نشریه پژوهش‌های زعفران (دو فصلنامه)
جلد هفتم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۱۳۹۸
شماره صفحه: ۱۸۸-۱۷۷
http://dx.doi.org/10.22077/jsr.2018.1872.1072

مقاله پژوهشی:

اثر روش‌های مختلف خشک کردن بر محتوی رطوبت، زمان خشک شدن و خصوصیات کیفی کلاله زعفران

عبداله ملافیلابی[1*]، سرور خرم دل[2]، جواد شباهنگ[3]
۱- دانشیار گروه زیست فناوری مواد غذایی، مؤسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی، مشهد، ایران
۲- دانشیار گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
۳- دکتری بوم‌شناسی زراعی گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
[*]نویسنده مسئول: *Email: a.filabi@rifst.ac.ir*

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۶/۲۷؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۹/۱۸

چکیده

زعفران به عنوان گران‌ترین ادویه جایگاه ویژه‌ای در بین محصولات کشاورزی دارد. ترکیبات اختصاصی آن شامل کروسین، پیکروکروسین و سافرانال می‌باشد. روش‌های مختلف خشک کردن علاوه بر تأثیر بر میزان مصرف انرژی، از طریق تأثیر بر ویژگی‌های شیمیایی و حسی زعفران، کیفیت نهایی آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد. بر این اساس، این مطالعه با هدف بررسی اثر روش‌های مختلف خشک کردن بر خصوصیات کیفی زعفران به صورت طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار طی سال ۱۳۹۶ انجام شد. تیمارها شامل چهار روش خشک کردن شامل روش سنتی (محیط سایه و دمای آزمایشگاه)، سه دمای آون (۴۰، ۶۰ و ۸۰ درجه سانتی‌گراد)، سه قدرت میکروویو (۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ وات)، انجمادی (طی پنج ساعت در $-18\ ^{o}C$ درجه سانتی‌گراد جهت انجماد اولیه و تفت دادن با دمای ۵±۶۰ درجه سانتی‌گراد با فواصل تخلیه ۱۵، ۱۰، ۱۰ و ۱۰ دقیقه) بودند. آزمایش‌های شیمیایی بر اساس دستورالعمل *ISO 3632-2 (E) 1993* و اندازه‌گیری سافرانال به روش کروماتوگرافی انجام شد. نتایج نشان داد که بیشترین و کمترین محتوی رطوبت به ترتیب برای روش سنتی (۷/۲۳ درصد) و میکروویو ۶۰۰ وات (۱/۴۷ درصد) محاسبه گردید. روش انجمادی کاهش ۶۹ درصدی زمان لازم برای خشک کردن را در مقایسه با روش سنتی به دنبال داشت. بالاترین محتوی پیکروکروسین (۱۴۰/۶۶ درصد) و سافرانال (۴۲/۶۴ درصد) برای خشک کردن با قدرت ۶۰۰ وات میکروویو بدست آمد. بیشترین مقدار کروسین مربوط به خشک کردن با روش انجمادی (۲۹۹/۶۴ درصد) بود. بیشترین و کمترین میزان وزنی سافرانال برای روش انجمادی (۲۴۵/۹۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و سنتی (۸۸/۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) حاصل شد. کمترین مقادیر پیکروکروسین، سافرانال و کروسین برای آون با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به ترتیب با ۳۸/۰۱، ۱۳/۱۸ و ۱۰۹/۴۴ درصد بدست آمد. بر این اساس، اگر چه حفظ کلیه خصوصیات کیفی زعفران، طی فرآیند خشک کردن مشکل به نظر می‌رسد، ولی برای حفظ ویژگی‌های کیفی بهتر، کاربرد روش‌های کنترل شده‌ای مانند مایکروویو و انجمادی توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: روش انجمادی، سافرانال، مایکروویو، ویژگی‌های شیمیایی.

مقدمه

خشک‌کردن یکی از قدیمی‌ترین روش‌های نگهداری محصولات پس از برداشت است که شامل حذف رطوبت با استفاده از فرآیند تبخیر تا آستانه‌ای خاص می‌باشد. هدف اصلی این فرآیند، متوقف نمودن فعالیت‌های آنزیمی، میکروارگانیسم‌ها و مخمرها به‌منظور افزایش مدت انبارداری می‌باشد. روش خشک کردن به میزان و نوع رطوبت موجود در اندام‌های گیاهی بستگی دارد. خشک کردن طبیعی با استفاده از جریان هوای گرم به دلیل هزینه کم، یکی از مهمترین روش‌های مورد استفاده در خشک کردن محصولات کشاورزی می‌باشد. از جمله معایب روش خشک کردن با استفاده از هوای گرم نیز می‌توان به بازده پایین انرژی و زمان‌بر بودن این فرآیند اشاره نمود (*Soysal & Oztekin, 2001*). بررسی‌ها نشان داده که خشک کردن با محتوای رطوبتی بالاتر با استفاده از هوای با درجه حرارت پایین، افزایش میزان مصرف انرژی را تا ۱۰ مگاژول بر کیلوگرم را موجب می‌گردد (*Bushbeck et al., 1967*).

خشک‌کردن با امواج میکروویو از جمله روش‌های جدید بوده که کوتاه بودن زمان از مزایای آن محسوب می‌شود (*Blose, 2001*). خشک کردن با میکروویو یا استفاده از روش‌های ترکیبی میکروویو- هوای داغ، علاوه بر کاهش زمان خشک شدن ماده گیاهی، کیفیت آن‌را حفظ می‌نماید (*Drouzas et al., 999*). اشعه‌های میکروویو با پخشیدگی سریع و مؤثر در ماده گیاهی، کاهش مصرف انرژی را موجب می‌گردد (*Diaz et al., 2003*). خشک کردن با میکروویو، علاوه بر کاهش مدت زمان لازم برای خشک شدن (*Diaz et al., 2003*) باعث حفظ رنگ گیاهان و بهبود محتوای ماده مؤثره می‌گردد (*Von Hörsten, 1999*).

خشک کردن به روش انجمادی یکی دیگر از روش‌های مورد استفاده برای خشک کردن محصولات غذایی است که به دلیل کاهش دما هنگام تصعید، باعث افزایش کیفیت و حفظ ساختار محصول می‌گردد که این مزایا جنبه‌های دیگر خشک کردن را شامل بالا بودن مصرف انرژی برای انجماد و ایجاد خلأ برای برخی محصولات توجیه می‌کند (*Izli et al., 2017; Rudy, 2009*).

