آمد. نتایج همچنین نشان داد بیشترین مقدار کاروُن از خشک‌کن خورشیدی در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد و کمترین مقدار آن از خشک‌کن خورشیدی در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد. نتایج به‌دست آمده نشان داد که تیمارهای خشک کردن بر ترکیبات اسانس تأثیر چندانی نداشته است.

جدول ۲- اثر روش‌های مختلف خشک کردن بر درصد اجزاء اسانس نعناع

روش‌های خشک کردن	لیمونن	سیس-دی هیدروکاروون	ترانس-کاروئول	کاروُن	سیکلوهگزانون	ترانس-کاریوفیلن
سایه	۳۴/۴۷^{a}	۳/۸۲^{a}	۱/۵۷^{a}	۴۸/۵۴^{a}	۱/۱۹^{a}	۳/۷۹^{a}
آفتاب	۳۳/۱۲^{a}	۳/۱۷^{b}	۱/۲۲^{b}	۴۵/۶۴^{ab}	۰/۹۶^{a}	۱/۴۲^{d}
دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد در آون	۳۴/۰۶^{a}	۳/۷۹^{a}	۱/۳۴^{b}	۴۷/۱۹^{a}	۱/۱۹^{a}	۳/۷۳^{a}
دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد در آون	۳۰/۵۸^{ab}	۳/۶۱^{a}	۱/۲۵^{b}	۴۶/۱۰^{a}	۱/۲۱^{a}	۳/۰۱^{b}
دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد در آون	۲۸/۷۷^{b}	۲/۸۹^{c}	۱/۲۷^{b}	۴۲/۵۱^{b}	۰/۹۱^{a}	۲/۳۹^{c}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Ahmadi و همکاران (۲۰۰۸) در تحقیق خود در رابطه با اثر روش‌های مختلف خشک کردن بر کیفیت و کمیت اسانس گلبرگ خشک شده گل محمدی نشان دادند اسانس حاصل از گلبرگ‌های خشک شده در سایه نسبت به اسانس حاصل از گلبرگ خشک شده در آون با دماهای ۳۰ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد و روش آفتاب از لحاظ میزان اسانس تفاوت معنی‌داری نداشتند، اما روش خشک کردن در سایه میزان سیترونلول و ژرانیول بالاتری داشت و دارای درصد ترکیب‌های مومی و سنگین کاهنده کیفیت اسانس کمتری بود. اثر خشک کردن طبیعی و خشک کردن در دماهای ۳۰، ۵۰ و ۸۰ درجه سانتی‌گراد در پنج دوره زمانی (صفر، ۱۲، ۲۴، ۳۶ و ۴۸ ساعت) بر مقدار آرتمیزین در برگ‌های گیاه عطر مازندران (*Artemisia annua* L.) بررسی شد. نتایج این پژوهش نشان داد مقادیر آرتمیزین هنگامی که گیاهان در شرایط محیطی طبیعی خشک شدند، در مقایسه با خشک شدن با دماهای متفاوت، به استثنای هنگامی که در ۸۰ درجه سانتی‌گراد برای کوتاه‌ترین دوره خشک شدند، به بهترین شکل حفظ شد (Charles *et al.*, 1993).

اثر روش خشک کردن بر میزان ترکیبات فنولی، رنگ و کیفیت ظاهری و بار میکروبی

مقادیر ترکیبات فنولی که خود بخشی از ترکیب‌های آنتی‌اکسیدان گیاهی می‌باشند در جدول ۳ نشان داده شده‌اند.

