

مقایسه اثرات روش‌های خشک کردن به کمک خلاء، انجاماد، خورشید، مایکروویو با روش سنتی بر ویژگی‌های زعفران قائن

محمد تقی مظلومی^۱، اقدس تسلیمی^۲، اسماعیل جمشیدی^۳، محسن عاطفی^۴، نسرین حاج سید جوادی^۵، رزیتا کمیلی فنود^۶، فربنا سید احمدیان^۷، حمیدرضا فلاحت پیشه^۸، نیلوفر چوبدار^۹، زهرا هادیان^{۱۰}، بنفشه گلستان^{۱۱}، سیدعلی شفیقی^{۱۲}

- ۱- نویسنده مسئول: کارشناس ارشد علوم و صنایع غذایی بست الکترونیکی: mt_mazloumi@yahoo.com
- ۲- مرتبی گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی
- ۳- استاد دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی امیر کبیر
- ۴- کارشناس ارشد علوم و صنایع غذایی
- ۵- کارشناس گروه تحقیقات صنایع غذایی، انسیتو تحقیقات تغذیه ای و صنایع غذایی کشور

تاریخ پذیرش: ۸۶/۳/۲۵

تاریخ دریافت: ۸۵/۹/۲۵

چکیده

سابقه و هدف: زعفران، گران‌ترین ادویه دنیا و یکی از مهمترین اقلام صادرات غیرنفتی کشورمان است. تولید سالیانه زعفران در ایران ۲۲۰ تا ۲۲۸ تن و ارزش صادرات آن بیش از ۵۹۰ میلیون دلار است (هر کیلوگرم معادل ۴۵۴–۴۸۲ دلار امریکا). با توجه به اینکه خشک کردن، تعیین کننده کیفیت و ارزش نهایی زعفران در بازار جهانی است، در این پژوهش که طی سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۸۱ در انسیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور انجام شد، روش‌های خشک کردن زعفران به کمک خلاء، انجاماد، مایکروویو و خورشید با روش سنتی، مقایسه و مناسبترین روش خشک کردن تعیین شده است.

مواد و روشها: تحقیق به صورت تجربی انجام گرفت. در اجرای این تحقیق، مزرعه‌ای از مناطق کشت زعفران قائن به صورت تصادفی، انتخاب و کل گل مزرعه چیده و مخلوط شد. ابتدا نمونه‌ها از نظر درصد اجزای گل، میزان استحصال کلاله، طول، قطر نوک، وسط و انتهای کلاله و همچنین رطوبت، ازت تام، خاکستر کل، خاکستر نامحلول در اسید بررسی شدند. پس از کلاله‌گیری، نمونه‌ها خشک شده و رطوبت، خاکستر کل، خاکستر نامحلول در اسید، عصاره محلول در آب سرد، ازت تام، فیبر خام، کروسین، سافرانال و پیکروکروسین، شمارش کلی، کلیفرم، کپک، مخمر و اشريشياکلی در نمونه‌های خشک شده اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: نتایج مطالعات نشان داد که از نظر عامل مولد رنگ (کروسین) روش‌های خورشیدی، آون خلاء و مایکروویو با تفاوت معنی‌داری نسبت به سایر روش‌ها قرار داشتند ($P < 0.05$). از نظر عامل مولد عطر (سافرانال) و عامل مولد طعم نمونه‌های خشک شده (پیکروکروسین) تفاوت معنی‌داری بین روش‌ها مشاهده نشد. از نظر ویژگی میکروبی بجز نمونه‌های تهیه شده با روش‌های سنتی و انجامادی، بقیه روش‌ها با استاندارد ملی ایران مطابقت داشتند.

نتیجه‌گیری: با اینکه هر چهار روش مورد مطالعه در جایگاه والاتری نسبت به روش خشک کردن سنتی قرار داشتند، ولی به طور کلی می‌توان روش خورشیدی را به عنوان یک روش مناسب برای خشک کردن در مناطق روستایی تولید کننده زعفران توصیه کرد.

واژگان کلیدی: زعفران، خشک کردن، کروسین، سافرانال، پیکروکروسین

• مقدمه

زعفران، گران‌ترین و با ارزش‌ترین ادویه جهان از کلاله‌های خشک شده گونه Crocus sativus به دست می‌آید (۱). تولید سالانه زعفران در سال ۱۳۸۱ معادل ۲۲۸ تن (۲) و ارزش صادرات آن بیش از ۵۹

خشک) در دمای اولیه ۲۰ و متعاقباً ۳۰ تا ۳۵ درجه سانتی گراد خشک می‌شوند. این فرایند ۱۰ تا ۱۲ ساعت طول می‌کشد. در مراکش کلاله‌های جدا شده به صورت لایه نازک روی پارچه به مدت ۷ تا ۱۰ روز در سایه خشک می‌شوند^(۹).

