نشریه علمی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران
جلد ۳۶، شماره ۱، صفحه ۱۵۴-۱۴۲ (۱۳۹۹)
شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ijmapr.2019.125302.2511
شناسه دیجیتال (DOR): 98.1000/1735-0905.1398.36.142.99.1.1578.41

تأثیر روش‌های مختلف خشک کردن مایکروویو، سایه و آفتاب بر خصوصیات کیفی میوه سماق (*Rhus coriaria* L.)

علی حسنی[۱]، محمّدهادی خوش‌تقاضا[۲*] و محمّدتقی عبادی[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مکانیک بیوسیستم، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۲*- نویسنده مسئول، استاد، گروه مکانیک بیوسیستم، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران، پست الکترونیک: Khoshtag@modares.ac.ir

۳- استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

تاریخ دریافت: بهمن ۱۳۹۷ تاریخ اصلاح نهایی: مرداد ۱۳۹۸ تاریخ پذیرش: شهریور ۱۳۹۸

چکیده

در این تحقیق تأثیر روش خشک کردن با دستگاه مایکروویو (در پنج توان: ۲۰۰، ۴۰۰، ۶۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ وات) بر زمان خشک کردن، تغییرات رنگ، میزان اسیدهای آلی و ویتامین C میوه سماق (*Rhus coriaria* L.) بررسی گردید و با روش سنتی (خشک کردن در سایه و آفتاب) مقایسه شد. این آزمایش براساس طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد و برای یافتن نقاط بهینه از نظر کمترین زمان خشک شدن و تغییرات رنگ و بیشترین میزان اسیدهای آلی و ویتامین C در طی خشک کردن میوه سماق از روش سطح پاسخ (RSM) استفاده شد. نتایج نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار روش خشک کردن مایکروویو در سطح ۵٪ بر تغییرات رنگ، میزان اسیدهای آلی و ویتامین C و در سطح ۱٪ بر زمان خشک شدن بود. در بین توان‌های مختلف خشک‌کن مایکروویو، بیشترین و کمترین مقدار اسیدهای آلی به‌ترتیب در توان‌های ۱۰۰۰ و ۶۰۰ وات با مقادیر ۱/۴۶ و ۱/۱۱ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم بدست آمد و بیشترین و کمترین میزان ویتامین C به‌ترتیب در توان‌های ۶۰۰ و ۱۰۰۰ وات با مقادیر ۰/۴۰ و ۰/۲۶ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم حاصل شد. بهترین نقطه خشک کردن سماق به‌وسیله خشک‌کن مایکروویو از نظر کمترین زمان خشک شدن و تغییرات رنگ و بیشترین مواد شیمیایی در توان ۸۱۵ وات بدست آمد. در نهایت کمترین تغییرات رنگ و بیشترین مقدار اسیدهای آلی و ویتامین C در روش خشک کردن سنتی در سایه مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: سماق (*Rhus coriaria* L.)، خشک کردن سنتی، خشک کردن با مایکروویو، سطح پاسخ.

مقدمه

سماق با نام علمی *Rhus coriaria* L. گیاهی از خانواده Anacardiaceae است که در بسیاری از مناطق جهان رشد می‌کند (Dogan & Akgul, 2005). سماق حاوی فلاون‌ها، تانن، آنتوسیانین‌ها و اسیدهای آلی است. مطالعات متعدد نشان می‌دهد که ترکیب‌های موجود در سماق دارای خواص آنتی‌اکسیدانی، ضد میکروبی، کاهش قند خون و ... است (Giancarlo *et al*., 2006).

خشک کردن یکی از معمول‌ترین و شایع‌ترین روش‌های حفظ گیاهان دارویی و ادویه‌ای است (Janjai & Tung, 2005). فرایند خشک کردن اهمیت فوق‌العاده‌ای در فرآوری گیاهان دارویی دارد، زیرا خشک کردن سریع و کامل، به

حفظ رنگ و مواد معطر کمک می‌کند. میوه‌ها و سبزیجات که معمولاً با قرار گرفتن در معرض آفتاب خشک می‌شوند دارای آلودگی‌های مختلف موجود در خاک و محیط اطراف می‌باشند (Ozcan *et al*., 2007). در ایران خشک کردن سماق به روش سنتی و به‌وسیله آفتاب انجام می‌شود. در ابتدا میوه را که از درخت چیده شده به مدت چند روز در زیر آفتاب نگه می‌دارند تا به صورت کامل خشک گردد، سپس میوه را به‌وسیله آسیاب‌های دستی و یا با ضربه زدن خرد می‌کنند. پوست و دانه میوه هر دو با هم خرد شده و بعد از خشک کردن دوباره در زیر آفتاب، مصرف می‌گردد (Rezaipor *et al*., 2013). این نوع روش خشک کردن علاوه‌بر مزایای سادگی و عدم نیاز به امکانات زیاد با مشکلاتی از قبیل زمان طولانی، فساد محصول به‌دلیل رطوبت اولیه بالای آن، آلودگی‌های محیطی، بهداشت و کارآیی پایین همراه است (Ebadi *et al*., 2011).

روش‌های مختلفی برای خشک کردن مواد جامد وجود دارد که هر روش دارای مزایا و معایبی می‌باشد. این روش‌ها عبارتند از: خشک کردن به روش خورشیدی، مایکروویو، مادون قرمز، جابجایی، خلأ و هوای داغ (Guiné *et al*., 2011). البته تأثیر فرایند خشک کردن بر مواد مؤثره، با توجه به درجه حرارت مورد استفاده، طول دوره خشک کردن و نوع گونه گیاهی متفاوت است (Yazdani *et al*., 2006).

یکی از پرکاربردترین خشک‌کن‌های محصولات کشاورزی، خشک‌کن‌های جریان هوای گرم هستند که انرژی بالا و بازده بسیار پایینی دارند (Motevali *et al*., 2014). بکارگیری روش‌های مناسب برای افزایش بازده‌های ترمودینامیکی مانند بازده انرژی، بازده خشک کردن، بازده حرارتی در جهت کاهش زمان خشک شدن، کاهش مصرف انرژی و ... در فرایند خشک کردن امری ضروری به نظر می‌رسد. خشک‌کن مایکروویو علاوه‌بر اینکه یک روش مناسب خشک کردن برای انواع محصولات کشاورزی می‌باشد، در مواردی که به‌عنوان پیش‌تیمار نیز استفاده شده است، سبب کاهش میزان رطوبت اولیه در محصول شده، در نتیجه زمان فرایند خشک شدن را کاهش داده است. انتقال سریع حرارت، کاهش زمان فرایند، کمترین میزان تخریب در نمونه‌ها و کنترل شرایط محصول در حال خشک شدن از مزیت‌های برجسته خشک‌کن مایکروویو است (Wang *et al*., 2004). فرایند خشک کردن با مایکروویو روشی به نسبت ارزان بوده که امروزه توجه بسیاری از محققان را به خود جلب نموده است (Krulis *et al*., 2005). مطالعات محققان نشان داده است که استفاده از توان‌های پایین مایکروویو در خشک کردن گلهای بابونه آلمانی رقم بودگلد (Bodegold) به‌دلیل حفظ میزان اسانس و ترکیب کامازولن، برای خشک کردن گل‌های بابونه آلمانی مناسب‌تر از روش آون می‌باشد (Azizi *et al*., 2009).

