Journal of Saffron Research (semi-annual)

Vol. 12, No. 1, Spring & summer, 2024

p. 158- 167

http://dx.doi.org/10.22077/jsr.2024.8477.1251

University of Birjand

Original Article

The Impact of the New Thin-Layer Drying Technique on the Active Compounds in Saffron and a Comparison with Traditional Drying Methods

Shadi Basiri[1 *], Masoud Yaghbani[2]

1- Associate Professor, Agricultural Engineering Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Mashhad, Iran.

2- Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Mashhad, Iran.

*Corresponding author:*shbasiri35@yahoo.com*

Received 24 November 2024; Accepted 31 December 2024

Extended Abstract

Introduction: Saffron originates from Iran. Due to the country's climatic conditions, it holds a unique significance among other agricultural products. The cultivation and production of saffron increases the export of the country. Saffron crocin is the main water-soluble carotenoid ester. It is a red compound with strong antioxidant power. The aroma of saffron is related to volatile compounds including safranal. The taste of saffron is due to a compound with a bitter taste called picrocrocin. The quality of saffron is related to the concentration of the three main compounds crocin, picrocrocin and safranal. Drying is the most important part of saffron processing, which effects on the physicochemical and sensory quality of saffron and is done in different methods. Moisture absorbent materials cause the transfer of moisture between the absorbent material and the air. The absorbent material, which has low moisture content, draws moisture from the air until it reaches equilibrium. The advantages of moisture-absorbing materials for drying products include low energy consumption and the ability to maintain continuous drying even during non-sunny hours. There is not any research in the field of using moisture absorbing compounds in drying saffron. The purpose of this research was to investigate the effect of the characteristics of the inlet air to drier containing moisture absorbent material on the quality indicators (color, aroma and taste) of saffron.

Materials and Methods: First, the stigmas were separated from the saffron flowers and prepared for drying. Silica gel moisture absorbent material was used in this project. Air with three speeds of 0.2, 0.4 and 0.6 m/s and three temperatures of 30, 40 and 50 degrees Celsius after passing through the layer of moisture absorbing material entered the dryer and their effect on the amount of picrocrocin , safranal and crocin were investigated and the optimal speed and temperature of the inlet air were measured. The effect of drying method on the quality of saffron was investigated. Saffron was dried using three Spanish

methods, traditional and moisture absorbing materials, and the effect of the drying method on the amounts of picrocrocin, safranal and crocin in saffron was investigated.

Results and Discussion: The effects of the speed of the air (0.2, 0.4 and 0.6 m/s) and the temperature of the air (30, 40 and 50 °C) entering the drier with a moisture absorbent material were investigated on the quality indicators of saffron. The amounts of picrocrocin, safranal and crocin of dried saffron by this method were compared with two common methods of drying saffron, such as spanish and traditional methods. The results showed that the air entering to drier with a temperature of 30°C and a speed of 0.6 m/s kept the highest amounts of safranal (51.2) and picrocrocin (99.7) in saffron. Picrocrocin and safranal in saffron as two factors of taste and aroma, play a very important role. These two compounds have a good relationship in its chemical structure. The highest amount of crocin (235.7) was also measured at a temperature of 50 °C and a speed of 0.2 m/s. All of the used air speeds had a similar effect on the quality indicators of saffron.

Conclusion: The use of silica gel moisture absorbent in the process of drying saffron can significantly help in drying saffron with high quality (taste and aroma). It is also possible to recharge the silica gel grains, so using it for drying is economically justified. The speed of 0.2 m/s of air entering to drier was considered due to the reduction of energy consumption. The use of low temperature (30ºC) in drying saffron created a product with a desirable aroma and taste. In order to producing more crocin (color), the higher temperatures were needed. For this purpose, it is necessary to apply a high temperature (50ºC) at the end of drying saffron. The quality of saffron in the method of using a moisture absorbent material was similar to the traditional method for drying saffron and was higher than the spanish method.

Keywords: Crocin, Quality, Picrocrocin, Saffron, Safranal.

نشریه پژوهش‌های زعفران (دو فصلنامه)
جلد دوازدهم، شماره اول، بهار و تابستان ۱۴۰۳
شماره صفحه:۱۵۸ – ۱۶۷
http://dx.doi.org/10.22077/jsr.2024.8477.1251

مقاله پژوهشی

تاثیر روش نوین خشک کردن لایه نازک زعفران بر ترکیبات موثره و مقایسه با روش‌های مرسوم

شادی بصیری[1*]، مسعود یقبانی[2]
۱– دانشیار، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد ، ایران.
۲– استادیار، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد ، ایران.

*نویسنده مسئول:*shbasiri35@yahoo.com*

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۰۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۱۱