زعفران به عنوان گران‌ترین ادویه و گیاه دارویی جهان جایگاه ویژه‌ای را در بین محصولات صنعتی و صادراتی ایران به خود اختصاص داده است (*Abrishamchi, 2003; Azizi Zahan et al., 2006*). ترکیبات عمومی این ادویه شامل کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها، مواد نیتروژنه، املاح معدنی، ویتامین‌ها و غیره است. ترکیبات اختصاصی زعفران شامل کروسین (عامل ایجاد رنگ، $C_{44}H_{64}O_{24}$)، پیکروکروسین (عامل طعم تلخ مخصوص، $C_{16}H_{26}O_7$) و سافرانال (عامل اصلی ایجاد عطر و بو، $C_{10}H_{14}O$) می‌باشد (*Atefi, 2006*). کروسین ترکیبی گلوکوزیدی است که دارای دو مولکول جنتوبیوز است (*Atefi, 2006; Fatemi, 2001*) که در اثر اکسیداسیون نوعی کارتنوئید به نام پروتوکروسین به وجود می‌آورد که ماده این رنگی است و در اثر هیدرولیز به کروسین تبدیل می‌شود (*Fatemi, 2001*). کروسین در اثر جداسازی دو مولکول قند جنتوبیوز از کروسین به دست می‌آید که ساختمان کلی آن همچون رشته آلیفاتیک کاروتن‌ها می‌باشد (*Fatemi, 2001*). از زعفران همچنین ماده تلخ مزه، پیکروکروسین بدست می‌آید که گلیکوزید است و بعد از جداسازی گلوکز، سافرانال می‌دهد (*Fatemi, 2001*).

معمولاً سه روش خشک کردن در سایه، آفتاب و با استفاده از حرارت حاصل از سوخت‌ها در کشورهای مختلف برای زعفران متداول است (*Negbi, 1999*). در ایران زعفران در سایه، سایه- آفتاب و یا به روش اسپانیایی (با الک) خشک می‌شود (*Kafi et al., 2006*). در یونان، کلاله در سایه در دمای اولیه ۲۰ درجه سانتی‌گراد و متعاقباً ۳۵-۳۰ درجه سانتی‌گراد طی ۱۲-۱۰ ساعت خشک می‌شوند. در مراکش، کلاله در سایه طی ۱۰-۷ روز خشک می‌شوند (*Negbi, 1999*). آلونسو و همکاران (*Alonso et al., 1993*) اظهار داشتند که افزایش دما در هنگام خشک کردن کلاله باعث اکسیداسیون کروسین و تجزیه پیکروکروسین می‌شود. موریموتو و همکاران (*Morimoto et al., 1994*) گزارش کردند که طی مدت زمان نگهداری زعفران، بسته به شرایط نگه‌داری، گلیکوزیل استرهای کروسین تحت تأثیر عوامل مختلف تجزیه شده و مقدار آن‌ها در این ادویه کاهش می‌یابد. رانیا و همکاران (*Rania et al., 1996*) نشان دادند که نگهداری طولانی‌مدت زعفران، غلظت ترکیبات رنگی و طعمی را به میزان زیادی تحت تأثیر قرار داد. حسینی‌نژاد (*Hosseini Nejad, 2000*) با بررسی تأثیر استفاده از مایکروویو در خشک کردن زعفران بر محتوی ترکیبات رنگی (کروسین)، طعمی (پیکروکروسین)، عطری (سافرانال) و بار میکروبی نشان داد که میزان این ترکیبات در نمونه‌های

خشک شده با مایکروویو نسبت به نمونه‌های خشک شده به صورت سنتی، بالاتر بوده و بار میکروبی نمونه‌ها نیز در این روش کاهش بیشتری یافته بود. شویاما (*Shoyama, 2000*) نیز کاهش کروسین را در طول زمان تحت تأثیر خشک کردن با روش سنتی را تأیید نمود. بلندی و همکاران (*Bolandi et al., 2006*) نشان دادند که مدت زمان نگهداری و روش خشک کردن، تأثیر معنی‌داری بر خصوصیات رنگی، عطری و طعمی زعفران داشت. این محققان بیان کردند که در طول دوره نگهداری، میزان کروسین، کاهش و سافرانال افزایش یافت؛ آنها همچنین نتیجه‌گیری گرفتند که میزان سافرانال در ابتدای دوره نگهداری افزایش یافته و لیکن پس از گذشت شش ماه تقریباً ثابت باقی ماند. عاطفی و همکاران (*Atefi et al., 2004*) با بررسی اثرات خشک کردن انجمادی بر ویژگی‌های کیفی زعفران اظهار داشتند که مقدار کروسین و پیکروکروسین در نمونه‌های خشک شده انجمادی بیشتر از نمونه خشک شده سنتی بود. این محققان طی مطالعه‌ای دیگر روی بررسی اثرات روش‌های مختلف خشک کردن بر ویژگی‌های شیمیایی و حسی زعفران نتیجه گرفتند که نمونه‌های خشک شده تحت روش انجمادی و سایه به ترتیب بیشترین و کمترین شدت رنگدهی را داشتند. همچنین نمونه‌های خشک شده انجمادی و در آون الکتریکی به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار سافرانال را به خود اختصاص دادند (*Atefi et al., 2013*).

به طور کلی، روش خشک کردن از طریق تأثیر بر ویژگی‌های شیمیایی و حسی زعفران (*Hemmati Kakhki, 2001*)، تأثیر زیادی در تعیین کیفیت و بهبود ارزش اقتصادی این ادویه دارد. بنابراین، از آنجا که امروزه تقاضا برای زعفران در بازارهای جهانی رو به افزایش بوده و خشک کردن یکی از فرآیندهای اصلی پس از برداشت این محصول است که علاوه بر کاهش محتوای رطوبتی تأثیر زیادی بر کمیت و کیفیت این گونه ارزشمند دارد، استفاده از روش‌های مناسب خشک کردن علاوه بر کاهش مصرف انرژی و زمان خشک کردن می‌تواند کمیت و کیفیت را نیز حفظ نماید.

بر این اساس، این مطالعه با هدف بررسی اثر روش‌های مختلف خشک کردن بر محتوی رطوبت، زمان لازم برای خشک شدن و خصوصیات کیفی کلاله زعفران اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد طی سال ۱۳۹۶ انجام شد.

سه کیلوگرم گل زعفران پس از چیدن و مخلوط کردن گل مزرعه- با عمر چهار سال و مساحت ۰/۵ هکتار واقع در تربت حیدریه- تهیه شد. پس از جمع‌آوری گل‌ها، نمونه‌ها به چند قسمت تقسیم و هر قسمت بصورت تصادفی برای روش‌های خشک کردن اختصاص داده شد. پس از آن بلافاصله کلاله از گل‌ها جدا شد. قابل ذکر است برای اجرای روش‌های خشک کردن، کلاله‌ها تا زمان شروع آزمایش در ظروف در بسته در یخچال نگهداری شدند. نتایج درصد اجزای گل، میزان استحصال کلاله، طول و قطر بخش‌های مختلف کلاله زعفران در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی کلاله زعفران