رنگ به‌عنوان یک ویژگی فیزیکی مهم در محصولات کشاورزی به حساب می‌آید که این پارامتر با دیگر خواص فیزیکی، شیمیایی و شاخص‌های حسی ارتباط معنی‌داری دارد. رنگ در میزان ارزیابی کیفیت ظاهری محصولات کشاورزی نقش اصلی را ایفاء می‌کند (Forson *et al*., 2007). خشک کردن با مایکروویو باعث حفظ رنگ گیاهان خشک شده و بهبود محتوای ماده مؤثره می‌گردد (Diaz *et al*., 2003). در تحقیقی اثر روش‌های خشک کردن بر تغییرات شیمیایی و رنگ برگ‌های نعناع بررسی شد. در این مطالعه برگ‌های نعناع با استفاده از خشک‌کن‌های همرفتی، مادون قرمز، مایکروویو، خلاء و انجمادی خشک شد و نتایج نشان داد که کمترین تغییر رنگ در برگ‌های نعناع در روش خشک کردن در خلأ همرفتی و روش انجمادی بدست آمد (Rubinskienė *et al*., 2015). در تحقیقی دیگر تأثیر روش‌های مختلف خشک کردن (خشک کردن با هوای گرم ۶۰ درجه سلسیوس، مایکروویو، تحت خلأ و روش ترکیبی جابجایی-مایکروویو تحت خلأ) روی ترکیب‌های فرّار مرزنجوش (*Origanum vulgare*) بررسی گردید. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که روش مایکروویو- تحت خلأ بهترین روش خشک کردن مرزنجوش بود و بیشترین مقدار این مواد مؤثره را حفظ

نمود (Figiel *et al.*, 2010). Ahmadi و همکاران (۲۰۰۸) با مطالعه تأثیر روش‌های مختلف خشک کردن (سایه، آفتاب و درجه حرارت‌های ۳۰ و ۴۰ درجه سلسیوس) بر کمّیت و کیفیت اسانس گل‌محمدی بیان کردند که اگرچه بین روش‌های مختلف خشک کردن تأثیر معنی‌داری مشاهده نشد، ولی بالاترین محتوای سیترونلول و ژرانیول (مهمترین اجزای بهبوددهنده کیفیت اسانس) و کمترین میزان ترکیب‌های مومی و سنگین (کاهش‌دهنده کیفیت اسانس) در تیمار خشک کردن در شرایط سایه مشاهده شد.

با توجه به اهمیت گیاهان دارویی و ادویه‌ای و تأثیر روش‌های مختلف خشک کردن بر کمّیت و کیفیت این گونه‌های ارزشمند و عدم وجود مطالعه‌ای مناسب در رابطه با روش خشک کردن میوه سماق، این مطالعه با هدف بررسی تأثیر روش‌های مختلف خشک کردن (مایکروویو، سایه و آفتاب) بر زمان خشک کردن، تغییرات رنگ و خصوصیات فیتوشیمیایی (اسیدهای آلی و ویتامین C) گیاه دارویی سماق انجام شد.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی

به‌منظور انجام این آزمایش خوشه‌های میوه سماق (*Rhus coriaria* L.) با شاخه‌ها و برگ‌های آن در شهریورماه سال ۱۳۹۶ از جنگل‌های شهرستان سردشت واقع در استان آذربایجان‌غربی تهیه گردید (طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۴۸ دقیقه، عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۹ دقیقه، ارتفاع از سطح دریا ۱۵۱۵ متر) و به آزمایشگاه خواص بیوفیزیک محصولات کشاورزی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس منتقل شد. برای انجام آزمایش، میوه های سماق به‌طور کامل از خوشه‌های آن جدا گردید. میوه های جدا شده بلافاصله پس از جدا شدن از قسمت‌های اضافی برای انجام آزمایش خشک کردن مورد استفاده قرار گرفتند. برای تعیین محتوای رطوبت اولیه، ۳ نمونه ۵۰ گرمی در یک آون در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس به مدت ۳ ساعت خشک شد. میزان رطوبت بر پایه وزن تر که به‌صورت درصد بیان می‌شود، از رابطه ۱ محاسبه گردید (Ebadi *et al.*, 2013). محتوای رطوبت اولیه میوه‌های سماق تقریباً ۱۷٪ بر پایه تر بود (Therdthai & Zhou, 2009).

رابطه ۱ (وزن ماده خشک+ وزن رطوبت)/ وزن رطوبت= میزان رطوبت بر پایه وزن تر

خشک کردن با مایکروویو

توان مختلف مایکروویو شامل ۲۰۰، ۴۰۰، ۶۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ وات برای خشک کردن میوه‌های سماق استفاده شدند. در این آزمایش از خشک‌کن مایکروویو ساخت شرکت سامسونگ کشور کره جنوبی مدل (M 945) استفاده شد. نمونه‌های سماق با وزن ۵۰ گرم برای انجام آزمایش‌ها انتخاب شدند و معیار خشک شدن نمونه‌ها ثابت شدن وزن آنها در طول فرایند خشک شدن بود. برای آنالیز سینتیک انتقال جرم، تغییرات وزن در طی خشک شدن با توجه به توان‌های مختلف خشک‌کن مایکروویو (توان ۲۰۰ وات هر ۵ دقیقه، توان ۴۰۰ وات هر ۲ دقیقه، توان ۶۰۰ وات هر ۳۰ ثانیه، توان ۸۰۰ وات هر ۲۰ ثانیه و توان ۱۰۰۰ وات هر ۱۰ ثانیه برای جلوگیری از سوختگی نمونه‌ها) توسط ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ ثبت گردید.

خشک کردن در سایه و آفتاب

میوه‌های تازه سماق به‌صورت تقریباً تک لایه (ضخامت ۲ سانتی‌متر) بر روی یک پارچه نخی پهن شدند و در هوای آزاد در دو شرایط سایه و آفتاب به‌طور جداگانه قرار گرفتند. خشک شدن نمونه‌ها در حدود یک هفته طول کشید که در این بازه زمانی، وزن نمونه‌ها ثابت شد. خشک کردن در روش آفتاب در دمای ۴۰ درجه سلسیوس و در روش سایه در دمای اتاق (۲۵ درجه سلسیوس) انجام گردید. برای مقایسه این دو

روش از نظر آماری از آزمون t Test به‌وسیله نرم‌افزار SPSS استفاده شد.