چکیده

هدف از این پژوهش بررسی استفاده از ماده جاذب رطوبت سلیکاژل بر خشک‌کردن زعفران و تاثیر ویژگی‌های هوای ورودی به خشک‌کن بر شاخص‌های کیفی (رنگ، عطر و طعم) زعفران بود. اثرات تیمارهای سرعت هوای ورودی به خشک‌کن (۰/۲، ۰/۴ و ۰/۶ متر بر ثانیه) و دمای هوای ورودی به خشک‌کن (۳۰، ۴۰ و ۵۰ درجه سانتی‌گراد)، پس از عبور از لایه ماده جاذب رطوبت، بر کیفیت زعفران بررسی شدند. مقادیر پیکروکروسین، سافرانال و کروسین زعفران خشک شده با این روش با دو روش خشک‌کردن متداول زعفران یعنی روش‌های اسپانیایی و سایه‌خشک (سنتی) مقایسه شدند. نتایج نشان داد هوای ورودی به خشک‌کن با دمای ۳۰°C و سرعت ۰/۶ متر بر ثانیه، باعث حفظ بیشترین مقادیر سافرانال (۵۱/۲) و پیکروکروسین (۹۹/۷) در زعفران شد. بیشترین مقدار کروسین (۲۳۵/۷) نیز در دمای ۵۰°C و سرعت ۰/۲ متر بر ثانیه اندازه گرفته شد. با توجه به تأثیر یکسان سرعت‌های هوای ۰/۲ ، ۰/۴ و ۰/۶ متر بر ثانیه بر کیفیت محصول، سرعت ۰/۲ متر بر ثانیه به دلیل کاهش مصرف انرژی مناسب تشخیص داده شد. استفاده از دمای پایین (۳۰° C) در خشک کردن، محصولی با کیفیت از نظر عطر و طعم ایجاد کرد. برای تولید کروسین (رنگ) بیشتر، نیاز به دمای بالا است. برای این منظور ضرورت دارد در انتهای خشک‌کردن زعفران دمای بالاتر (۵۰° C) اعمال گردد. کیفیت زعفران در روش استفاده از ماده جاذب رطوبت مشابه روش سنتی خشک کردن زعفران و نسبت به روش اسپانیایی بالاتر بود.

واژه‌های کلیدی: پیکروکروسین، زعفران، سافرانال، کروسین، کیفیت.

مقدمه

زعفران به عنوان گرانترین محصول کشاورزی و دارویی جهان، جایگاه ویژه ای در بین محصولات صادراتی و صنعتی ایران دارد. زعفران گیاهی چند ساله متعلق به خانواده زنبقیان می باشد که توان سازش پذیری بالایی به نواحی خشک و نیمه خشک دارد. ایران بزرگترین تولیدکننده زعفران از نظر کیفیت و کمیت در سطح جهان می باشد (Chopan et al., 2022). گیاه زعفران بومی ایران است و با توجه به شرایط اقلیمی کشور، جایگاه ویژه‌ای در بین سایر محصولات کشاورزی دارد به طوری که کشت و تولید آن باعث افزایش درآمدهای ارزی کشور می‌شود (Mosalapour & Tahan, 2018). در حدود ۹۰ درصد زعفران دنیا در ایران تولید می‌شود و ۸۵ درصد آن به استان‌های خراسان رضوی و جنوبی اختصاص دارد.

بخش اعظم رنگدانه های زعفران از گروه کاروتنوئیدها هستند. علت رنگی بودن آن مربوط به کاروتنوئیدها، وجود پیوندهای دوگانه در ساختار مولکولی می باشد. در این ترکیبات، با افزایش تعداد پیوندهای دوگانه مزدوج، شدت رنگ بیشتر شده و در نتیجه رنگ قرمزتر میشود Delshad, & Hakimzadeh, (2016). رنگدانه‌های زعفران به طور عمده از گروه کاروتنوئیدهای دارای عامل کربوکسیل می‌باشند. کروسین با ۴۵- ۴۰ درصد اصلی‌ترین استر کاروتنوئیدی محلول در آب است. این ترکیب قرمز رنگ قدرت ضداکسایشی بسیار قوی دارد (Atefi et al., 2013). عطر زعفران مربوط به ترکیبات فرار با ساختار ترپنوئیدی است که ۳۰ تا ۷۲ درصد آن را ترکیب سافرانال تشکیل می‌دهد. طعم زعفران تحت تأثیر گلیکوزیدی با طعم تلخ و تند به نام پیکروکروسین است (Tong et al., 2015). کیفیت زعفران ارتباط مستقیم با غلظت سه ترکیب اصلی کروسین، پیکروکروسین و سافرانال دارد. خشک کردن یکی از قدیمی ترین روشهای نگهداری محصولات پس از برداشت است که شامل حذف رطوبت با استفاده از فرآیند تبخیر تا آستانه ای خاص می باشد. هدف اصلی این فرآیند، متوقف نمودن فعالیتهای آنزیمی، میکروارگانیسمها و مخمرها به منظور افزایش مدت انبارداری می باشد. روش خشک کردن به میزان و نوع رطوبت موجود در اندام های گیاهی بستگی دارد (Mollafilabi et al., 2018). خشک کردن زعفران مهمترین بخش فرآوری و تاثیرگذار بر کیفیت فیزیکوشیمیایی و حسی زعفران است (Mollafilabi et al., 2018) که به روش‌های مختلف در سایه، آفتاب، مایکروویو، هوای داغ و خلاء انجام می‌شود (Sosle et al., 2003). در انتخاب روش و شرایط بهینه خشک کردن زعفران باید به نکاتی مانند شرایط منطقه، میزان آلودگی، راندمان، رطوبت‌نهایی و شاخص‌های کیفی محصول توجه کرد (Emamifar, 2017). در پژوهشی تاثیر دو روش خشک‌کردن زعفران در آون تحت خلا و آون الکتریکی در دمای ۱۰۰°C به مدت ۲۰ دقیقه مقایسه شدند. نتایج نشان داد که زعفران به کمک آون تحت خلا سریع‌تر خشک و دارای بافت بهتری از نظر ریزساختارهای سطحی بود. هر دو نمونه زعفران رنگ، عطر و طعم یکسان داشتند. با توجه به هزینه‌های کمتر در روش آون الکتریکی، استفاده از این روش پیشنهاد شد (Yao et al., 2018). مواد جاذب رطوبت باعث انتقال رطوبت در اثر اختلاف فشار بخار بین ماده جاذب و هوا می‌شوند. ماده جاذب با محتوای رطوبتی کم رطوبت را از هوا جذب کرده و با آن به تعادل می‌رسد. مزایای استفاده از مواد جاذب رطوبت در خشک کردن محصول علاوه بر پایین بودن مصرف انرژی باعث خشک کردن مداوم آن حتی در ساعات غیرآفتابی، افزایش میزان خشک شدن به دلیل وجود هوای گرم و خشک، یکنواختی و کیفیت بالاتر محصول می-باشد (Dorozi et al., 2015).