جدول ۳- اثر روش‌های مختلف خشک کردن بر میزان فنول و شاخص کیفیت ظاهری نعناع

روش‌های خشک کردن	فنول (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک)	شاخص کیفیت ظاهری
نمونه تازه	-	۴/۰^{a}
سایه	۷۲/۳^{a}	۳/۶^{a}
آفتاب	۶۶/۵^{b}	۱/۸^{c}
دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد در آون	۷۰/۴^{a}	۳/۴^{a}
دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد در آون	۶۹/۷^{ab}	۳/۲^{ab}
دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد در آون	۶۶/۱^{b}	۲/۷^{b}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

بالاترین میزان ترکیب‌های فنولی (۷۲/۳ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) مربوط به تیمار خشک کردن در سایه و بعد از آن مربوط به خشک کردن با آون در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد (۷۰/۴ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) و کمترین مقدار ترکیبات فنولی به تیمار خشک کردن با آون ۶۵ درجه سانتی‌گراد (۶۶/۱ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) و خشک کردن در آفتاب (۶۶/۵ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) می‌باشد.

ترکیب‌های فنولی به‌عنوان بخش مهم مواد مؤثره گیاهان دارویی می‌باشند که تحت تأثیر فاکتورهای محیطی، شرایط رشد و عملیات پس از برداشت قرار می‌گیرند. Keihani و همکاران (۲۰۱۴) تأثیر روش‌های مختلف خشک کردن و اسانس‌گیری بر کمیت و کیفیت اسانس مرزه سهندی را بررسی کردند. در این تحقیق، محصول در سایه و آون در دماهای ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درجه سانتی‌گراد خشک شد. نتایج نشان داد بازده اسانس بر حسب وزن خشک، مقدار تیمول و مجموع ترکیب‌های فنلی اسانس، در روش‌های خشک کردن با آون ۳۰ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد و سایه از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشت، ولی خشک کردن در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد بازده اسانس پایین‌تری تولید نمود.

Que و همکاران (۲۰۰۸) اظهار داشتند که افزایش دمای خشک کردن بر میزان ترکیب‌های فنولی تأثیر دارد. بنا بر نظر آن‌ها تشکیل ترکیب‌های فنولی در دمای بالا (۹۰ درجه سانتی‌گراد) ممکن است به‌دلیل در دسترس بودن پیش‌سازهای ترکیب‌های فنولی همراه با تبادلات غیرآنزیمی بین این مولکول‌ها باشد. افزایش در فعالیت آنتی‌اکسیدانی به‌دنبال تیمار دمایی، به آزاد شدن پیوند ترکیب‌های فنولی به‌وسیله از هم پاشیدگی اجزای سلولی و تشکیل ترکیب‌های جدید با خواص آنتی‌اکسیدانی بالا نسبت داده می‌شود. از طرف دیگر، کاهش در خواص آنتی‌اکسیدانی و میزان ترکیب‌های فنولی نمونه‌های گیاهی تحت تیمارهای گرمایی در مورد برخی گیاهان به کاهش آنزیم‌ها نسبت داده شده است.

Chan و همکاران (۲۰۰۹) اثر روش‌های مختلف خشک کردن توسط مایکروویو، آون و آفتاب را بر خصوصیات آنتی‌اکسیدانی و میزان مواد فنولی برگ چهار گیاه از تیره زنجبیل مورد بررسی قرار دادند و شاهد کاهش شدید این ترکیب‌ها در نمونه‌های خشک شده در مقایسه با نمونه برگ تازه شدند، ولی به‌طور کلی بیشترین میزان کاهش این ترکیب‌ها مربوط به تیمار آفتاب و کمترین کاهش مربوط به تیمار مایکروویو بود. آن‌ها کوتاه بودن

زمان خشک شدن در مایکروویو را علت حفظ ترکیب‌های آنتی‌اکسیدانی ذکر کردند.