صفات مورد اندازه‌گیری

رنگ

برای بررسی تغییرات رنگ گیاه سماق در طی خشک کردن از رنگ‌سنج (Hunter lab مدل Color Flex) استفاده گردید. مؤلفه‌های رنگی در فضای رنگی (L*a*b*) نشان داده شد. شاخص *L، شاخص تیرگی- روشنی مابین ۰ تا ۱۰۰ است که بالاتر بودن آن نشان‌دهنده روشن‌تر بودن و کمتر شدن آن نشان‌دهنده تیرگی میوه است. *a، شاخص قرمزی- سبزی است و افزایش آن نشانگر قرمزی بیشتر و کاهش آن نشانگر سبز بالاتر است. *b، شاخص زردی- آبی نامیده می‌شود و افزایش آن نشانگر زردی بیشتر و کاهش آن بیانگر آبی بودن نمونه است. در نهایت تغییرات رنگ کل (ΔE) با استفاده از رابطه ۲ محاسبه گردید. در این رابطه، ΔE تغییرات کلی رنگ و L_0 و a_0 و b_0 به‌ترتیب میزان روشنایی، قرمزی و زردی تصویر اولیه (نمونه‌های تازه به‌عنوان شاهد) هستند.

$$\Delta E=\sqrt{(L_0-L^*)^2+(b_0-b^*)^2+(a_0-a^*)^2} \qquad \text{رابطه ۲}$$

ویتامین C

برای اندازه‌گیری ویتامین C از روش تیتراسیون استفاده شد (Nielson, 2010). به این منظور برای استخراج اسید آسکوربیک از اسید متافسفریک استفاده شد. تیتراسیون با ماده رنگی ۲ و ۶ دی‌کلروفنل اندوفنل تا حصول رنگ صورتی ادامه یافت (شاخص تیتراسیون تغییر رنگ عصاره‌ها به رنگ صورتی که تا ۵ ثانیه پایدار بمانند بود). مقدار اسید آسکوربیک برحسب میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم نمونه از رابطه ۳ بدست آمد.

$$\%\text{Vitamin C}=\frac{(V_0-V_1)\times m_1}{m_0}\times 100 \qquad \text{رابطه ۳}$$

m_0: جرم آزمونه (۵ گرم سماق) برحسب گرم که در آزمایش تیتراسیون بکار رفته است.

m_1: جرم اسید آسکوربیک بکار رفته برحسب میلی‌گرم.

v_0: حجم محلول ماده رنگی برحسب میلی‌لیتر که برای تیتراسیون استفاده شده است.

v_1: حجم محلول ماده رنگی برحسب میلی‌لیتر که در آزمون شاهد بکار رفته است.

اسیدهای آلی

برای اندازه‌گیری اسیدهای آلی از روش تیتراسیون استفاده گردید (Khayyat & Roselin, 2018). در این روش مخلوط بدست‌آمده باید به رنگ صورتی پایدار و یا pH=۸/۲ برسد. مقدار خالی شده حجم داخل پیپت برای هر عصاره خوانده شده و در فرمول زیر (رابطه ۴) قرار داده شد. عدد بدست‌آمده مقدار اسیدهای آلی میوه سماق را بیان می‌کند (به‌دلیل بالا بودن میزان اسیدهای آلی در سماق رقیق سازی با آب دیونیزه تا ۱۰ برابر انجام شد).

$$\text{TA}=\frac{(V)(n)(meq.wt)(100)}{(1000)(v)}$$

رابطه ۴

V: مقدار سدیم هیدروکسید استفاده در آزمایش (میلی‌لیتر)

n: نرمالیته محلول سدیم هیدروکسید

meq.wt: وزن سدیم هیدروکسید برحسب میلی‌گرم

v: حجم نمونه برحسب میلی‌لیتر

بهینه‌سازی

یافتن نقاط بهینه با استفاده از نرم‌افزار Design Expert 10 انجام شد. منظور از بهینه‌سازی، یافتن شرایطی است که در آن پاسخ‌ها (متغیرهای وابسته) به سمت هدف مورد نظر (کمترین یا بیشترین مقدار) سوق داده شوند. در این تحقیق بهینه‌سازی براساس بیشترین میزان اسیدهای آلی و ویتامین C و کمترین تغییرات رنگ و زمان خشک شدن انجام شد. به‌منظور یافتن حالت‌های بهینه، از روش سطح پاسخ (RSM: Respond Surface Methodology) استفاده شد. با کمک این طرح آماری کلیه ضرایب مدل رگرسیون درجه دوم و اثر متقابل فاکتورها قابل برآورد هستند (Bezerra *et al.*, 2008). در روش سطح پاسخ از طرح مرکب مرکزی (CCD) استفاده شد. در این تحقیق اثر متغیرهای مستقل و وابسته، در سطوح ذکر شده برای خشک‌کن مایکروویو مورد مطالعه قرار گرفت. مراحل استفاده از روش سطح پاسخ شامل انتخاب متغیرها، طراحی آزمایش‌های مناسب و پاسخ مناسب هر آزمایش، یافتن مدل مناسب، ارزیابی صحت مدل و پیدا کردن نقطه بهینه از طریق مدل می‌باشد.

تجزیه‌وتحلیل آماری

آزمایش‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اتجام شد و نتایج حاصل به کمک نرم‌افزار SPSS مورد تجزیه‌وتحلیل آماری قرار گرفت. همچنین مقایسه میانگین با استفاده از آزمون دانکن و در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ انجام شد. نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم گردید.

نتایج

خشک کردن سنتی (سایه و آفتاب)

تغییرات رنگ، ویتامین C و اسیدهای آلی

همانطور که در جدول ۱ نشان داده شده است ویتامین C و اسیدهای آلی از نظر آماری در سطح ۱٪ با هم اختلاف دارند. تغییرات رنگ کل برای مقایسه این دو روش (سایه و آفتاب) عدم معنی‌داری را نشان داد.

جدول ۱- مقادیر متغیرهای (رنگ و خواص فیتوشیمیایی) در روش سایه و آفتاب

متغیرها	سایه	آفتاب	t Test
تغییرات رنگ کل (ΔE)	۱/۱۲	۱/۱۹	۰/۰۳ns
ویتامین C (mg/100g)	۰/۵۸	۰/۵۱	۵/۷۳**
اسیدهای آلی (mg/100g)	۱/۷۲	۱/۴۹	۱۵/۰۴**

مقدار ویتامین C و اسیدهای آلی در روش خشک کردن سنتی در مقادیر بالای خود حفظ شدند. بیشترین مقدار ویتامین C و اسیدهای آلی به‌ترتیب ۰/۵۱ و ۱/۴۹ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم بدست آمد. تغییرات رنگ کل (ΔE) در مقدار پایین ۱/۱۲ قرار گرفت.

خشک کردن به‌وسیله دستگاه مایکروویو

همانطور که در جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) مشاهده می‌شود، اثر توان مایکروویو در سطح ۱٪ بر زمان خشک شدن نمونه‌های سماق معنی‌دار شده است. رابطه ۵ مدل درجه دوم است که بین زمان خشک شدن با پارامترهای معنی‌دار حاصل از تجزیه واریانس حاصل شده است.