زئولیت یک ماده معدنی است که عمدتاً از آلومینوسیلیکات تشکیل شده و کاربرد تجاری عمده آن در صنایع به عنوان جاذب سطحی است. زئولیت‌های طبیعی توانایی جذب رطوبت تا ۹۴ درصد وزنی را دارا هستند (Hghshenas et al., 2008). سلیکاژل یک پلیمر سه بعدی است که از واحدهای چهار وجهی دی‌اکسیدسیلیسیم تشکیل شده است. این ماده متخلخل از طریق تشکیل پیوندهای هیدروژنی توانایی جذب آب بالایی دارد. ظرفیت جذب‌کنندگی آن در دماهای پایین زیاد است. احیای سلیکاژل بسیار آسان است و با حرارت دادن تا دمای ۱۵۰°C انجام می‌شود (Crittenden & Thomas, 1998). بنتونیت نوعی رس ریزدانه است که از کانی‌های متورم برای جذب رطوبت تشکیل شده است (Tavakolli et al., 2023). خاک‌رس قدرت جذب آب خوبی دارد. از آن به عنوان بستر تثبیت شده برای خشک کردن محصولات استفاده می-شود. در رقابت با ترکیبات جاذب رطوبت، قدرت کمتر دارد. از این ترکیبات جاذب به عنوان ماده کمکی در خشک‌کن‌های با دمای پایین می‌توان استفاده کرد. به غیر از سلیکاژل از سایر ترکیبات جاذب رطوبت در صنعت غذا کمتر استفاده شده است. خاک رس و بنتونیت در صنایع روغن و قند کاربرد دارند. به دلیل عدم تماس مستقیم این ترکیبات با مواد غذایی، مشکلی در ماده‌غذایی ایجاد نمی‌کند.

برای خشک‌کردن خرمای استعمران در استان خوزستان از یک خشک‌کن خورشیدی مجهز به سلیکاژل استفاده شد (Rahnama, 2010). در یک پژوهش برای خشک‌کردن نخود از خشک‌کن خورشیدی مجهز به سامانه دارای ماده جاذب رطوبت استفاده گردید. وظیفه ماده جاذب رطوبت ادامه

فرایند خشک کردن نخود در زمان شب بود (شانموگام و ناتاراجان ۲۰۰۶). در سال ۱۹۹۶ یک خشک‌کن خورشیدی برای خشک کردن ذرت مجهز به دو نوع ماده جاذب رس بنتونیت و کلریدکلسیم طراحی شد (Thoruwa et al., 1996).

در زمینه استفاده از ترکیبات جاذب رطوبت در خشک کردن زعفران، تا کنون تحقیقاتی انجام نشده است. هدف از این پژوهش، بررسی تاثیر ویژگی‌های هوای ورودی به خشک کن حاوی ماده جاذب رطوبت (سلیکاژل) بر شاخص‌های کیفی (رنگ، عطر و طعم) زعفران بود.

مواد و روش‌ها

گل‌های تازه زعفران از مزارع منطقه تربت حیدریه برداشت شدند. سلیکاژل آبی گرانوله با اندازه ذرات ۷۵ میکرون تا ۸ میلی‌متر از شرکت توسعه مهندسی الماس واره دانش تهیه شدند.

به منظور حفظ کیفیت و جلوگیری از پلاسیده شدن گل‌ها بلافاصله پس از چیده‌شدن در ظروف مناسب قرار گرفتند و در شرایط کنترل شده و خنک به آزمایشگاه کنترل کیفیت برای انجام آزمایشات لازم منتقل شدند. کلاله‌ها از گلبرگ‌ها جدا و برای خشک کردن آماده شدند. شاخص معمول و کفایت خشک کردن زعفران رشته‌ای درجه یک معادل ۱۰ درصد رطوبت بر اساس استاندارد ملی شماره ۱-۲۵۹ در نظر گرفته شد. پس از خشک‌کردن و رسیدن به شرایط آزمایشگاهی از نظر دما و رطوبت، نمونه‌ها برای انجام آزمون‌های ارزیابی در ظروف شیشه‌ای بسته‌بندی و در دمای ۴ °C نگهداری شدند.

برای اجرای پروژه از ماده جاذب رطوبت سیلیکاژل استفاده شد. هوای ورودی در روش خشک کردن با استفاده از ماده جاذب رطوبت ، با سه سرعت ۰/۲ ، ۰/۴ و ۰/۶ متر بر ثانیه و سه دمای ۳۰ ، ۴۰ و ۵۰ درجه سانتی‌گراد پس از عبور از لایه ماده جاذب رطوبت وارد دستگاه خشک‌کن شده و اثر تیمارها بر مقادیر پیکروکروسین، سافرانال و کروسین زعفران بر اساس روش طیف نورسنجی فرابنفش- مرئی[1] به ترتیب در سه طول موج ۲۳۲ ، ۴۴۴ ، ۳۳۴ نانومتر) بررسی شدند (استاندارد ملی شماره ۲-۲۵۹) و سرعت و دمای بهینه هوای ورودی انتخاب شد. همچنین تأثیر روش خشک کردن بر کیفیت زعفران بررسی شد. در این آزمایش زعفران با استفاده از سه روش اسپانیایی، سایه خشک (سنتی) و خشک کردن با مواد جاذب رطوبت، خشک شده و تأثیر روش خشک کردن بر مقادیر پیکروکروسین، سافرانال و کروسین زعفران بررسی شد.