رنگ برگ تحت تأثیر روش خشک کردن قرار گرفت، به‌طوری که در روش‌های خشک کردن در سایه و آون با دمای ۴۵ و ۵۵ درجه سانتی‌گراد رنگ برگ سبز روشن و شبیه به نمونه تازه بود. اما در روش خشک کردن در آفتاب برگ سبز تیره و در روش خشک کردن در آون با دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد رنگ برگ سبز مایل به تیره بود. بر اساس نتایج، روش خشک کردن بر کیفیت ظاهری تأثیر معنی‌داری داشت، به‌طوری که بهترین کیفیت ظاهری مربوط به تیمار خشک کردن در سایه و کمترین شاخص کیفیت ظاهری مربوط به تیمار خشک کردن در آفتاب و پس از آن خشک کردن با آون در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد بود (جدول ۳). همچنین نتایج این جدول نشان داد در بین سه تیمار خشک کردن در آون، با افزایش دمای آون مقدار شاخص کیفیت ظاهری نعناع کاهش یافت. دلیل کاهش کیفیت ظاهری نعناع خشک شده در آفتاب را می‌توان تأثیر منفی تشعشعات خورشیدی بر ترکیبات اجزاء اسانس در نعناع نسبت داد. همچنین کاهش کیفیت ظاهری نعناع با افزایش دمای آون را می‌توان به تأثیر دماهای بالا بر روی تغییر ترکیبات اسانس نعناع و متعاقباً تغییر رنگ نعناع نسبت داد. در تحقیقی Rubinskienė و همکاران (۲۰۱۵) اثر روش‌های خشک کردن بر تغییرات شیمیایی و رنگ برگ‌های نعناع را مورد بررسی قرار دادند؛ در این مطالعه، برگ‌های نعناع با استفاده از روش‌های همرفتی، مادون قرمز، مایکروویو، خلاء و تصعید خشک شدند. نتایج نشان داد کمترین تغییر در رنگ برگ‌های نعناع از روش خشک کردن در خلاء، همرفتی و روش تصعید به‌دست آمد.

در جدول ۴ خلاصه وضعیت آلودگی میکروبی نمونه‌های گیاه نعناع خشک شده در روش‌های مختلف بر حسب تعداد واحدهای تشکیل‌دهنده کلنی در هر گرم نعناع (CFU/g) ارائه شده است. لازم به ذکر است که در هیچ یک از نمونه‌های گیاهی خشک شده با استفاده از روش‌های مختلف رشد باکتری‌های *E.coli* و مخمر مشاهده نشد.

جدول ۴- اثر روش‌های مختلف خشک کردن بر بار میکروبی نعناع

روش‌های خشک کردن	آلودگی میکروبی ($CFU\ g^{-1}$)	
	باکتری‌های مزوفیل هوازی	کپک و مخمر
سایه	$۳/۷۳ \times ۱۰^{۴\ a}$	$۸/۰۳ \times ۱۰^{۳\ a}$
آفتاب	$۱/۸۹ \times ۱۰^{۴\ ab}$	$۵/۲۷ \times ۱۰^{۳\ a}$
دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد در آون	$۴/۳۶ \times ۱۰^{۴\ a}$	$۷/۸۵ \times ۱۰^{۲\ b}$
دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد در آون	$۹/۶۴ \times ۱۰^{۳\ b}$	$۴/۴۹ \times ۱۰^{۲\ bc}$
دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد در آون	$۲/۳۵ \times ۱۰^{۳\ c}$	$۱/۲۴ \times ۱۰^{۲\ c}$

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

به‌طور کلی اثر روش‌های خشک کردن بر تعداد کل باکتری‌های مزوفیل هوازی و تعداد کپک‌ها معنی‌دار بود. نتایج مندرج در جدول ۴ نشان داد بیشترین ($۴/۳۶ \times ۱۰^{۴}$ CFU/g) و کمترین تعداد باکتری‌های مزوفیل ($۲/۳۵ \times ۱۰^{۳}$ CFU/g) به‌ترتیب مربوط به تیمارهای خشک کردن در آون با

دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد و دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد بود. از این نظر، بین تعداد باکتری‌های مزوفیل هوازی در تیمارهای خشک کردن در سایه، آفتاب و آون ۴۵ درجه سانتی‌گراد و همچنین بین تیمارهای خشک کردن در آفتاب و خشک کردن با آون در دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، اما بین تعداد این باکتری‌ها در تیمار خشک کردن با آون ۶۵ درجه و سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری وجود داشت. همچنین در مورد تعداد کپک نیز نتایج مندرج در جدول ۴ نشان داد که بیشترین ($CFU/g \times ۱۰^{۳}$ ۸/۰۳) و کمترین تعداد کپک ($CFU/g \times ۱۰^{۲}$ ۶/۴۹) به‌ترتیب مربوط به تیمارهای خشک کردن در سایه و خشک کردن در آون با دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد بود. از این نظر، بین تعداد کپک‌ها در تیمارهای خشک کردن در سایه و آفتاب و همچنین بین تیمارهای خشک کردن با آون ۴۵ درجه سانتی‌گراد با آون در دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد و نیز بین خشک کردن با آون در دمای ۵۵ و ۶۵ درجه سانتی‌گراد تفاوت معنی‌داری وجود نداشت و تعداد کپک‌ها در گیاه با افزایش دما رابطه معکوس داشت.