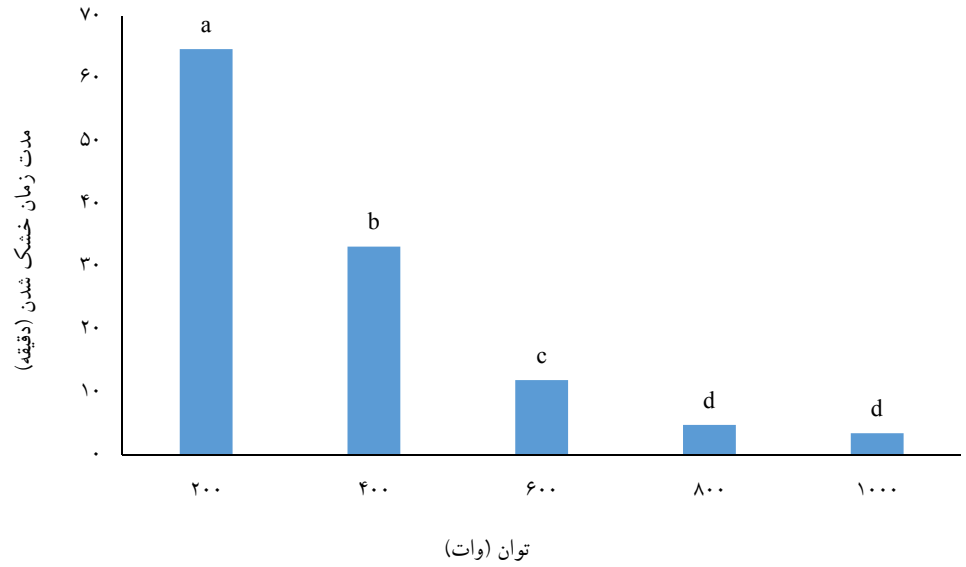
$$D_t = ۱۰۶/۷۳ - ۱/۲۳ \times A \times ۰/۰۴ - A^2 \quad \text{رابطه ۵}$$

در این رابطه، D_t: زمان خشک شدن (min) و A: توان مایکروویو (W) است. علامت مثبت بیانگر همسوبودن و علامت منفی نشان از غیرهمسو بودن با خروجی می‌باشد.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر توان بر زمان خشک شدن، تغییرات رنگ کل، ویتامین C و اسید های آلی در خشک‌کن مایکروویو

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		زمان خشک شدن	تغییرات رنگ	ویتامین C	اسیدهای آلی
مدل	۲	۲۳۷۲/۱۷**	۰/۸۳**	۰/۰۱**	۰/۰۵**
توان- A	۱	۴۱۸۳/۹۹**	۰/۳۹*	۴/۲۰*	۵/۶۴*
خطا	۲	۱۵/۰۳	۰/۰۰	۲/۴۶	۰/۰۰
ضریب تغییرات		۳/۸۹	۴/۲۸	۴/۸۴	۱/۲۱
عدم برازش	۲	۰/۰۰	۰/۰۷	۴/۵۵	۵/۱۷

با توجه به شکل ۱ در خشک‌کن مایکروویو با افزایش توان از ۸۰۰ به ۱۰۰۰ وات اگرچه زمان خشک شدن کاهش یافت ولی این کاهش از نظر آماری معنی دار نبود. بیشترین و کمترین زمان خشک شدن به‌ترتیب در توان‌های ۲۰۰ (۶۵ دقیقه) و ۱۰۰۰ (۴/۳۷ دقیقه) وات بدست آمد. افزایش توان مایکروویو از ۱۰۰ به ۱۰۰۰ یا ۸۰۰ وات باعث کاهش زمان خشک شدن به میزان ۹۲٪ گردیده است. بیشترین رطوبت محصول در توان ۲۰۰ وات در بیست دقیقه اول و در توان ۱۰۰۰ وات در یک دقیقه اول انجام شده است.



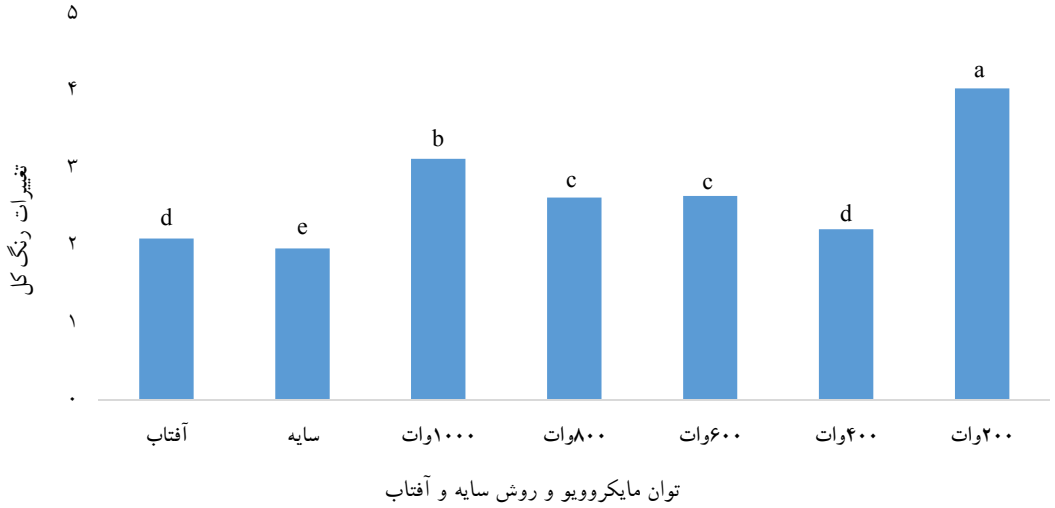
شکل ۱- مدت زمان لازم برای خشک شدن میوه سماق (***Rhus coriaria*** **L**) در توان‌های مختلف مایکروویو

۳-۳- تغییرات رنگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اختلاف معنی‌داری بر اثر توان مایکروویو بر شاخص تغییرات رنگ کل در سطح احتمال ۵٪ وجود دارد (جدول ۲). رابطه ۶ مدل درجه دوم است که بین تغییرات رنگ کل با پارامترهای معنی‌دار حاصل از تجزیه واریانس حاصل شده است.