روش‌های خشک کردن

الف) روش سنتی- ۱۵۰ گرم زعفران تازه در اتاقی، با دمای ۲۵ °C (میانگین دمای اتاق در فصل برداشت زعفران) و با داشتن حداقل یک پنجره به منظور گردش هوا، روی یک سینی به همراه کاغذ جاذب رطوبت قرار گرفته تا زمانی که زعفران به رطوبت حدود ۱۰ درصد برسد. بر اساس پژوهش‌های انجام شده زمان لازم برای خشک شدن زعفران، در حدود ۱۶۸ ساعت محاسبه شد (Atefi et al., 2013 ؛ Mazloumi et al., 2007).

ب) روش اسپانیایی- ۱۵۰ گرم از کلاله‌های جدا شده از گل-های زعفران بلافاصله به توری‌های مخصوص (از جنس پارچه ابریشمی با مش ۱۲۰ منتقل و با فاصله معین (۲۰ سانتی‌متر) روی منبع حرارتی ۷۵°C قرارگرفته و به طور یکنواخت و غیرمستقیم حرارت داده شدند. پس از تنظیم حرارت توری حامل زعفران و گذشت مدت زمان ۱۵دقیقه، توری خالی دیگری را روی توری حاوی زعفران قرار داده تا زعفران به طور کامل در توری دوم تخلیه گردد. مجدداً توری را روی دستگاه قرار داده و پس از ۱۵ دقیقه همین عمل تکرار می‌شود. پس از ۳ بار تکرار که در مجموع ۴۵ دقیقه می‌باشد، زعفران داخل توری خشک می‌شود. زعفران خشک شده را از توری مستقیماً روی پارچه تمیز پهن کرده تا خنک شود. سپس به ظرف مخصوص نگهداری اصلی زعفران منتقل می‌شود (Atefi et al., 2013 ؛ Mazloumi et al., 2007).

ج) روش استفاده از ماده جاذب رطوبت- ۱۵۰گرم کلاله زعفران را توزین کرده و بر روی توری، مشابه روش قبل قرار داده و برای خشک کردن وارد دستگاه خشک‌کن شد. سرعت جریان و دمای هوای ورودی بر اساس تیمار آزمایشی تنظیم شد. در این روش، ماده جاذب رطوبت (به نسبت وزنی ۲۰ قسمت مواد جاذب رطوبت به ازای هر قسمت کلاله زعفران) در محفظه دستگاه خشک کن قرار داده شد و تأثیر آن بر کیفیت زعفران مورد ارزیابی قرار گرفت. خشک کردن زعفران تا رسیدن به محتوای رطوبت ۱۰ درصد ادامه یافت. ماده جاذب رطوبت (سلیکاژل) در این روش در آون الکتریکی با دمای ۱۰۵°C به مدت ۲۴ ساعت خشک و مجددا استفاده شدند.

روش های آماری

برای تعیین شرایط بهینه سرعت و دمای هوای ورودی به خشک کن از طرح آماری فاکتوریل کاملا تصادفی استفاده شد و نتایج حاصل با استفاده از آنالیز واریانس یک طرفه تجزیه و

[1] . UV-vis

تحلیل و میانگین نتایج با استفاده از آزمون دانکن در سطح معنی‌داری ۵ درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

تأثیر سرعت جریان و دمای هوای ورودی به خشک کن

تأثیر سرعت و دمای هوای ورودی به خشک کن مجهز به ماده جاذب رطوبت، بر میزان شاخص‌های کیفی زعفران مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آنالیز واریانس نشان داد که در دمای ۳۰°C اثر سرعت جریان هوای ورودی معنی دار نبود ولی در سرعت مساوی، اثر دمای هوا ورودی بر شاخص‌های کیفی زعفران در سطح ۵ درصد معنی دار بودند. نتایج مقایسه میانگین آنها در جدول شماره ۱ آورده شده است. نتایج نشان داد که با افزایش دما از ۳۰°C تا ۵۰°C به تدریج میزان پیکروکروسین کاهش یافت. همچنین در دمای ثابت با افزایش سرعت هوای ورودی، مقدار پیکروکروسین افزایش یافت. پژوهش‌های دیگر تایید کننده نتایج موجود هستند (Atefi et al., 2013).

تحلیل نتایج تأثیر دما و سرعت هوای ورودی به خشک‌کن بر مقدار سافرانال به عنوان ترکیب تولید کننده عطر، در جدول ۱ نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشد. مطابق آنچه در مورد پیکروکروسین مشخص گردید، با افزایش دما به تدریج میزان سافرانال کاهش یافت. پیکروکروسین و سافرانال به عنوان دو عامل طعم و عطر در زعفران نقش بسیار مهمی را ایفا می‌کنند. این دو ترکیب از نظر ساختار شیمیایی وابستگی خوبی دارند. سافرانال از گروه ترپن‌ها است که در زعفران تازه به صورت پیکروکروسین غیرفرار وجود دارد (Salari et al., 2010). بالا بودن مقدار سافرانال تولیدی در زعفران خشک شده در سایه در نتایج سایر محققان نیز ذکر شده است (Atefi et al., 2013 ؛ Mazloumi et al., 2007).