Table 1. Physical properties of saffron flowers

درصد اجزای گل *Flower parts percentage (n=100)*				میزان استحصال کلاله تازه *Fresh stigma yield ($g.kg^{-1}$) (n=100)*	طول کلاله *Stigma length (mm) (n*=25)*	قطر کلاله *stigma diameter (mm) (n=25)*	قطر وسط کلاله *Stigma diameter in middle (mm) (n=25)*	قطر انتهای کلاله *Stigma diameter at the end (mm) (n=25)*
کاسبرگ، گلبرگ و دمگل *Sepal, petal and pedicel*	پرچم *Stamen*	خامه *Style*	کلاله *Stigma*					
83.19±0.58	7.16±0.19	3.36±0.08	6.29±0.18	46.890	2.95±0.31	2.05±1.56	0.86±0.03	0.68±0.09

*n: تعداد نمونه

**n: Saffron sample*

چهار روش خشک‌کردن شامل روش سنتی، سه دمای آون خلأ (۴۰، ۶۰ و ۸۰ درجه سانتی‌گراد) (مدل *Soofer Co 29* ساخت آمریکا)، سه قدرت میکروویو (۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ وات) (مدل M_{246} ساخت شرکت بوتان)، انجمادی (طی پنج

ساعت در $18^{o}C$- درجه سانتی‌گراد جهت انجماد اولیه و گرمادهی با دمای ۵±۶۰ درجه سانتی‌گراد با فواصل تخلیه ۱۵، ۱۰، ۱۰ و ۱۰ دقیقه) (*Zirbus* مدل ساخت آلمان) به عنوان تیمار مدنظر قرار گرفت.

در روش خشک کردن سنتی کلاله‌ها به طور میانگین به مدت چهار روز در محیط سایه در شرایط آزمایشگاه خشک شدند. جهت خشک کردن انجمادی از دستگاه مدل *Jouan* Lp_3 ساخت فرانسه استفاده شد. آزمایش‌های شیمیایی بر اساس دستورالعمل *ISO 3632-2 (E) 1993* و اندازه‌گیری سافرانال به روش کروماتوگرافی انجام شد (*Sujata et al., 1992; ISO, 1993*).

آزمون‌های شیمیایی

اندازه‌گیری درصد رطوبت و مواد فرار با آون الکتریکی (۱۰۳ درجه سانتی‌گراد) انجام شد. سنجش ویژگی‌های اسپکتروفتومتری نمونه‌های خشک شده زعفران نیز به روش استاندارد جهانی زعفران (ایزو: ۲-۲۰۰۳-۳۶۳۲) با استفاده از اسپکتروفتومتر *UV-16-A* (ساخت ژاپن) انجام شد. برای تعیین مقدار کمی سافرانال، روش اصلاح شده استخراج سوجاتا و همکاران (*Sujata et al., 1992*) مورد استفاده قرار گرفت. همچنین دستگاه کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (*Waters-467*- ساخت آمریکا) مجهز به ستون C_{18} (اندازه ذرات چهار میکرومتر، طول ۱۵۰ میلی‌متر و عرض ۳/۶ میلی‌متر) و دتکتور *UV-Vic* بود و اندازه‌گیری محتوی سافرانال در طول موج ۳۰۸ نانومتر با شویش ایزوکراتیک *v/v* ۲۴ درصد استونیتریل در آب انجام شد. صفات شیمیایی مورد مطالعه شامل درصد رطوبت و مواد فرار، خاکستر کل، خاکستر نامحلول در اسید کلریدریک، عصاره محلول در آب سرد و نیتروژن بود.

عصاره‌گیری از کلاله‌های خشک با آب مقطر طبق روش استاندارد *ISO/TS 3632-2* (*ISO/TS 3632-2, 2003*) انجام شد. بدین صورت که حدود ۰/۲ گرم کلاله زعفران از هر تیمار توزین شده و در ارلن با حجم ۵۰۰ میلی‌لیتر ریخته و جهت جلوگیری از رسیدن نور به نمونه‌ها، ارلن‌ها با فویل آلومینیومی کاملاً پوشانده شد. پس از افزودن حدود ۲۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به کلاله‌های آسیاب شده، این نمونه‌ها به مدت یک ساعت روی همزن مغناطیسی قرار داده شد. پس از این مدت، مایع حاصل در یک بالن ۵۰۰ میلی‌لیتری که در فویل آلومینیومی پیچیده شده‌اند، به حجم رسانده شد. سپس ۲۰ میلی‌لیتر از این مایع در یک ارلن ۲۰۰ میلی‌لیتر با آب مقطر به حجم رسانده و مایع حاصل به‌وسیله پمپ خلأ مخزن هوا و کاغذ صافی سیلیکات (استات سلولز با قطر ۰/۴۵ میکرومتر) صاف گردید. سپس اندازه‌گیری جذب نوری محلول با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل *WPA, S2000 UV/Vis Spectrophotometer*) در طول موج‌های ۲۵۷، ۳۳۰ و ۴۴۰ نانومتر به‌ترتیب برای پیکروکروسین، سافرانال و کروسین انجام شد. نتایج بر اساس حداکثر جذب یک درصد محلول آبی در طول موج‌های ذکر شده ($E_{\lambda\max}^{1\%}$) بر مبنای ماده خشک حداقل طبق معادله زیر بیان گردید (*Molina et al., 2010*).

$$E_{\lambda\max}^{1\%} = \frac{A_{\lambda\max}*5000}{m\,(100-H)}$$

در این معادله، $A_{\lambda\max}$: عدد قرائت شده از دستگاه اسپکتروفتومتر، m: وزن نمونه کلاله زعفران بر حسب گرم و H: درصد رطوبت نمونه‌ها که ۶/۴۲ در نظر گرفته شد، می‌باشد.

تجزیه داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌ها و رسم نمودارها به ترتیب توسط *SAS 9.1* و *Excel* انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار[1] (*LSD*) در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج خصوصیات شیمیایی کلاله زعفران همچون درصد رطوبت، خاکستر و نیتروژن در جدول ۲ نشان داده شده است.

خصوصیات شیمیایی کلاله مورد بررسی شامل درصد رطوبت، خاکستر کل، خاکستر نامحلول در اسید، عصاره محلول در آب سرد و نیتروژن با استاندارد ملی ایران مطابقت دارد (*Saffron Standards, 2003*).

نتایج تجزیه واریانس محتوی کروسین، سافرانال و پیکروکروسین زعفران خشک به روش اسپکتروفتومتری، محتوی رطوبت و زمان خشک شدن در جدول ۳ نشان داده شده است.