$$\Delta E = ۸/۵۹ - ۵/۰۳ \times A \times ۰/۰۵ - A^2 \qquad \text{رابطه ۶}$$

همانطور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، تیمار ۴۰۰ وات با کمترین تغییرات رنگ نسبت به بقیه تیمارهای مایکروویو بهترین نقطه از نظر تغییرات رنگ بود. تغییرات رنگ کل در خشک کردن به روش آفتاب با تیمار ۴۰۰ وات در خشک‌کن مایکروویو تغییر معنی‌داری را نشان نداد. در تیمار ۲۰۰ وات با توجه به اینکه محصول مدت زمان بیشتری در داخل خشک‌کن قرار داشته است، تغییرات رنگ افزایش پیدا کرده است. افزایش درجه حرارت و مدت زمان خشک شدن دو عامل تأثیرگذار بر تغییرات رنگ هستند. افزایش هر یک از این دو پارامتر باعث افزایش تغییرات رنگ می‌گردد، به‌گونه‌ای که رابطه این دو پارامتر کاملا همسو است. اما وقتی یکی از این دو متغیر نسبت به دیگری بیشتر افزایش پیدا کند، تأثیر آن بیشتر خواهد بود. مقایسه میانگین اثر روش خشک کردن بر شاخص تغییرات رنگ کل در سطح ۵٪ برای خشک کردن سنتی و خشک‌کن مایکروویو انجام شد و نتایج آن در شکل ۲ نشان داده شده است. تغییرات رنگ کل در روش سایه با مقدار ۱/۹۷ کمترین مقدار را داشت. خشک کردن به روش مایکروویو در توان ۲۰۰ وات با مقدار ۴/۱۱ بیشترین تغییرات رنگ کل را نشان داد. در مورد خشک کردن به روش آفتاب تغییرات رنگ کل ۲/۱۰ بدست آمد که نسبت به خشک کردن به روش سایه مقدار بالاتری را نشان داد اما تغییرات رنگ آن در مقایسه با خشک‌کن مایکروویو کمتر بود و این اختلاف از نظر آماری معنی‌دار بود.



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف خشک کردن مایکروویو، سایه و آفتاب بر تغییرات رنگ کل میوه سماق (*Rhus coriaria* L)

ویتامین C

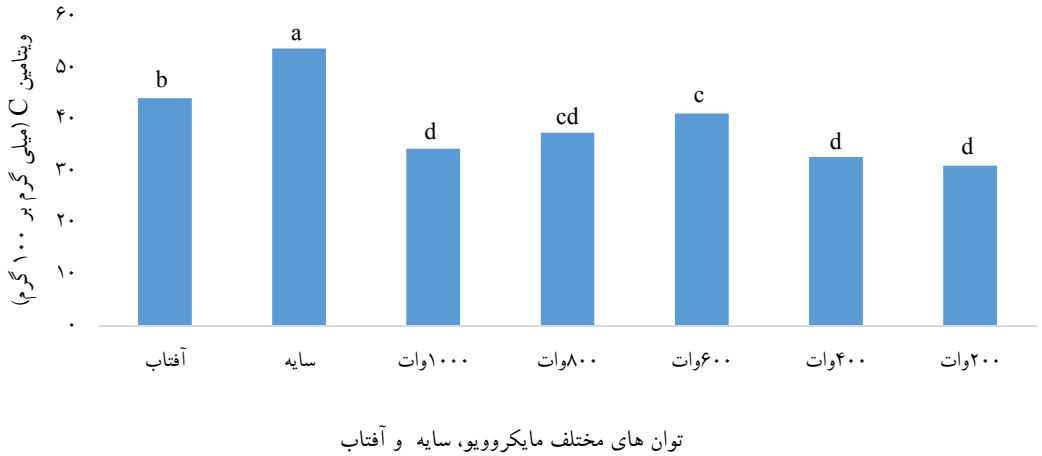
در جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) اثر متغیر توان در سطح ۵٪ بر تغییرات ویتامین C معنی‌دار شده است. رابطه ۷ مدل درجه دوم تغییرات ویتامین C را در مقابل تغییرات توان مایکروویو نشان می‌دهد.

رابطه ۷

$$\text{Vitamin C} = ۸/۴۳ - \times ۰/۰۴\ A \times ۷/۶۶ - A^2$$

بیشترین و کمترین میزان ویتامین C مربوط به خشک کردن به روش سایه (SD) با مقدار ۰/۵۳ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم و تیمار ۲۰۰ وات با مقدار ۰/۲۹ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم می‌باشد (شکل ۳). سطوح توان بالای مایکروویو باعث کاهش ویتامین C موجود در نمونه‌های خشک شده سماق به‌وسیله این خشک‌کن شد. در بین سطوح مختلف توان خشک‌کن مایکروویو کمترین مقدار غلظت ویتامین C

مربوط به تیمار ۱۰۰۰ وات با غلظت ۰/۲۵ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم بود. حرارت بیشتر و مدت زمان قرارگیری بیشتر محصول در داخل خشک‌کن باعث از دست رفتن بیشتر مواد فیتوشیمیایی میوه سماق ازجمله ویتامین C گردید. ازاین‌رو تیمار ۶۰۰ وات دارای درجه حرارت کمتر نسبت به توان ۱۰۰۰ وات می‌باشد. همچنین زمان قرارگیری نمونه‌های سماق در این سطح توان کمتر از توان ۲۰۰ و ۴۰۰ وات بوده است. بنابراین حفظ میزان ویتامین C در این توان بیشتر از توان‌های دیگر بوده است. سطح توان ۱۰۰۰ وات دارای درجه حرارت بسیار بالایی است و در مدت زمان کمی که محصول در این سطح توان در داخل خشک‌کن قرار داشت باعث کاهش ویتامین C محصول گردید.



شکل ۳- تغییرات ویتامین C سماق در زمان خشک کردن با توان‌های مختلف مایکروویو، سایه و آفتاب

اسیدهای آلی

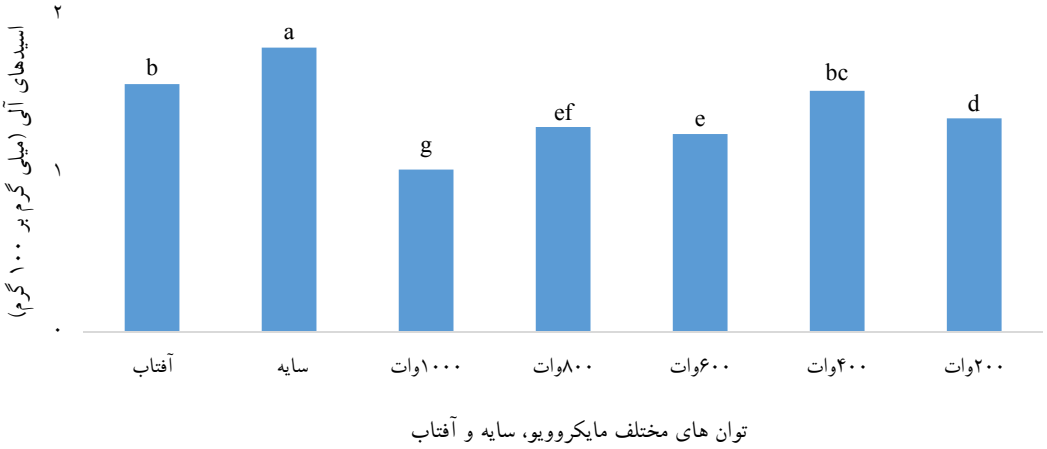
با توجه به جدول ۲ توان مایکروویو بر تغییرات اسیدهای آلی در سطح ۵٪ معنی‌دار شده است. مدل درجه دوم زیر (رابطه ۸) میزان اسیدهای آلی سماق با توان مایکروویو را نشان می‌دهد.