با افزایش سرعت جریان هوای ورودی میزان سافرانال افزایش یافت. به طوری که کمترین مقدار سافرانال مربوط به تیمار دمای هوای ۵۰°C و سرعت هوای ۰/۲ متر بر ثانیه است که معادل ۳۵/۷ واحد بود و بیشترین مقدار سافرانال، مربوط به دمای هوای ۳۰°C و سرعت هوای ۰/۶ متر بر ثانیه (۵۱/۲ واحد) اندازه‌گیری شد. سرعت هوای ورودی در دمای ۳۰ °C تأثیر معنی‌داری بر مقدار سافرانال نداشت. در پژوهش‌های انجام شده در این زمینه، افزایش دما باعث کاهش سافرانال شد که با نتایج موجود مطابقت دارد. این افزایش دما در محدوده ۶۰°C تا ۷۰°C می‌باشد که تأثیر زیادی بر کیفیت زعفران دارد. در محدوده ۴۰°C و ۵۰°C ، افزایش سرعت هوای ورودی باعث کاهش اثر دما شده و در نتیجه در دمای ثابت با افزایش سرعت، مقدار سافرانال افزایش می‌یابد. در دمای ۳۰ °C ، افزایش سرعت هوای ورودی، در میزان سافرانال اختلاف معنی‌دار ایجاد نکرد. از آنجا که سافرانال شاخص عطر زعفران است، نتایج این پژوهش نشان داد که کاهش دمای خشک کردن به همراه افزایش سرعت هوای ورودی می‌تواند باعث تولید زعفران با عطر بهتر شود.

آنالیز واریانس تأثیر دما و سرعت هوای ورودی به خشک کن بر مقدار کروسین به عنوان ترکیب تولید کننده رنگ، نشان داد که بین مقادیر کروسین در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار وجود داشت. بر اساس جدول شماره ۱ ، کمترین مقدار کروسین مربوط به تیمار دمای هوای ورودی ۳۰°C و سرعت هوای ورودی ۰/۶ متر بر ثانیه است (۱۷۸/۳واحد)، مقادیر مربوط به سرعت هوای ورودی در دمای ۳۰°C در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند. بیشترین مقدار کروسین مربوط به دمای هوای ورودی ۵۰°C و سرعت هوای ورودی ۰/۲ متر بر ثانیه است (۲۳۵/۷ واحد).

در محدوده دمایی مورد مطالعه برای خشک‌کردن زعفران یعنی محدوده دمایی ۳۰°C تا ۵۰°C ، با افزایش دما مقدار کروسین افزایش یافت. مطالعات نشان دادند که به دلیل کاهش زمان خشک شدن زعفران در حین استفاده از دماهای بالا احتمال تجزیه حرارتی کروسین کم شده و فعالیت آنزیم‌های تجزیه کننده کروسین به دلیل دناتوره شدن حرارتی آنها متوقف شد (Maghsoodi et al., 2012).

تحقیقات در زمینه خشک‌کردن رشته‌های زعفران در دماهای بالا و پایین نشان داد که افزایش دمای خشک‌کردن ضمن کاهش زمان خشک شدن باعث افزایش شدت رنگ‌دهی و میزان کروسین شد و استفاده از دماهای بالاتر باعث کاهش مقدار کروسین گردید (Carmona et al., 2005).

در پژوهشی در سال ۲۰۱۹ ، تأثیر خشک کردن خلال‌های پیاز ۱ میلیمتری با استفاده از هوای گرم و به کمک ترکیبات جاذب رطوبت مانند کربن فعال، سلیکاژل و زئولیت مقایسه شدند. در خشک کن از دماهای ۴۰، ۵۰، ۶۰ و ۷۰ درجه سانتی‌گراد استفاده شد. نتایج نشان داد که هوای گرم خشک شده توسط زئولیت کمترین زمان خشک کردن پیاز را داشت (Djaeni and Perdanianti, 2019).

افزایش تولید مواد غذایی نیاز به ایجاد روش‌های نگهداری آسان، ایمن و مقرون به صرفه دارد. در یک تحقیق، طراحی ایجاد یک خشک‌کن اقتصادی برای کشاورزان برای خشک کردن بذور و سبزی‌های تولیدی، مد نظر بود. در اغلب روش-های استفاده از دمای بالا برای خشک کردن، نتایج مطلوب در محصول نهایی ایجاد نشد. خشک کردن با مواد جاذب رطوبت، روشی بهداشتی، کم انرژی، کم هزینه و ایمن برای خشک

کردن محصولات کشاورزی بدون ایجاد تخریب یا کاهش کیفیت غذایی آنها است. مواد جاذب رطوبت استفاده شده در پروژه بر اساس هزینه مواد، در دسترس بودن، استحکام، سبکی (وزن) و مقاومت در برابر زنگ زدگی تهیه و انتخاب شدند. محفظه مواد جاذب دارای ابعاد خارجی ۴۳ × ۳۰ سانتی‌متر و ابعاد داخلی ۲۸ × ۲۵ سانتی‌متر بودند. نتایج نشان داد که بعد از ۲۶ ساعت خشک کردن، افت رطوبت قابل توجهی در نمونه ها از ۱۶۷ گرم به ۵۴/۱ گرم در مقایسه با میزان خشک کردن در هوای محیط ایجاد گردید. تمام پارامترهای بررسی شده در مورد نمونه برگ خشک شده در این پژوهش از ارزش بالاتر برخوردار بودند. نتایج نشان داد که علاوه بر افزایش سرعت خشک شدن، نمونه‌ها از کیفیت و ماندگاری بالاتر و فساد پذیری کمتر نسبت به سایر روش‌های خشک کردن برخوردار بودند (Olunloyo et al., 2022).