- *Least significant difference*

جدول ۲. خصوصیات شیمیایی کلاله تازه زعفران

Table 2. Chemical properties of fresh stigma

تعداد *Number (n*=5)*	ویژگی *Properties*
81.23±0.4114	رطوبت و مواد فرار (درصد جرمی) *Moisture and volatile substance (mass percentage)*
5.92±0.032	خاکستر کل بر اساس ماده خشک (درصد جرمی) *Total ash based on dry matter (mass percentage)*
0.14±0.018	خاکستر نامحلول در اسید کلریدریک بر اساس ماده خشک (درصد جرمی) *Insoluble ash in HCl based on dry matter (mass percentage)*
72.12±3.37	عصاره محلول در آب سرد بر اساس ماده خشک (درصد جرمی) *Cold water soluble extract based on dry matter (mass percentage)*
3.01±0.053	نیتروژن بر اساس ماده خشک (درصد جرمی) *Nitrogen based on dry matter (mass percentage)*

n: تعداد نمونه

**n: Saffron sample*

جدول ۳. نتایج آنالیز واریانس (میانگین مربعات) اثر روش‌های مختلف خشک کردن بر محتوی رطوبت، اجزای خصوصیات کیفی و زمان خشک شدن کلاله زعفران

Table 3. Analysis of variance (mean of squares) for the different effects of drying methods on humidity content, quality criteria and drying time of saffron stigma

منابع تغییر *S.O.V.*	درجه آزادی *df*	محتوی رطوبت *Humidity content*	پیکروکروسین *Picrocrocin*	سافرانال *Safranal*	کروسین *Crocin*	زمان خشک شدن *Drying time*	وزن سافرانال *Safranal weight*
بین *Between*	*7*	*14.16*	*5462.01*	*508.41*	*19314.52*	*20448241.04*	*13772.70*
درون *Within*	*24*	*0.037***	*106.07***	*22.30***	*77.45***	*1111.439***	*66.41***
ضریب تغییرات *CV (%)*		*7.20*	*11.14*	*16.95*	*4.86*	*148.75*	*4.87*

اثر روش‌های خشک کردن بر محتوی رطوبت، صفات کیفی و زمان خشک شدن کلاله معنی‌دار ($P\leq$۰/۰۱) بود (جدول ۳). بیشترین و کمترین رطوبت کلاله به ترتیب برای روش سنتی و میکرو ویو با قدرت ۶۰۰ وات محاسبه گردید. با افزایش دمای آون از ۴۰ به ۸۰ درجه سانتی‌گراد رطوبت کلاله ۲۴ درصد کاهش یافت. میزان این کاهش برای افزایش قدرت مایکروویو از ۲۰۰ به ۶۰۰ وات برابر با ۳۲ درصد محاسبه شد. محتوی رطوبت کلاله تحت تأثیر روش خشک کردن با روش انجمادی در مقایسه با روش سنتی ۷۱ درصد پایین تر تعیین گردید (جدول ۴). باسکر و همکاران (*Basker et al., 1993*) با خشک کردن زعفران تا وزن ثابت در دماهای ۲۰، ۳۰، ۳۶، ۴۴، ۵۰، ۶۶، ۷۷، ۸۵، ۹۲ و ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد نتیجه گرفتند که درصد مواد فرار باقی‌مانده زعفران به تنظیم رابطه زمان و دما بستگی دارد. مانیو و آملوتی (*Mannio & Amelotti, 1977*) نشان دادند که پایداری رنگدانه‌های زعفران در رطوبت نسبی پایین، بیشتر از رطوبت نسبی بالا است. از آنجا که بالا بودن محتوی رطوبت نسبی کلاله می‌تواند در طول زمان نگهداری علاوه بر کاهش خصوصیات کیفی، از طریق ایجاد شرایط مطلوب برای رشد میکروارگانیسم‌ها به میزان زیادی خصوصیات کیفی زعفران را کاهش دهد، لذا پیشنهاد می‌شود به منظور حفظ کیفیت این ادویه محتوی رطوبت آن قبل از بسته‌بندی ارزیابی و تعیین گردد.

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر روش‌های خشک کردن بر محتوی رطوبت و زمان خشک شدن کلاله زعفران

Table 4. The effect of drying methods on moisture content and drying time of saffron

روش خشک کردن *Drying protocol*		محتوی رطوبت *Humidity content (%)*	زمان خشک شدن *Drying time (min)*
آون *Oven (°c)*	*40*	*2.87^{b*}*	*148.75^{c}*
	60	*1.86^{de}*	*113.00^{d}*
	80	*2.18^{c}*	*78.00^{e}*
میکروویو *Microwave (w)*	*200*	*1.91^{cde}*	*10.00^{f}*
	400	*1.80^{e}*	*3.93^{f}*
	600	*1.47^{f}*	*2.00^{f}*
انجمادی *Freeze*		*2.12^{cd}*	*1966.25^{b}*
سنتی *Traditional*		*7.23^{a}*	*6440.00^{a}*

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون *LSD* در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی داری ندارند.

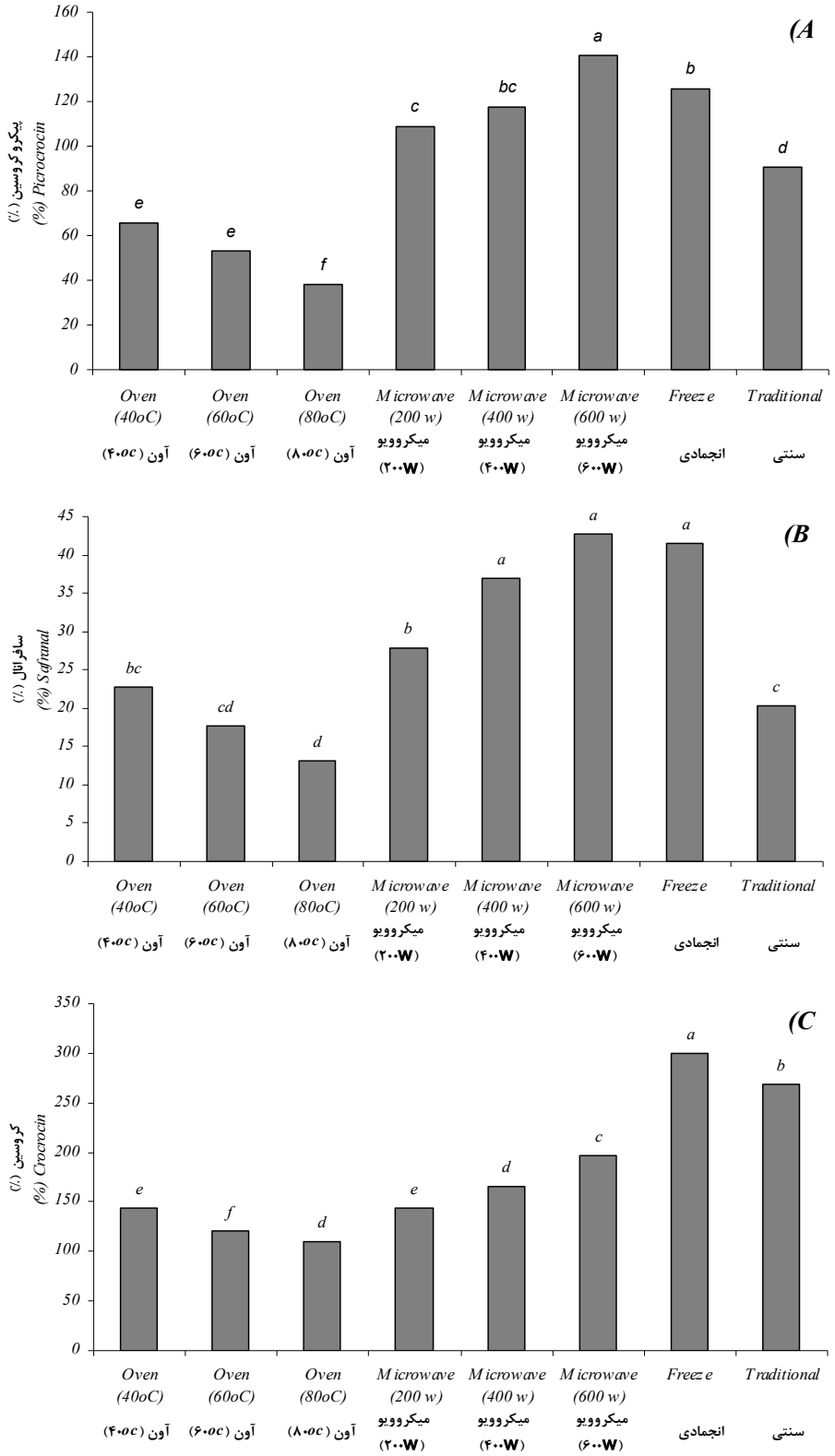
** Mean values within the column with same letter are not significantly different based on LSD test at P≤0.05.*