علت بیشتر بودن میزان بار آلودگی میکروبی (باکتری‌های مزوفیلی هوازی و کپک‌ها) در تیمارهای خشک کردن در سایه، آفتاب و خشک کردن در آون با دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد نسبت به تیمارهای خشک کردن در آون با دمای ۵۵ و ۶۵ درجه سانتی‌گراد را می‌توان به‌دلایل مختلفی از جمله شرایط رشد بهتر باکتری‌ها، آلودگی میکروبی و بالا بودن رطوبت محیط (مربوط به نمونه‌های خشک شده در سایه و آفتاب) و نیز رشد بهتر باکتری‌ها در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد (دمای مناسب رشد باکتری‌ها ۳۷ درجه سانتی‌گراد می‌باشد) نسبت داد، در حالی‌که با افزایش دما از ۴۵ درجه سانتی‌گراد به ۵۵ و ۶۵ درجه سانتی‌گراد، میزان آلودگی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. در مورد رشد کپک‌ها با توجه به این‌که دمای مناسب رشد کپک‌ها ۲۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد، بنابراین انتظار می‌رود که با افزایش دمای آون، تعداد کپک‌ها به‌طور معنی‌داری کاهش یابد. Mohtashami و همکاران (۲۰۱۲) نیز در مطالعه اثر روش‌های خشک کردن بر بار میکروبی گیاهان دارویی مشاهده کردند در صورتی‌که دمای محیط در زمان خشک کردن به دمای مناسب برای رشد باکتری‌ها (۳۷ درجه سانتی‌گراد) و کپک‌ها (۲۵ درجه سانتی‌گراد) نزدیک شود، میزان بار میکروبی بر گیاه افزایش می‌یابد. متأسفانه در ایران برای اکثر گیاهان معطر، ادویه‌ها و گیاهان دارویی استانداردی برای کنترل کیفی از نظر بار میکروبی (تعداد باکتری‌های مزوفیلی هوازی) تدوین نشده است. طبق مطالعات انجام شده در برخی کشورها از جمله آلمان و نیز استاندارد بین‌المللی ICMSF، حد مجاز برای تعداد باکتری‌های مزوفیل هوازی ۱۰ CFU/g ذکر شده است (Mousumi & Sarkar, 2003) که در این تحقیق میزان آلودگی در همه تیمارهای مورد مطالعه کمتر از حد مجاز بود.

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج به‌دست آمده از پژوهش، استفاده از روش خشک کردن در آون نسبت به روش‌های مرسوم (سایه و آفتاب) بهترین روش برای کاهش مدت زمان لازم برای خشک شدن می‌باشد. افزایش دمای خشک کردن باعث افزایش سرعت خشک شدن و در نتیجه کاهش مدت زمان لازم برای خشک شدن می‌شود. اگرچه با افزایش دما در آون، میزان اسانس به‌دست آمده از نعناع کاهش یافت. نتایج نشان داد که بهترین روش خشک کردن به

منظور استحصال اسانس، روش خشک کردن در سایه می‌باشد. بیشترین مقادیر اجزاء اسانس در نعناع به دو جزء کاروُن ($C_{10}H_{14}O$) و لیمونن ($C_{10}H_{16}$) اختصاص دارد که با خشک کردن در آفتاب و نیز استفاده از دماهای بالا، مقادیر این دو جزء کاهش می‌یابد. بهترین کیفیت رنگ و خصوصیات ظاهری برگ‌های نعناع در بین روش‌های مختلف خشک کردن از خشک کردن در سایه و سپس خشک کردن در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد آون به‌دست آمد. هیچ‌کدام از روش‌های خشک کردن تأثیر معنی‌داری بر میزان عناصر غذایی مورد مطالعه نداشتند.