تأثیر روش خشک کردن بر کیفیت زعفران

میانگین‌های حاصل از بررسی تأثیر سه روش خشک کردن زعفران شامل روش اسپانیایی، سایه‌خشک (سنتی) و خشک-کردن با ماده جاذب رطوبت (ماده جاذب رطوبت سلیکاژل و سرعت جریان هوای ورودی ۰/۲ متر بر ثانیه و دمای ۳۰°C)، بر شاخص‌های کیفی زعفران در جدول شماره ۲ مقایسه شدند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تاثیر روش‌های خشک‌کردن بر شاخص‌های کیفی زعفران، در سطح ۵ درصد اختلاف معنی-دار داشتند. حداکثر جذب محلول ۱٪ عصاره زعفران در طول موج ۲۵۷ نانومتر که معرف شاخص طعم یا پیکروکروسین است با مقدار ۹۶/۲ واحد، مربوط به روش خشک کردن به روش سنتی و با مقدار ۷۸/۷۵ واحد، مربوط به روش اسپانیایی بود. حداکثر جذب محلول ۱ ٪ عصاره زعفران در طول موج ۳۳۰ نانومتر که معرف شاخص عطر یا سافرانال است با مقدار ۲۹/۳۷ واحد، مربوط به روش خشک کردن اسپانیایی و با مقدار ۴۸/۷ واحد، مربوط به روش سنتی بود. مقادیر سافرانال در روش سنتی و در روش خشک کردن با ماده جاذب رطوبت سلیکاژل در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار نداشتند. حداکثر جذب محلول ۱٪ عصاره زعفران در طول موج ۴۴۰ نانومتر که معرف شاخص رنگ یا کروسین است با مقدار ۲۱۱/۳۷ واحد، مربوط به روش خشک‌کردن اسپانیایی بود. مقادیر کروسین مربوط به روش‌های خشک‌کردن سنتی و خشک کردن با ماده جاذب رطوبت سلیکاژل، اختلاف معنی‌دار نداشتند.

با توجه به جدول شماره ۲، کیفیت زعفران حاصل از روش خشک کردن زعفران با کمک ماده جاذب رطوبت، در رقابت با روش سنتی خشک کردن است. پیکروکروسین، سافرانال و کروسین (شاخص‌های کیفیت) زعفران خشک شده با استفاده از مواد جاذب رطوبت به ترتیب با مقادیر ۸۶/۷ ، ۴۶/۷ و ۱۸۵/۷ واحد نسبت به روش خشک کردن اسپانیایی زعفران، بالاتر بودند.

روش جدید خشک کردن مواد غذایی در دمای پایین با جریان هوا و دمای کنترل شده باعث می شود تا غذاهایی مانند سبزیجات بدون از دست دادن رنگ و بافت اصلی، خشک شوند. در این روش از کنترل جریان هوا برای بهبود سرعت خشک کردن و کنترل دما برای اطمینان از حداقل آسیب به غذا در طول فرآیند خشک کردن استفاده می شود. ارزیابی تجربی سیستم نشان داده است که سبزی‌های خشک تولید شده با این روش، رنگ تازه و محتوای بالای ویتامین خود را حفظ می‌کنند (Nagaya et al., 2006) .

جدول۱. تاثیر سرعت و درجه حرارت هوای ورودی به خشک کن بر ترکیبات موثره زعفران

Table 1. The effect of speed and temperature of inlet air to drier on the effective compounds of saffron

کروسین (واحد) Crocin	سافرانال (واحد) Safranal	پیکروکروسین (واحد) Picrocrocin	سرعت هوا (متر بر ثانیه) Speed air (m/s)	دمای هوای ورودی(سانتی‌گراد) inlet air (°C)
182.3±4.4 e	48.7±2.5 a	95.2± 3.5 a	0.2	30
180.7± 3.2 e	49.1± 1.8 a	97.3± 1.8 a	0.4	
178.3± 3.3 e	51.2± 3.3 a	99.7±3 a	0.6	
191.7± 1.2 c	45.3± 3.4 c	85± 2.5 c	0.2	40
185.7± 2.7 d	46.7±2.9 bc	86.7±1.3 bc	0.4	
184.9± 1.4 d	47.9±1.8 ab	87.3±2.7 b	0.6	
235.7± 5.3 a	35.7± 2.5 e	78.3± 3.2 e	0.2	50
79.7± 1.3 b	37.2±3.6 d	211.3±3.8 ed	0.4	
199.3± 2.4 c	41.3±2.8 cd	81.3±3.3 d	0.6	

اعداد با حروف یکسان در هر ستون در سطح ۵ ٪ اختلاف معنی دار ندارند

The numbers with the same letters in each column are not significantly different at the 5% level

جدول ۲. اثر روش خشک کردن بر ترکیبات موثره زعفران

Table 2. The effect of drying method on the effective compounds of saffron

مقادیر ترکیبات شاخص زعفران Saffron indicator compounds	سنتی Traditional	اسپانیایی Spanish	ماده جاذب رطوبت Moisture absorbent material
پیکروکروسین (Picrocrocin)	96.2±1.53 a	78.75±2.31 c	86.7±1.3 b
سافرانال (Safranal)	48.7±2.51 a	29.37±1.15 b	46.7±2.9 a
کروسین (Crocin)	182.3±2.35 b	211.37±3.55 a	185.7±2.7 b