بالاترین و پایین‌ترین مدت زمان لازم برای خشک کردن کلاله به ترتیب برای خشک کردن تحت روش‌های سنتی و میکروویو با قدرت ۶۰۰ وات بدست آمد. با افزایش دمای آون از ۴۰ به ۸۰ درجه سانتی‌گراد، مدت زمان لازم برای خشک کردن کلاله ۴۸ درصد کاهش یافت. میزان کاهش این صفت تحت تأثیر افزایش قدرت مایکروویو از ۲۰۰ به ۶۰۰ وات، ۸۰ درصد تعیین شد. خشک کردن تحت تأثیر روش انجمادی کاهش ۶۹ درصدی مدت زمان لازم برای خشک کردن را در مقایسه با روش سنتی به دنبال داشت (جدول ۴).

کاهش مدت زمان لازم برای خشک شدن محصولات گیاهی اهمیت زیادی در کاهش هزینه‌های مصرف انرژی دارد (*Caceres, 2000*). نتایج مطالعات پارکر (*Parker, 1999*) نیز نشان داد که خشک کردن برگهای گونه دارویی جعفری تا زمان رسیدن به محتوی رطوبتی ۱۰ درصد بر پایه وزن خشک با روش میکروویو (توان خروجی ۹۰۰ وات) در مقایسه با درجه حرارتهای ۳۰، ۴۰، ۵۰ و ۶۵ درجه سانتی گراد، زمان لازم برای خشک کردن را به ترتیب تا ۱۱۱، ۹۲، ۳۷ و ۳۱ برابر کاهش داد که این امر تأثیر بسزایی بر کاهش هزینه‌های لازم و مصرف انرژی دارد. دروزاس و همکاران (*Drouzas et al., 1999*) خشک کردن با میکروویو را به دلیل پخشیدگی سریع اشعه‌ها روشی مؤثر برای کاهش محتوی رطوبتی محصولات گیاهی معرفی نمودند. هویا و همکاران (*Hevia et al., 2002*) نیز بیان داشتند که سرعت از دست دادن رطوبت[۲] و کاهش محتوی رطوبتی تحت تأثیر حرکت آب از لایه‌های داخلی به سطح اندام گیاهی می‌باشد و پراکندگی سریع اشعه‌های میکروویو نقش بسزایی بر کاهش سریع محتوی رطوبتی از اندام‌های گیاهان دارد که این امر می‌تواند کیفیت نهایی آنها را تعیین نماید.

بالاترین محتوی پیکروکروسین و سافرانال برای خشک کردن با میکروویو با قدرت ۶۰۰ وات به ترتیب با ۱۴۰/۶۶ و ۴۲/۶۴ درصد بدست آمد. بیشترین مقدار کروسین مربوط به خشک‌کردن با روش انجمادی با ۲۹۹/۶۴ درصد بود. کمترین مقادیر پیکروکروسین، سافرانال و کروسین برای خشک کردن در آون با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به ترتیب با ۳۸/۰۱، ۱۳/۱۸ و ۱۰۹/۴۴ درصد بدست آمد. افزایش دمای آون از ۴۰ به ۸۰ درجه سانتی‌گراد کاهش محتوی پیکروکروسین، سافرانال و کروسین را به ترتیب برابر با ۴۲، ۴۲ و ۲۴ درصد موجب گردید. در حالی‌که با افزایش قدرت میکروویو از ۲۰۰ به ۶۰۰ وات محتوی این صفات به ترتیب ۲۹، ۵۳ و ۳۷ درصد بهبود یافت. میزان افزایش مقادیر این صفات برای خشک کردن به روش انجمادی در مقایسه با روش سنتی به ترتیب برابر با ۳۸، ۱۰۴ و ۱۱ درصد محاسبه گردید (شکل ۱- الف، ب و ج).

- Dehydration



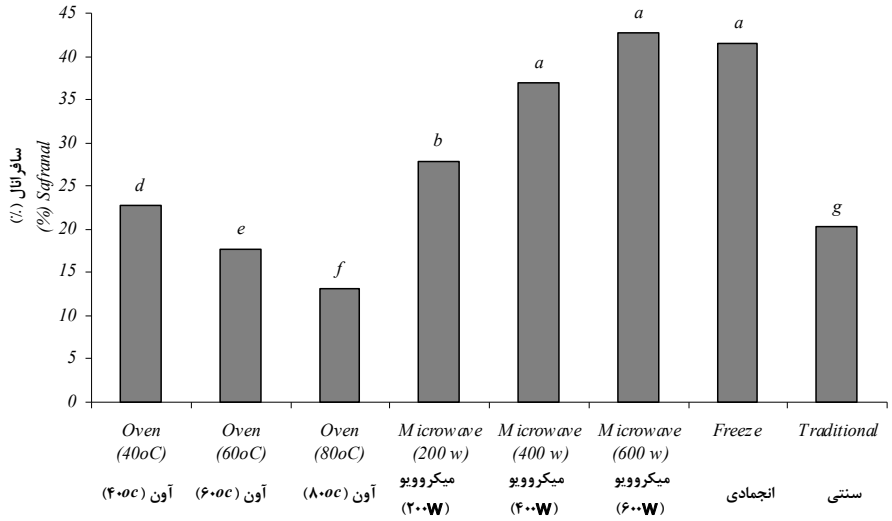
شکل ۱. مقایسه میانگین اثر روش‌های مختلف خشک کردن بر درصد (الف) پیکروکروسین، (ب) سافرانال و (ج) کروسین کلاله زعفران

Fig. 1. Mean comparisons for the effects of drying methods on picrocrocin (a), safranal (b) and crocin (c) contents in saffron stigma

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Mean values in each figure with the same letter are not significantly different based on LSD test at $P\leq0.05$.