References

- Ahmadi, K., Sefidkon, F. & Osareh, M. H. (2008). Effect of drying methods on quantity and quality of essential oil three genotype of *Rosa damascena* Mill. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plant*, 24(2), 162-176. (In Farsi)
- Arslan, D. & Ozcan, M. M. (2008). Evaluation of drying methods with respect to drying kinetics, mineral content and colour characteristics of rosemary leaves. *Energy Conversion and Management*, 49(5), 1258-1264.
- ASABE Standards. Moisture Measurement-Forages. (2010). American Society of Agricultural and Biological Engineers: St. Joseph, MI, USA.
- Azizi, M. A., Rahmati, M., Ebadi, T. & Hasanzadeh Khayyat, M. (2009). The effects of different drying methods on weight loss rate, essential oil and chamazolene contents of chamomile (*Matricaria recutita* L.) flowers. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 25(2), 182-192. (In Farsi)
- Bahmanpour, H. (2015). *Study the effect of temperature on the essential oil content of mint plant* (*Mentha spicata* L.) *in two types of cabinet and vacuum solar dryers*. M.SC. Thesis. Faclty Agricultural Machinery Mechanics, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz. Iran.
- Banerjee, M. & Sarkar, P. K. (2003). Microbiological quality of some retail spices in India. *Food Research International*, 36(5), 469-474.
- Borochov-Neori, H., Judeinstein, S., Tripler, E., Harari, M., Greenberg, A., Shomer, I. & Holland, D. (2009). Seasonal and cultivar variations in antioxidant and sensory quality of pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit. *Journal of Food Composition and Analysis*, 22(3), 189-195.
- Chan, E. W. C., Lim, Y. Y., Wong, S. K., Lim, K. K., Tan, S. P., Lianto, F. S. & Yong, M. Y. (2009). Effects of different drying methods on the antioxidant properties of leaves and tea of *Ginger* species. *Food Chemistry*, 113(1), 166-172.
- Charles, D. J., Simon, E., Shock, C. C., Feibert, E. B. G. & Smith, R. M. (1993). Effect of water stress and postharvest handling on artemisinin content in the leaves of *Artemisia annua* L. In: J. Janick & J. E. Simon (Eds.), *Progress in New Crops*. (pp. 628-631.) John Wiley and Sons, NYC, NY.
- De Carvalho, C. C. & Da Fonseca, M. M. R. (2006). Carvone: Why and how should one bother to produce this terpene. *Food Chemistry*, 95(3), 413-422.
- Dudas, S., Segon, P. & ErhatiC, R. (2013). Influence of drying temperatures on essential oil content in savory *Satureja montana* L. (Lamiaceae). In *VIVUS-2nd Scientific Conference with International Participation on Environmentalism, Agriculture, Horticulture, Food Production and Processing: Knowledge and Experience for New Entrepreneurial Opportunities*, pp 583-585.