$$\text{Organic acid} = ۱/۴۷- \times ۲/۱۶\ A + - \times ۰/۰۰۶\ A^2 \qquad \text{رابطه ۸}$$

بیشترین و کمترین غلظت اسیدهای آلی مربوط به خشک کردن به روش سایه (SD) و توان ۶۰۰ وات خشک‌کن مایکروویو (۱/۱۱ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم) بوده است. مقدار غلظت اسیدهای آلی برای خشک کردن به روش آفتاب ۱/۵۶ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم بدست آمد. خشک کردن به روش سایه باعث حفظ بیشترین میزان اسیدهای آلی در سماق بود. خشک‌کن مایکروویو کمترین غلظت اسیدهای آلی را نشان داد. روش آفتاب تغییرات میزان اسیدهای آلی را با تغییرات کمتری نسبت به روش سایه حفظ نمود (شکل ۴).

در خشک‌کن مایکروویو بیشترین و کمترین غلظت اسیدهای آلی مربوط به توان ۱۰۰۰ و ۶۰۰ وات با مقادیر ۱/۴۱ و ۱/۱۱ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم بوده است. در توان ۱۰۰۰ وات نمونه‌های سماق کمترین زمان قرارگیری در

داخل خشک‌کن را داشتند. زمان کوتاه قرارگیری نمونه سماق در داخل خشک‌کن باعث حفظ بیشتر اسیدهای آلی موجود در نمونه شده است، به‌طوری که در زمان‌های بالاتر غلظت اسیدهای آلی کاهش پیدا کرده است. توان ۲۰۰ و ۴۰۰ وات به‌دلیل درجه حرارت کمتر میزان اسیدهای آلی را در مقادیر بالا حفظ کرده‌اند. در مورد اسیدهای آلی در میوه سماق باید گفت که تأثیر مدت زمان قرارگیری محصول بیشتر از درجه حرارت بوده است.



شکل ۴- تغییرات اسیدهای آلی سماق در زمان خشک کردن با توان‌های مختلف مایکروویو، سایه و آفتاب

بهینه‌سازی خشک کردن مایکروویو سماق

با توجه به نقطه بهینه که نرم‌افزار برای خشک‌کن مایکروویو مشخص کرد، در صورتی که توان مایکروویو ۹۱۰ وات تنظیم شود، بهترین نقطه از نظر تغییرات زمان خشک شدن و تغییرات رنگ بدست می‌آید (ΔE=۳/۱۷، ۴/۷۵=تغییرات وزن).

بیشترین مقدار اسیدهای آلی در توان ۱۰۰۰ W با مقدار ۱/۲۴ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم توسط نرم‌افزار مشخص گردید. همچنین بیشترین مقدار ویتامین C در توان ۶۴۰ W با مقدار ۰/۳۴ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم بدست آمد. در نهایت نقطه بهینه معرفی شده (۸۱۵ وات) برای کلیه متغیرهای وابسته (کمترین زمان خشک شدن و تغییرات رنگ کل و بیشترین خواص فیتوشیمیایی) با شاخص مطلوبیت ۰/۶۲ بدست آمد. نقاط بهینه مشخص شده برای خشک‌کن مایکروویو با خشک کردن به روش سنتی مقایسه شد. نقاط مشخص شده بیانگر این بودند که خشک کردن به روش سایه دارای کمترین تغییرات رنگ کل و بیشترین مقدار مواد فیتوشیمیایی را در مقایسه با خشک کردن به روش آفتاب و روش مایکروویو حفظ کرده است. با توجه به کاهش زمان خشک کردن و هزینه‌های کارگری در زمان خشک کردن استفاده از مایکروویو دارای مزیت اقتصادی بیشتری نسبت به روش خشک کردن سنتی می‌باشد. همچنین فضای محدودتری برای خشک کردن مورد نیاز است و اصول بهداشتی طبق مقررات سازمان غذا و دارو قابل انجام است.

بحث

نتایج بدست‌آمده در این تحقیق مبنی بر کاهش معنی‌دار زمان خشک کردن با افزایش توان مایکروویو با نتایج محققان دیگر ازجمله Azizi و همکاران (۲۰۰۹) و Soysal (۲۰۰۴) به‌ترتیب در مورد گیاه دارویی بابونه و جعفری مطابقت دارد. با افزایش توان مایکروویو، میزان خروج رطوبت از دانه به‌دلیل افزایش تبخیر سطحی بیشتر شده، در

نتیجه موجب انتقال سریع‌تر رطوبت از مرکز به سطح دانه می‌گردد (Taqiynejad & Rasouli Sharbani, 2017). البته کاهش زمان خشک کردن محصولات گیاهی در کاهش هزینه‌های مربوط به مصرف انرژی برای خشک کردن اهمیت زیادی دارد (Caceres, 2000).

در این تحقیق با افزایش دما و مدت زمان خشک کردن تغییرات رنگ کل (ΔE) افزایش پیدا کرد. به‌عنوان قاعده کلی می‌توان گفت افزایش دما و زمان خشک کردن تأثیر منفی روی رنگدانه‌های محصول گذاشته و علت اصلی آن قهوه‌ای شدن آنزیمی یا غیرآنزیمی می‌باشد (Muliterno *et al*., 2017؛ Kantrong *et al*., 2014). Forson و همکاران (۲۰۰۷) بیان کردند که درجه حرارت ملایم باعث جلوگیری از ترک برداشتن و آسیب دیدن محصول می‌شود، زیرا دماهای بالا باعث از بین رفتن خواص کیفی محصول (رنگ و مواد مؤثره) می‌شوند. بهترین کیفیت رنگ مربوط به خشک کردن در روش سایه می‌باشد و دلیل این امر دمای پایین‌تر آن نسبت به روش آفتاب و روش خشک کردن مایکروویو است. درجه حرارت بالا و مدت زمان قرارگیری محصول در طی خشک شدن باعث تیره‌تر شدن رنگ گیاه می‌شود که این رنگ تیره بعد از فرایند خشک شدن ناشی از تخریب آنتوسیانین‌ها می‌باشد. در واقع آنتوسیانین‌ها از نظر پایداری بسیار ضعیف هستند. هسته آنتوسیانین به‌دلیل کمبود الکترون دارای قابلیت واکنش زیادی است که این واکنش‌ها سبب تغییر رنگ دانه‌ها می‌شود (Reyes & Cisneros-Zevallos, 2007).