همتی کاخکی (*Hemmati Kakhki, 2001*) نشان داد که محلول آبی نمونه‌های خشک شده به روش سنتی در طول موج‌های ۴۴۰ و ۲۵۷ نانومتر نور پایین‌تری را نسبت به نمونه‌های خشک شده با روش‌های آون، آون خلأ و اسپانیایی داشت. در نمونه‌های سنتی به علت طولانی تر بودن زمان خشک شدن کلاله در دمای محیط، گلیکوزیل استرهای کاروتنوئیدی (اعم از کروسین و سایر گلیکوزیل استرها) و نیز پیکروکروسین در اثر فعالیت آنزیم β- گلوکوزیداز و اکسیداسیون غیرآنزیمی تحت تأثیر دما و اکسیژن بیشتر تجزیه شده‌اند که باعث کاهش محتوی این ترکیبات تحت تأثیر روش سنتی در مقایسه با سایر روش‌ها شده است (*Rania et al., 1996; Alonso et al., 1990*). در نتیجه جذب نور محلول آبی این نمونه به ترتیب در طول موج‌های ۴۴۰ و ۲۵۷ نانومتر (طول موج‌های حداکثر جذب کروسین و پیکروکروسین در آب) کاهش یافته است، اما در نمونه‌های خشک شده تحت شرایط انجمادی به علت نگهداری در حالت منجمد و خشک شدن در دما، فشار پایین و زمان کوتاه از جمله عوامل مؤثر در رنگ و طعم کمتر تجزیه شده‌اند (*Morimoto et al., 1994; Nijhuis et al., 1998*) که باعث افزایش جذب نور در این طول موج‌ها شده است. رانیا و همکاران (*Rania et al., 1996*) نیز گزارش کردند که میزان کروسین در روش سنتی تحت شرایط سایه پایین‌تر از نمونه‌های دیگر بود. آنها همچنین نتیجه گرفتند که خشک کردن زعفران در فشار پایین باعث حفظ ترکیبات مؤثر در شدت رنگ می‌شود (*Rania et al., 1996*). باسکر و همکاران (*Basker et al., 1993*) نتیجه گرفتند که با افزایش دمای خشک شدن از ۲۰ به ۴۰ درجه سانتی گراد، میزان رنگ زعفران افزایش یافت که این افزایش تقریباً با نوساناتی تا دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد قابل مشاهده است، ولی از آن درجه به بالا سیر نزولی دارد. در مورد روش مایکروویو می‌توان علت را به کوتاه بودن زمان فرآیند خشک شدن نسبت داد. علت مطلوب بودن عطر تحت تأثیر خشک شدن با مایکروویو را برخلاف ویژگی رنگ می‌توان به شکسته شدن بیشتر پیکروکروسین و در نتیجه آزاد شدن سافرانال همراه با تولید گلوکز مرتبط دانست. شدت رنگدهی زعفران مربوط به ترکیبات کاروتنوئیدی محلول در آب شامل کروسین و رنگدانه‌های کروسینی (حاصل پیوندهای گلیکوزیدی کروستین با واحدهای گلوکز، زنتیبیوز و نئاپولیتانوز) است (*Winterhalter & Straubinger, 2000*). بالا بودن میزان کروسین در روش انجمادی در مقایسه با روش سنتی را می‌توان به پایین بودن اکسیژن و دما در روش خشک کردن انجمادی نسبت داد (*Alonso et al., 1993*). اُرفانو و تسیمیدو (*Orfanou & Tsimidou, 1996*) اعلام داشتند که سافرانال در طول موج ۳۰۸ نانومتر فاز آبی یا الکلی جذب داشته است. به علاوه، جذب در طول موج ۲۵۷ نانومتر به باندهای گلیکوزیدی کروسین و جذب در طول موج حدود ۳۳۰ نانومتر به حالت ایزومتر سیس کروسین مرتبط می‌باشد. عاطفی (*Atefi, 1999*) با مقایسه روش خشک شدن انجمادی (انجماد اولیه در دمای ۱۸- درجه سانتی گراد، فشار ۰/۱۵ *mmHg*، دمای فرآیند ۱۳- درجه سانتی‌گراد و زمان ۲۰ ساعت) با روش سنتی در سایه (سه روز) نشان دادند که نمونه‌های انجمادی درصد کروسین و پیکروکروسین بالاتری در مقایسه با نمونه‌های سایه داشتند. در روش انجمادی بدلیل تجزیه کمتر پیکروکروسین و ناقص بودن فرآیند آبگیری سایر ترکیبات طعم‌دهنده کاهش می‌یابد. البته این امر می‌تواند یک مزیت نیز محسوب شود، زیرا ذخیره بیشتری برای تولید طعم در محصول باقی می‌ماند (*Sujata et al., 1992*). کارمونا و همکاران (*Carmona et al., 2005*) با بررسی سه روش خشک کردن (دمای اتاق، با استفاده از هوای داغ (۷۰، ۹۰ و ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد) و خشک کردن کلاله زعفران بعد از فرآیند سنتی با سه منبع حرارتی (ذغال مو، اجاق گازی و کویل الکتریکی با زمان ۵۵-۲۸ دقیقه و میانگین دمای ۸۳-۵۴ درجه سانتی گراد)) گزارش نمودند که بیشترین شدت رنگ در زمان کوتاه و دمای بالا به دست آمد. رانیا و همکاران (*Rania et al., 1996*) گزارش نمودند اگر چه خشک کردن کلاله زعفران در سایه موجب حفظ عطر و بهبود طعم می‌گردد، ولی از نظر ویژگی‌های کلی از جمله رنگ مطلوب نمی‌باشد. رانیا و همکاران (*Rania et al., 1996*) با مطالعه ویژگی‌های کلاله در مراحل مختلف نمو و اثر روش‌های خشک کردن بر تغییرات رنگدانه‌ها و مواد فرار زعفران، خشک‌کردن در آون الکتریکی (۴۰±۵ درجه سانتی‌گراد) و خشک‌کن خورشیدی را توصیه نمودند. بر این اساس، به نظر می‌رسد اگر شدت رنگ زعفران مدنظر باشد، قرار گرفتن کلاله در دمای بالا و زمان کوتاه بهتر از قراردادن آن در دمای پایین و مدت زمان طولانی می‌باشد (*Carmona et al., 2005*). اندازه‌گیری محتوی سافرانال نمونه‌های کلاله زعفران خشک به روش *HPLC* در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر روش‌های مختلف خشک کردن بر میزان وزنی سافرانال کلاله زعفران

Fig. 2. Mean comparison for the effects of drying methods on safranal weight content in saffron stigma

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Mean values in each figure with the same letter are not significantly different based on LSD test at $P\leq0.05$.