اعداد با حروف یکسان در هر ردیف در سطح ۵ ٪ اختلاف معنی دار ندارند

The numbers with the same letters in each column are not significantly different at the 5% level

زنجبیل تازه و خشک یک ادویه مهم در طب سنتی می‌باشد که دارای خواص بسیار زیاد است. ترکیبات فرار موجود در آن نقش مهمی در ایجاد طعم و خواص زیستی زنجبیل دارند. در یک تحقیق با استخراج میکروسکوپی فاز جامد موجود در فضای خالی ظرف نگهداری زنجبیل توسط گازکروماتوگرافی (GC-MS)، تاثیر روش‌های مختلف خشک کردن زنجبیل مانند آون، مایکروویو و استفاده از ماده جاذب رطوبت سلیکاژل بر میزان خشک کردن و وجود ترکیبات فرار زنجبیل، بررسی شدند. ۶۰ نوع ترکیب مختلف شناسایی شدند. مقدار و نوع ترکیبات فرار حاصل از زنجبیل خشک شده با روش استفاده از ماده جاذب رطوبت سلیکاژل بسیار شبیه به ترکیبات فرار زنجبیل تازه بودند. نتایج نشان دادند روش خشک کردن با امواج مایکروویو بسیار شبیه با روش استفاده از ماده جاذب رطوبت برای حفظ طعم و ظاهر زنجبیل هنگام خشک کردن بود (Huang, et al., 2012)

نتیجه‌گیری

در بین سه روش خشک کردن زعفران، با اندازه‌گیری شاخص-های کیفی زعفران، روش خشک کردن سنتی باعث تولید زعفران با شاخص عطر (سافرانال) (۲±۴۸/۷ واحد) و شاخص طعم (پیکروکروسین) (۱±۹۶/۲ واحد) برتر شد. از نظر عطر زعفران، بین روش خشک کردن سنتی و روش خشک کردن با کمک ماده جاذب رطوبت سلیکاژل برای حذف رطوبت، اختلاف معنی‌دار وجود نداشت. روش خشک کردن با سلیکاژل از نظر شاخص طعم (۱±۸۶/۷ واحد) بعد از روش سنتی قرار داشت. از نظر شاخص رنگ زعفران (کروسین)، روش اسپانیایی (۳±۲۱۱/۳۷ واحد) بیشترین امتیاز را کسب کرد.

از معایب روش خشک کردن سنتی، سرعت پایین خشک کردن زعفران است. در زمان برداشت زعفران، حجم زیادی از زعفران وجود دارد که باید در حداقل زمان خشک شوند. بنابراین نیاز به روش‌های کمکی خشک کردن در کنار خشک کردن سنتی زعفران وجود دارد. استفاده از ماده جاذب رطوبت سلیکاژل در فرآیند خشک‌کردن زعفران می‌تواند کمک قابل توجهی در خشک کردن زعفران با کیفیت بالا (طعم و عطر) داشته باشد. از آنجا که شارژ مجدد دانه‌های سلیکاژل امکان‌پذیر است بنابراین استفاده از آن برای خشک کردن توجیه اقتصادی دارد. بررسی‌های انجام شده در خصوص شرایط فرآیند خشک کردن با استفاده از ماده جاذب رطوبت (سلیکاژل) نیز نشان داد که وجود دمای پایین و سرعت بالای جریان هوای ورودی (۳۰°C و ۰/۶ متر بر ثانیه) به خشک‌کن باعث حفظ بیشترین مقدار سافرانال (۲±۴۸/۷ واحد) و پیکروکروسین (۳±۹۵/۲ واحد) در محصول نهایی شد.

از آنجا که اختلاف معنی‌داری در کیفیت محصول خشک شده ناشی از سرعت های هوای ۰/۲ ، ۰/۴ و ۰/۶ متر بر ثانیه در دمای ۳۰°C وجود نداشت، استفاده از سرعت هوای ۰/۲ متر بر ثانیه به دلیل صرفه اقتصادی، انتخاب شد. بیشترین مقدار کروسین (۵±۲۳۵/۷ واحد) در دمای ۵۰°C و سرعت هوای ۰/۲ متر بر ثانیه حاصل شد. خشک کردن زعفران در دمای ۳۰°C باعث تولید زعفران با طعم و عطر بهتر شد. برای ایجاد کروسین یا رنگ بیشتر در زعفران بهتر است پس از خشک کردن زعفران در دمای ۳۰°C در انتهای عمل خشک کردن از دمای بالا یعنی ۵۰°C استفاده کرد. از مزایای این روش می‌توان به وجود حق انتخاب در تولید محصول بر اساس سفارش و نیاز بازار اشاره نمود. در این روش، امکان تولید محصول با رنگ بیشتر یا محصول با عطر و طعم بیشتر بر حسب سفارش مصرف کننده وجود دارد.

منابع

Anonymous. (1993). Saffron - characteristics. Iran Standard and Industrial Research Institute. National standard of Iran. First edition, No 259-1. [In Persian].

Anonymous. (1997). Saffron – Test methods. Iran Standard and Industrial Research Institute. National standard of Iran. First edition, No 259-2. [In Persian].

Atefi, M., Akbari Oghaz, A., Mehri, A. (2013). The effects of drying on the chemical and sensory properties of saffron. *Journal of Nutrition Sciences and Food Industries of Iran, 8* (3): 201-208. [In Persian].