در کل افزایش دما و مدت زمان خشک کردن باعث کاهش مقدار ویتامین C و افزایش اسیدهای آلی گردید. Ebadi و همکاران (۲۰۱۳) در تحقیقی که بر روی گیاه ریحان داشتند نشان دادند که افزایش توان مایکروویو از ۳۰۰ وات به بالاتر باعث از بین رفتن مواد فیتوشیمیایی محصول ریحان شده است. همچنین افزایش زمان ماندگاری محصول در داخل مایکروویو باعث از دست رفتن بیشتر مواد فیتوشیمیایی و اسانس گیاه دارویی ریحان شده است. به‌طوری که توان ۳۶۰ وات بیشترین اسانس ریحان را حفظ کرده است. محل قرارگیری مواد مؤثره در گیاهان نقش مهمی در حفظ کیفیت آنها دارد. گیاهان و میوه‌هایی که مواد مؤثره‌شان در قسمت‌های سطحی برگ یا میوه است، نسبت به انرژی گرمایی بالا بسیار حساس‌اند و افزایش درجه حرارت تأثیر منفی بر مواد فیتوشیمیایی آنها خواهد داشت (Koller, 1987).

Ebadi و همکاران (۲۰۱۱) در تحقیقی اثر روش‌های مختلف خشک کردن (طبیعی، آون و مایکروویو) را بر درصد و اجزای اسانس گیاه دارویی مرزه بررسی کردند. نتایج آنان نشان داد که بالاترین درصد اسانس در روش آون (۵۰ درجه سلسیوس) و سایه (۳٪) بدست آمد. در خشک‌کن مایکروویو بیشترین و کمترین میزان اسیدهای آلی مربوط به توان ۱۰۰۰ و ۶۰۰ وات بود. اگرچه توان ۱۰۰۰ وات دارای درجه حرارت بالاتری نسبت به توان ۶۰۰ وات است اما زمان قرارگیری محصول در توان ۶۰۰ وات بیشتر از توان ۱۰۰۰ وات بوده است. ازاین‌رو حفظ اسیدهای آلی در این توان بیشتر بوده است. همچنین، از مهمترین اسیدهای آلی موجود در سماق تارتاریک اسید است که دارای نقطه ذوب بالایی (۱۷۴ درجه سلسیوس) می‌باشد. در واقع افزایش حرارت باعث آزادسازی اسیدهای آلی موجود در سماق شده است و در توان‌های بالاتر و یا مدت زمان قرارگیری بیشتر، مقدار اسیدهای آلی افزایش پیدا کرده است

اگرچه روش خشک کردن در سایه دارای معایب مدت زمان طولانی، بهداشت پایین، حمله آفت و جوندگان و گرد و غبار می‌باشد (Sharma *et al*., 1995)، اما این روش خشک کردن در جهت حفظ بیشترین ماده مؤثره و کمترین تغییرات رنگ روش مناسبی است و بهترین روش برای خشک کردن میوه سماق می‌باشد. در پژوهشی (Ghasemi Pirbalouti *et al*., 2013) تأثیر روش‌های خشک کردن شامل سایه، آفتاب و آون (دمای ۶۰ و ۴۰ درجه سلسیوس)، مایکروویو و خشک‌کن انجمادی روی ویژگی‌های کمّی و کیفی (اسانس و رنگ و ...) دو نوع ریحان مطالعه شد. نتایج این پژوهش نشان داد که بیشترین بازده اسانس در روش سایه و بعد در خشک کردن انجمادی بدست آمد.

به‌عنوان نتیجه‌گیری کلی باید گفت که خشک‌کن مایکروویو یک دستگاه بسیار کم هزینه، ارزان‌قیمت، دارای فضای کم در محیط آزمایشگاه و در عین حال وسیله‌ای مناسب برای خشک کردن انواع گیاهان و میوه‌های دارویی است. خشک کردن محصولات کشاورزی و گیاهان دارویی با هزینه‌های کمتر و رعایت بهداشت و جلوگیری از آلودگی محصول باعث کاهش بسیار زیاد ضایعات محصولات کشاورزی می‌شود. مقادیر ویتامین C و اسیدهای آلی در خشک‌کن مایکروویو در مقادیر بالایی حفظ شد. افزایش توان مایکروویو باعث افزایش سرعت خشک شدن و کاهش مدت زمان آن گردید. با افزایش توان مایکروویو و مدت زمان قرارگیری محصول در داخل دستگاه، تغییرات رنگ کل و ویتامین C کاهش محسوسی داشتند. مقادیر اسیدهای آلی در توان‌های بالاتر افزایش چشمگیری داشت که این افزایش با مدت زمان قرارگیری محصول در داخل خشک‌کن نیز رابطه مستقیم داشت. توان ۸۱۵ وات بهترین نقطه برای خشک‌کن مایکروویو براساس پارامترهای ذکر شده در این تحقیق بود. در نهایت با مقایسه خشک کردن به روش سنتی و خشک‌کن مایکروویو این نتیجه بدست آمد که خشک کردن به روش سنتی در حفظ خواص شیمیایی و کاهش تغییرات رنگ کل بهتر از خشک کردن به روش مایکروویو بوده است.

سپاسگزاری

از آقایان مهندس کولیوند و مهندس یادگاری (کارشناسان آزمایشگاه خواص بیوفیزیک گروه مکانیک بیوسیستم و آزمایشگاه گروه علوم باغبانی دانشگاه تربیت مدرس) به‌دلیل کمک در انجام آزمایش‌های این تحقیق تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع مورد استفاده

- Ahmadi, K., Sefidkon, F. and Asareh, M., 2008. The effects of different drying methods on essential oil content and composition of three genotypes of *Rosa damascena* Mill. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 24(2): 162-176.
- Azizi, M., Rahmati, M., Ebadi, M.T. and Hasanzadeh Khayyat, M., 2009. The effects of different drying methods on weight loss rate, essential oil and chamazolene contents of chamomile (*Matricaria recutita*) flowers. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 25(2): 182-192.
- Bezerra, M.A., Santelli, R.E., Oliveira, E.P., Villar, L.S. and Escaleira, L.A., 2008. Response surface methodology (RSM) as a tool for optimization in analytical chemistry. Talanta, 76(5): 965-977.
- Caceres, A., 2000. Calidad de la material prima para la elaboracion de productos fitofarma ceuticas. Primer Congreso International FITO "Por la investigacion, conservacion diffusion del conocimiento de las plantas medicinals", Lima, Peru, 27-30 September.
- Diaz, G.R., Martınez-Monzo, J., Fito, P. and Chiralt, A., 2003. Modelling of dehydration-rehydration of orange slices in combined microwave/air drying. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 4(2): 203-209.
- Dogan, M. and Akgul, A., 2005. Characteristics and fatty acid compositions of *Rhus coriaria* cultivars from southeast Turkey. Chemistry of Natural Compounds, 41(6): 724-725.
- Ebadi, M., Rahmati, M., Azizi, M. and Hassanzadeh-Khayyat, M., 2011. Effects of different drying methods (natural method, oven and microwave) on drying time, essential oil content and composition of Savory (*Satureja hortensis* L.). Iranian Journal of Medical Sciences, 26(4): 477-489.
- Ebadi, M., Rahmati, M., Azizi, M., Hasanzadeh Khayyat, M. and Dadkhah, A.R., 2013. The effect of different drying methods on drying time, essential oil content and composition of basil (*Ocimum basilicum* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 29(2): 425-437.
- Figiel, A., Szumny, A., Gutiérrez-Ortíz, A. and Carbonell-Barrachina, Á.A., 2010. Composition of oregano essential oil (*Origanum vulgare*) as affected by drying method. Journal of Food Engineering, 98(2): 240-247.
- Forson, F., Nazha, M., Akuffo, F. and Rajakaruna, H., 2007. Design of mixed-mode natural convection solar crop dryers: application of principles and rules of thumb. Renewable Energy, 32(14): 2306-2319.
- Ghasemi Pirbalouti, A., Mahdad, E. and Craker, L., 2013. Effects of drying methods on qualitative and quantitative properties of essential oil of two basil landraces. Journal of Food Chemistry, 141: 2440-2449.
- Giancarlo, S., Rosa, L.M., Nadjafi, F. and Francesco, M., 2006. Hypoglycaemic activity of two spices extracts: *Rhus coriaria* L. and *Bunium persicum* Boiss. Natural Product Research, 20(9): 882-886.