بیشترین و کمترین میزان وزنی سافرانال به ترتیب با ۲۴۵/۹۱ و ۸۸/۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم برای روش انجمادی و سنتی حاصل شد. افزایش دمای آون از ۴۰ به ۸۰ درجه سانتی گراد و افزایش قدرت مایکروویو از ۲۰۰ به ۶۰۰ وات به ترتیب کاهش ۲۷ درصدی و افزایش ۲۹ درصدی محتوی وزنی سافرانال را موجب شد (شکل ۲). در بین ترکیبات فرار این ادویه، سافرانال (شاخص عطر) عمده ترین ترکیب است که ۷۲-۳۰ درصد کل ترکیبات عطری را تشکیل می‌دهد (*Alonso et al., 1996; Rödel Petrzika, 1991*). آلونسو و همکاران (*Alonso et al., 2001*) با بررسی محتوی سافرانال نمونه‌های زعفران ایران، اسپانیا، هند و ایتالیا با استفاده از روش گاز کروماتوگرافی و طیف‌سنجی نتیجه گرفتند که نمونه‌های ایرانی به دلیل نوع فرآیند خشک کردن، پایین‌ترین میزان سافرانال را دارا بودند. بر این اساس، به منظور حفظ کیفیت زعفران و محتوی سافرانال به عنوان یکی از ویژگی‌های مهم کیفی این ادویه پیشنهاد می‌شود روش‌های خشک شدن به طور ویژه‌ای مورد توجه قرار گیرد.

نتیجه‌گیری

خشک کردن فرآیندی است که به دلیل تأثیر بر خصوصیات شیمیایی، ماده مؤثره و محتوی اجزای آن، کیفیت گیاهان و به تبع آن ارزش اقتصادی آنها را تعیین می‌کند. نتایج این تحقیق نشان داد که در روش خشک کردن انجمادی نسبت به روش سنتی و سایر روش‌ها حفظ رنگ و بو و رنگ بیشتر می‌باشد، با این‌حال، در این روش احتمالاً به دلیل تجزیه کمتر پیکروکروسین و ناقص بودن فرآیند آبگیری سایر ترکیبات طعم‌دهنده کاهش می‌یابد. با توجه به نتایج، تمامی روش‌های خشک کردن مورد مطالعه اعم از انجمادی، خشک کردن با دماهای مختلف آون و قدرت‌های متفاوت مایکروویو در جایگاه بهتری نسبت به روش سنتی قرار دارند، ولی روش انجمادی را می‌توان به عنوان راهکاری مناسب برای خشک کردن زعفران معرفی نمود. روش‌های خشک کردن آون و مایکروویو نیز با مطالعات بیشتر در آینده می‌توانند دامنه روش‌های خشک کردن زعفران را بهبود بخشند. بنابراین با توجه به قیمت بالای زعفران، ارزش اقتصادی و اهمیت صادراتی آن، کیفیت نمونه‌های خشک شده با مایکروویو و انجمادی، پیشنهاد می‌شود خشک کردن با این روش‌ها را به عنوان راهکاری برای بهبود کیفیت و ارائه محصولی قابل رقابت با سایر تولیدکنندگان مدنظر قرار داد. بر این اساس، اگر چه حفظ کلیه خصوصیات کیفی زعفران، طی فرآیند خشک کردن مشکل به نظر می‌رسد، ولی برای رسیدن به سطح بالاتری از ویژگی‌های کیفی، روش‌های کنترل شده‌ای مانند مایکرو ویو و انجمادی توصیه می‌شود.

منابع

Abrishamchi, P., 2003. Evaluation of some biochemical changes related to seed dormancy and flower formation in saffron. Third National Symposium on Saffron, 11-12 December. Mashhad, Iran. [In Persian].

Alonso, G.L., Salinas, M.R., Esteban-Infantes, F.J., and Sánchez-Fernández, M.A., 1996 Determination of safranal from saffron (Crocus sativus L.) by thermal desorption-gas chromatography. J. Agric. Food Chem. 44(1), 185-188.

Alonso, G.L., Salinas, M.R., Sanchez-Fernandez, M.A., and Garijo, J., 2001 Safranal content in Spanish saffron. Food Sci. Technol. Int. 7(3), 225-229.

Alonso, G.L., Varon, R., Gomez, R., Navaro, F., and Salinas, M.R., 1990. Auto-oxidation in saffron at 40 and 75 relative humidity. J. Food Sci. 55(2), 595-596.

Alonso, G.L., Varon, R., Salinas, M.R., and Navaro, F., 1993. Auto-oxidation of crocin and picrocrocin in saffron under different storage conditions. Bollettino Chimico Farmaceutico. 132, 116-120.

Atefi, M., 1999. The effect of freeze-drying method on saffron qualitative traits. Master thesis, Shahid Beheshti University, Faculty of Nutrition Sciences and Food Industry. Iran. [in Persian with English Summary].

Atefi, M., 2006. Saffron, Chemistry, Quality Control and Processing. Beynolnahreyn Press. First Edition. Iran. [In Persian].

Atefi, M., Akbari Oghza, AR., and Mehri, A., 2013. Effect of drying on chemical and sensory properties of saffron. Iran. J. Nutr. & Food Technol. 8(3), 201-208. [in Persian with English Summary].

Atefi, M., Taslimi A., Hasas, M.R., and Mazlomi, MT., 2004. Effect of freeze drying method on saffron qualitative traits. Iran. J. Food Sci. & Technol. 1(2), 39-47. [in Persian with English Summary].

Azizi Zahan, A.A., Kamgar Haghighi, A.A., and Sepaskhah, A., 2006. Effect of method and duration of irrigation on production of corm and flowering on saffron. J. Sci. Technol. Agric. & Nat. Res. 10, 45-53. [In Persian with English Summary].

Basker, D., Palevitch, D., and Putievsky, E., 1993. Saffron the costliest spice: drying and quality and price. Acta Hort. 344, 86-97.

Blose, N., 2001. Herb Drying Handbook: Includes Complete Microwave Drying Instructions. Sterling Publishing Co. Inc., New York, 96 pp.

Bolandi, M., Shahidi, F., Sedaghat, N., and Farhoush, R., and Mousavi-Nik, H., 2008. Shelf-life determination of saffron stigma: Water activity and temperature studies. World Appl. Sci. J. 5(2), 132-136.

Bushbeck E., Keiner E., and Klinner J., 1967. Trocknungsphysikalische und Warmetechnische Untersuchung Zur Trocknung von Pfefferminze (Physical and thermal properties affecting drying characteristics of peppermint). Archiv fur Landtechnik 2, FL. pp. 163-200.

Caceres, A., 2000. Calidad de la material prima para la elaboracion de productos fitofarmaceuticas. Primer Congreso.

Carmona, M., Zalacain, A., Pardo, J.E., Lopez, E., Alvarruiz, A., and Alonso, G.L., 2005. Influence of different drying and aging on saffron constituents. J. Agric. & Food Chem. 53, 3974-3979.

Diaz, G.R., Martinez-Monzo, J., Fito, P., and Chiralt, A., 2003. Modeling of dehydrating and rehydrating of orange slices in combined microwave/air drying. Innov. Food Sci. & Em. Technol. 4, 203-209.

Drouzas, E., Tsami, E., and Saravacos, G.D., 1999. Microwave/vacuum drying of model fruit gels. J. Food Eng. 63, 349-359.