- Fahlbusch, K. G., Hammerschmidt, F. J., Panten, J., Pickenhagen, W., Schatkowski, D., Bauer, K., Garbe, D. & Surburg, H. (2003). Flavors and fragrances. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, 15, 1-10.
- Forson, F., Nazha, M. & Rajakaruna, H. (2007). Design of mixed-mode natural convection solar crop dryers: Application of principles and rules of thumb. *Renewable Energy*, 32, 2306-2319.
- Ghaffari, Z. & Saeedi, K. (2014). Evaluation of essential oil changes of mint plant (*Mentha longifolia* L.) under different drying treatments. In: *Proceedings of 2nd national conference on agriculture and sustainable natural resources*, 12-14, October., Mehr Arvand Educational Institute, pp 1-7.
- Keihani, A., Sefidkon, F. & Monfared, A. (2014). The effect of different drying and essential oil extraction methods on the quantity and quality of *Satureja sahendica*. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 30(2), 249-239. (In Farsi)
- Li, Z., Raghavan, G. S. V., Wang, N. & Vigneault, C. (2011). Drying rate control in the middle stage of microwave drying. *Journal of Food Engineering*, 104(2), 234-238.
- Malekizadeh, M., Khadiv-Parsi, P., Rezazadeh, S., Abolghasemi, H., Salehi, Z. & Li, Q. (2012). Application of multistage steam distillation column for extraction of essential oil of *Rosemarinuse officinialis* L. *Iranian Journal of Chemical Engineering*, 9(4), 55-64. (In Farsi)
- Martinov, M., Mujic, I. & Mueller, J. (2007). Impact of drying air temperature on course of drying and quality of Hypericum perforatum L. *Zeitschrift Fur Arznei- & Gewurzpflanzen*, 12(3), 136-140.
- McKay, D. L. & Blumberg, J. B. (2006). A review of the bioactivity and potential health benefits of chamomile tea (*Matricaria recutita* L.). *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, *20*(7), 519-530.
- Mohtashami, S., Babalar, M., Ebrahimzadeh Mousavi, S. M., Mirjalili, M. H. & Adib, C. (2012). The effect of growing conditions and different drying methods on drying time, essential oil content, color characteristics and microbial load of medicinal plant (*Dracocephalum moldavica* L.). *Iranian Journal of Horticultural Sciences*, 43(2), 254-243. (In Farsi)
- Motevali, A., Minaei, S., Khoshtaghaza, M. H. & Amirnejat, H. (2011). Comparison of energy consumption and specific energy requirements of different methods for drying mushroom slices. *Energy*, 36(11), 6433-6441.
- Omidbaigi, R. (2005). *Production and processing of medicinal plants*. Volume 1, Behnashr Publication.
- Que, F., Mao, L., Fang, X. & Wu, T. (2008). Comparison of hot air-drying and freeze-drying on the physicochemical properties and antioxidant activities of pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.) flours. *International Journal of Food Science & Technology*, 43(7), 1195-1201.
- Ratti, C. & Mujumdar, A. S. (2006). Infrared drying. In *Handbook of industrial drying* (pp. 448-463). CRC Press.
- Rita, P. & Animesh, D. K. (2011). An updated overview on peppermint (*Mentha piperita* L.). *International Research Journal of Pharmacy*, *2*(8), 1-10.
- Rocha, R. P. & Melo, E. C. (2011). Influence of drying process on the quality of medicinal plants: A review. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(33), 7076-7084.

- Rubinskiene, M., Viskelis, P., Dambrauskiene, E., Viskelis, J. & Karkleliene, R. (2015). Effect of drying methods on the chemical composition and colour of peppermint (*Mentha× piperita* L.) leaves. *Zemdirbyste-Agriculture*, 102(2), 223-228.
- Sharma, G. P., Verma, R. C. & Pathare, P. B. (2005). Thin-layer infrared radiation drying of onion slices. *Journal of Food Engineering*, 67(3), 361-366.
- Sharma, H. (2017). *Studies on antioxidant and anticancer properties of brinjal (Solanum melongena* L.*) genotypes*. Ph.D. Thesis. Doctoral dissertation, Punjab Agricultural University, Ludhiana.
- Singleton, V. L. & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungtic acid reagent. *American Journal of Enology Vitis*, 16(3), 144-58.
- Venskutonis, P. R. (1997). Effect of drying on the volatile constituents of thyme (*Thymus vulgaris* L.) and sage (*Salvia officinalis* L.). *Food Chemistry*, 59(2), 219-227.
- Vijayavenkataraman, S., Iniyan, S. & Goic, R. (2012). A review of solar drying technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(5), 2652-2670.
- Wang, R., Zhang, M., Mujumdar, A. S. & Sun, J. C. (2009). Microwave freeze–drying characteristics and sensory quality of instant vegetable soup. *Drying Technology*, 27(9), 962-968.