- Guiné, R.P., Pinho, S. and Barroca, M.J., 2011. Study of the convective drying of pumpkin (*Cucurbita maxima*). Food and Bioproducts Processing, 89(4): 422-428.
- Janjai, S. and Tung, P., 2005. Performance of a solar dryer using hot air from roof-integrated solar collectors for drying herbs and spices. Renewable Energy, 30(14): 2085-2095.
- Kantrong, H., Tansakul, A. and Mittal, G.S., 2014. Drying characteristics and quality of shiitake mushroom undergoing microwave-vacuum drying and microwave-vacuum combined with infrared drying. Journal of Food Science and Technology, 51(12): 3594-3608.
- Khayyat, S.A. and Roselin, L.S., 2018. Recent progress in photochemical reaction on main components of some essential oils. Journal of Saudi Chemical Society, 22(7): 855-875.
- Koller, W.D., 1987. Problems with the Flavour of Herbs and Spices. Proceeding of the fifth international Flavour Conference, Porto Karras, Chalkidiki, Greece: 123-132.
- Krulis, M., Kühnert, S., Leiker, M. and Rohm, H., 2005. Influence of energy input and initial moisture on physical properties of microwave-vacuum dried strawberries. European Food Research and Technology, 221(6): 803-808.
- Motevali, A., Minaei, S., Banakar, A., Ghobadian, B. and Khoshtaghaza, M.H., 2014. Comparison of energy parameters in various dryers. Energy Conversion and Management, 87: 711-725.
- Muliterno, M.M., Rodrigues, D., de Lima, F.S., Ida, E.I. and Kurozawa, L.E., 2017. Conversion/degradation of isoflavones and color alterations during the drying of okara. LWT-Food Science and Technology, 75: 512-519.
- Nielson, S., 2010. Food Analysis. New York. Spiringer, 602p.
- Ozcan, I.A., Akbudak, B. and Akbudak, N., 2007. Microwave drying characteristics of spinach. Journal of Food Engineering, 78(2): 577-583.
- Reyes, L.F. and Cisneros-Zevallos, L., 2007. Degradation kinetics and colour of anthocyanins in aqueous extracts of purple-and red-flesh potatoes (*Solanum tuberosum* L.). Food Chemistry, 100(3): 885-894.
- Rezaipor, M., Jehani, H., Hoseini, S.M., Mirzai, J. and Jafari, G.H., 2013. Ecological survey *Rhus coriraria* L. shrub in west of Iran. Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology), 26(4): 444-452.
- Rubinskienė, M., Viškelis, P., Dambrauskienė, E., Viškelis, J. and Karklelienė, 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, V.K., Colangelo, A. and Spagna, G., 1995. Experimental investigation of different solar dryers suitable for fruit and vegetable drying. Renewable Energy, 6(4): 413-424.
- Soysal, Y., 2004. Microwave drying characteristics of Parsley. Journal of Food Engineering, 89(2): 167-173.
- Taqiynejad, A. and Rasouli Sharbani, V., 2017. Effect of combined drying of infrared and microwave air on some of the qualitative characteristics of semi-arranged rice. Journal of New Technologies, 5(17): 25-38.
- Therdthai, N. and Zhou, W., 2009. Characterization of microwave vacuum drying and hot air drying of mint leaves (*Mentha cordifolia* Opiz ex Fresen). Journal of Food Engineering, 91(3): 482-489.
- Wang, J., Xiong, Y.S. and Yu, Y., 2004. Microwave drying characteristics of potato and the effect of different microwave powers on the dried quality of potato. European Food Research and Technology, 219(5): 500-506.
- Yazdani, D., Shahnazi, S., Jamshidi, A., Rezazadeh, S. and Mojab, F., 2006. Study on variation of essential oil quality and quantity in dry and fresh herb of Thyme and Tarragon. Journal of Medicinal Plants, 1(17): 7-15.

Effect of different drying methods (microwave drying, shade and sun drying) on the quality of sumac fruit (*Rhus coriaria* L.)

A. Hasani[1], M.H. Khoshtaghaza[2*] and M.T. Ebadi[3]

1- M.Sc. student, Biosystems Engineering Department, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
2*- Corresponding author, Biosystems Engineering Department, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
E-mail: Khoshtag@modares.ac.ir
3- Horticultural Sciences Department, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

Received: February 2019 Revised: August 2019 Accepted: August 2019

Abstract

In this study, the effect of microwave drying method (at five power levels: 200, 400, 600, 800 and 1000 watts) on drying time, color change, amount of organic acids and vitamin C of sumac fruit (*Rhus coriaria* L.) was investigated. The experiment was conducted in a completely randomized design with three replications and the response surface methodology (RSM) was used to find the optimum points for the minimum drying time and color changes or the maximum organic acids and vitamin C during drying. The results showed that microwave drying had significant effect on the color, the amount of organic acids and vitamin C at 5% probability level but it had significant effect on drying time at 1% probability level. Among the different microwave powers, the highest and lowest organic acids were obtained at 1000 and 600 watts with values of 1.46 and 1.11 mg/100 g, respectively, and the highest and lowest vitamin C was obtained at 600 and 1000 watts with values of 0.40 and 0.26 mg/100g, respectively. The best situation for microwave drying (with the lowest drying time and color variations and the maximum phytochemicals) was obtained at 815 watts. Finally, the lowest color changes and the highest amount of organic acids and vitamin C were observed in the shade drying method.

Keywords: Sumac (*Rhus coriaria* L.), Traditional drying, Microwave drying, Response surface.