Fatemi, H., 2001. Food Chemistry. Enteshar Corporation. p. 480. [In Persian].

Hemmati Kakhki, A., 2001. Effects of drying methods on quality of saffron (Crocus sativus L.). Pajouhesh Va Sazandegi. 14(51), 25-31. [in Persian with English Summary].

Hevia, F., Melin, P., Berti, M., Fischer, S., and Pinichet, C., 2002. Effect of drying temperature and air speed on cichoric acid and alkylamide content of Echinaceae purpurea. Acta Hort. 576, 321-325.

Hosseini Nejad, M., 2000. Evaluation of quality characteristics and microbial contamination of saffron samples dried by microwave. ISHS Acta Horticulturae. 650, International Symposium on Saffron Biol. & Biotechnol. doi: 10.17660/ActaHortic.2004.650.43

International FITO., 2000. Por la investigacion, conservacion y diffusion del conocimiento

de lasplantasmedicinals". 27-30 de septiembre, 2000, Lima, Peru.

Izli, N., Izli, G., and Taskin, O., 2017. Influence of different drying techniques on drying parameters of mango. Food Sci. & Technol. 37(4), http://dx.doi.org/10.1590/1678-457x.28316.

Kafi, M., Koocheki, A., Rashed, M.H., and Nassiri, M., 2006. Saffron (Crocus sativus): Production and Processing. CRC Press, 252 pp.

Mannio, S., and Amelotti, G., 1977. Determination of optimum humidity for storage of saffron. Rivista della Società Italiana di Scienze dell'Alimentazione. 6.(2).(95).1977.F.S.T.A. 10T, 599.

Molina, R.V., Renav Morata, B., Nebauer, S.G., Garcia Luis, A. and Guardiola, J.L., 2010. Greenhouse saffron culture temperature effects on flower emergence and vegetative growth the plants. Acta Hort. 850, 91-94.

Morimoto, S., Umezaki, Y., Shoyama, Y., Saito, H., Nishi, K., and Irino, N., 1994. Post-harvest degradation of carotenoid glucose esters in saffron. Planta Medica. 60(5), 438-440.

Negbi M., 1999. Saffron (Crocus sativus L). Netherland: Harwood Academic Publishers. Pp. 81-92.

Orfanou, O., and Tsimidou M., 1996. Evaluation of the colouring strength of saffron spice by UV- Vis spectromentry. Food Chem. 57(3), 463-469.

Parker, J.C., 1999. Developing a herb and spice industry in Callide Valley, Queensland. A report for the Rural Industries Research and Development Corporation. RIRDC Publication No. 99, p. 45.

Rania, B.L., Agarwal, S.G., Bhatia, A.K., and Gaur, G.S., 1996. Changes in pigments and volatiles of saffron (Crocus sativus L.) during processing and storage. J. Sci. Food & Agric. 71: 27-32.

Rödel W, Petrzika M., 1991 Analysis of the volatile components of saffron. J. High Resol. Chromatog. 14(11), 771-774.

Rudy, S., 2009. Energy consumption in the freeze- and convection-drying of garlic. Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa O.L. PAN, 9, 259–266.

Saffron Standard., 2003. Properties. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. Karaj, Iran. p. 1-259. [In Persian].

Shoyama, Y., 2002. Study on stability of red color component, crocin. The san-Eigen foundation for food. Chem. Res. Research Reports No. 8.

Soysal, Y., and Oztekin, S., 2001. Technical and economic performance of a tray dryer for medicinal and aromatic plants. J. Agric. Eng. Res. 79, 73-79.

Sujata, V., Ravishankar, G.A., and Venkataraman, L.V., 1992. Methods for the analysis of the saffron metabolites crocin, croecetins, picrocrocin and safranal for the determination of the quality of the spice using thin- layer chromatography high-performance liquid chromatography and gas chromatography. J. Chromatog. 624(1-2), 497-502.

Von Hörsten, D., 1999. Einsatz von Mikrowellenenergie und Hochfrequenztechnik zur Trocknung und Entkeimung von Arznei und Gewürzpflanzen. Zeitschrift für Arznei und Gewürzpflanzen. 4(2), 101-102.

Winterhalter, P., and Straubinger, M., 2000. Saffron-renewed interest in an ancient spice. Food Rev. Int. 16(1), 39-59.

Journal of Saffron Research (semi-annual)
Vol.7, No.2, Fall & Winter, 2019-2020
p. 177-188
http://dx.doi.org/10.22077/jsr.2018.1872.1072

University of Birjand

Original Article:

Effects of Different Drying Methods on Moisture Content, Drying time and Qualitative Criteria of Saffron Stigma

Abdollah Mollafilabi[1*], Soroor Khorramdel[2], Javd Shabahang[3]
1- Associate Professor, Research Institute of Food Science and Technology, Mashhad, Iran
2- Associate Professor, Department of Agrotechnology, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
3- PhD in Agroecology Department of Agrotechnology, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
[*]Corresponding author E-mail: a.filabi@rifst.ac.ir

Received 18 September 2018; Accepted 09 December 2018

Abstract
Saffron is considered to be one of the most expensive agricultural products in the world. Saffron specific compounds are crocin, picrocrocin and safranal. Different drying methods not only differ in energy consumption but also, influence the chemical and sensory properties of saffron. Accordingly, the current study was aimed to investigate the effect of different drying techniques on quality of saffron. The experiment was laid out as a completely randomized design with four replications at Ferdowsi University of Mashhad Faculty of Agriculture, Mashhad Iran in 2017. Four different drying techniques i.e. traditional technique (shade dried at laboratory temperature), oven (at 40, 60 and 80°C), microwave (at 200, 400 and 600 watts), freeze (at -18°C for 5 hr and then heating at 60±5°C with evacuation intervals of 15, 10, 10 and 10 minutes) were considered as the treatments. Chemical tests were performed according to ISO 3632-2 (E) 1993 and safranal content was measured using chromatography. The results indicated that the highest and the lowest moisture content were observed in traditional method (7.23%) and microwave technique at 600 w (1.47%), respectively. Freezing technique declined drying time compared to traditional method up to 69%. Chemical properties of stigma including moisture percentage, total ash, insoluble ash in acid and soluble extract in cold water and nitrogen are in accordance with Iranian National Standards. The maximum picrocrocin (140.66%) and safranal (42.64%) were obtained when stigmas were dried using microwave technique at 600 w. The maximum crocin percentage was related to freezing technique (299.64 mg.kg^{-1}). The maximum (245.91 mg.kg^{-1}) and minimum (88.15) safranal weight percentage were observed when freezing and traditional techniques were practiced. The lowest picrocrocin, safranal and crocin contents were obtained for oven at 800°C with 38.01, 13.18 and 109.44%, respectively. According to the results, although preserving all the qualitative features of saffron during drying process seems difficult, in order to achieve a higher level of quality controlled methods such as microwave or freezing techniques are recommended.

***Keywords:** Chemical properties, Freezing technique, Microwave, Safranal.*