Carmona, M., Zalacain, A., Pardo, J. E., Lopez, E., Alvarruiz, A., Alonso, G. L. (2005). Influence of different drying and aging on saffron constituents. *Journal of Agricultural and Food Chemistry 53*: 3974-3979.

Chopan, Y., Hazarjaribi, A., Ghorbani, K., Hossam, M., & Khashai S. A. (2022). The effect of resource management, irrigation method and time on quantitative flower yield and qualitative characteristics of saffron. *Saffron Research Journal, 10* (1), 28-44. [In Persian].

Crittenden, B., Thomas, & W. J., (1998). Adsorption Technology and Design. Elsevier Science. ISBN 9780080489971. Retrieved 2013-12-30.

Delshad, S., & Hakimzadeh, V. (2016). Optimization of saffron drying parameters with oven and microwave using response surface modeling. *Saffron Research Journal, 5* (2): 151-162. [In Persian].

Djaeni, M., and Perdanianti, A. M. (2019). The study explores the effect of onion (allium cepa l.) drying using hot air dehumidified by activated carbon, silica gel and zeolite. Journal of Physics: Conf. Series 1295, the 3rd International Conference of Chemical and Materials Engineering. Pages: 1-8.

Dorozi, M., Mortezapour, H., Akhwan, H., Ghazanfari Moghadam, A. (2015). The 10th National Congress of Biosystem Mechanical Engineering (Agricultural Machinery) and Mechanization of Iran. Ferdowsi University of Mashhad. [In Persian].

Emamifar, A. (2017). Determining the optimal method and conditions for drying the stigma of saffron produced in Kurdistan. *New Food Technologies Quarterly, 6* (1): 31-44. [In Persian].

Haqhshenas Gargabi, M., Harchegani, H. B., Karimi, A. (2017). The effect of zeolite as a moisture absorbing material on the shape and coefficients of the moisture curve of a sandy soil. Iran Zeolite International Conference. Tehran. [In Persian].

Huang, B., Wang, G., Chu, Z., Qin, L. (2012). Effect of oven drying, microwave drying, and silica gel drying methods on the volatile components of Ginger (Zingiber officinale Roscoe) by HS-SPME-GC-MS. *An International Journal, 30*: 248-255.

Maghsoodi, V., Kazemi, A., Akhondi, E. (2012). Effect of different drying methods on saffron (Crocus Sativus L) quality. *Iranian journal of chemistry and chemistry engineering international English edition, 31* (2): 85-89.

Mazloumi, M. T., Taslimia, A., Jamshidi, A., Affi, M., Haj Seyed Javadi, N., Kamili Fanon, R., and colleagues. (2007). Comparison of the effects of drying methods using vacuum, freezing, sun, microwave with traditional methods on the characteristics of Qain saffron. *Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Industries, 2* (1): 69-76. [In Persian].

Mollafilabi, A., Khorramdel, S., Shabahang, J. (2018). Effect of different drying methods on moisture content, drying time and quality characteristics of saffron stigma. *Saffron Research Journal, 7* (2): 177-188. [In Persian].

Mosalapour, H., Tahan, M. (2018). Examining the obstacles and problems of saffron and barberry export and providing solutions to increase it (case study: South Khorasan province). *Saffron Research Journal, 7* (1): 83-97. [In Persian].

Nagaya, K., Li, Y., Jin, Z., Fukumuro, M., Ando, Y., Akaishi, A. (2006). Low-temperature desiccant-based food drying system with airflow and temperature control. Journal of Food Engineering, 75 (1): 71-77.

Olunloyo, O., Ibiyeye, D., Ajiboye, O., Taiye, A. R., Afeye, F., Fasunloye, T., Osin, R. (2022). Design and construction of a desiccant air dryer for seeds and vegetables. *Technology Audit and Production Reserves, 1* (63): 11–15.

Rahnama, M. (2010). Design, construction and evaluation of a solar dryer with a moisture absorbent wheel to maintain the quality properties of Otamaran dates. Doctoral thesis in mechanical engineering of agricultural machinery, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University. [In Persian].

Salari, R., Habibi Najafi, M. B., Karajian, H., Vazirzadeh, B. (2010). Evaluation of physicochemical and microbial changes of saffron during a one-year storage period. *Journal of Food Science and Technology, 2* (1): 35-43. [In Persian].

Sosle, V., Raghavan, G. C. V., Kittler, V. (2003). Low-Temperature Drying Using a Versatile Heat Pump Dehumidifier. *Drying technology, 21* (3): 239-254.

Tavakolli, A., Ghasemi, R., Motaghian, H. R. (2023). The effect of the combined use of

biochar and bentonite on the rate of evaporation and soil moisture. *Water and soil modeling and management*. Online publication. [In Persian].

Thoruwa, T. F. N., Smith, J. E., Grant, A. D., Johnstone, C. M. (1996). Developments in solar drying using forced ventilation and solar regenerated desiccant materials. *Renewable Energy 9*: 686-689.

Tong, Y. T., Zhu, X., Yan, Y. (2015).The Influence of Different Drying Methods on Constituents and Antioxidant Activity of Saffron from China. *International Journal of Analytical Chemistry, Article ID 953164*, 8 pages.

Yao, C., Qian, X. D., Zhou, G. F., et al. (2018). A comprehensive analysis and comparison between vacuum and electric oven drying methods on Chinese saffron (Crocus sativus L.). *Food Science and Biotechnology, 28*: 355–364.

COPYRIGHTS

© 2024 by the authors. Published by University of Birjand – Saffron Research Group. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)