خشک کردن در آفتاب غالباً در هندوستان، کشمیر و مراکش رایج است. در هندوستان، کلاله‌ها همراه خامه طی ۳ تا ۵ روز در آفتاب تا رطوبت ۱۰ تا ۱۲ درصد خشک می‌شوند. در روش دیگر، بلافضله بعد از چیدن گل کلاله‌ها همراه با خامه جدا شده و در دسته‌های کوچک (Gucchi) در زیر نور خورشید خشک می‌شوند^(۱۱). در مراکش برای سرعت بخشیدن به خشک شدن، ضخامت لایه کلاله‌ها را کم می‌کنند و در نتیجه، زمان خشک شدن به ۲ ساعت کاهش یافته است^(۹). در اسپانیا و ایتالیا غالباً زعفران در الک با حرارت حاصل از سوخت‌ها خشک می‌شود. ابتدا زعفران تازه جدا شده در الک‌هایی با تور ابریشمی ریخته شده و در فاصله ۲۰ سانتی‌متری از منبع حرارتی که سوخت آن را ذغال، ذغال سنگ و چوب تامین می‌کنند، خشک می‌شود. برای خشک شدن یکنواخت، هر چند وقت یک بار زعفران از یک الک به الک مشابه دیگری منتقل می‌شود^(۹).

Basker در سال ۱۹۹۳ با خشک کردن نمونه‌های زعفران تا وزن ثابت در دماهای ۲۰، ۳۰، ۳۶، ۴۴، ۵۰، ۶۶، ۷۷، ۸۵، ۹۲ و ۱۰۰ درجه سانتی گراد به این نتیجه رسید که درصد رطوبت و مواد فرآر باقیمانده زعفران به تنظیم رابطه زمان و دمای مورد استفاده بستگی دارد (۱۲). Raina و همکاران در سال ۱۹۹۶ ویژگیهای کلاله در مراحل مختلف نمو گل و اثر روش‌های خشک کردن را بر تغییرات رنگدانه‌ها و مواد فرآر زعفران در مدت فرایند، و انبارمانی بررسی کردند. بر اساس نتایج این تحقیق، خشک کردن در آون الکتریکی ($40 \pm 5^\circ\text{C}$) و خشک کردن خورشیدی توصیه شد^(۱۱). این محققان در تحقیقات بعدی خود دمای مناسب خشک کردن در خشک کن خورشیدی را 50°C اعلام کردند^(۱۳). عاطفی در سال ۱۳۷۸ اثر فرایند خشک کردن انجمادی (انجماد اولیه در 18°C ، فشار $0/15 \text{ mmHg}$)

میلیون دلار آمریکا بود^(۳) که در سال ۱۳۸۲ به ۲۲۰ تُن و ۷۰ میلیون دلار آمریکا رسید^(۴). با احتساب حجم تولید و صادرات، سهم صادرات زعفران از تولید سال ۱۳۸۱ در حدود ۵۷٪ (ارزش هر کیلوگرم ۴۵۴ دلار) و از تولید سال ۱۳۸۲ در حدود ۶۶٪ (ارزش هر کیلوگرم ۴۸۲ دلار آمریکا) بود^(۵).

این آمارها از گرایش به سوی جذب بیشتر بازارهای جهانی حکایت می‌کند، اما قیمت یک کیلوگرم زعفران با کیفیت در بازار جهانی به ۱۰۰۰ دلار آمریکا می‌رسد^(۶). صرف نظر از جنبه‌های زراعی، مانند ویژگی خاک، موقعیت جغرافیایی و عوامل جوئی (دما و رطوبت) و همچنین روش‌های کاشت، داشت و برداشت که در کیفیت زعفران تاثیر دارد، روش‌های خشک کردن، تعیین کننده کیفیت و ارزش نهایی زعفران است. عطر خاص زعفران در زمان خشک کردن به دلیل هیدرولیز پیکروکروسین و آزاد شدن آلدئید فرآر سافرانال حاصل می‌شود. به علاوه، قدرت رنگی زعفران به دلیل کاهش رطوبت محتوی که می‌تواند باعث هیدرولیز رنگدانه کروسین شود، افزایش می‌یابد^(۷). خشک کردن باعث تغییرات فیزیکی، شیمیایی و بیوشیمیایی کلاله می‌شود که برای دستیابی به ویژگی‌های مطلوب زعفران ضروری است. به علاوه، فرایند خشک کردن، مهمترین نقش را در نگهداری زعفران به عهده دارد. رطوبت کمتر، حداقل ۱۲٪ بر اساس استاندارد جهانی ISO 3632 باعث حفظ کیفیت محصول در دوران طولانی‌تر نگهداری می‌شود^(۸).

معمولاً سه روش خشک کردن در سایه، خشک کردن در آفتاب و خشک کردن به وسیله حرارت حاصل از انواع سوخت در کشورهای مختلف متبادل است. خشک کردن در سایه در ایران، یونان و مراکش رایج است^(۹). مدت زمان خشک شدن زعفران در روش سنتی ایران (در سایه) ۳ تا ۲۰ روز با رطوبت نهایی ۷ تا ۱۵ درصد گزارش شده است. امروزه در ایران علاوه بر حالت دسته زعفران به صورت پوشال و سرگل در سایه، سایه - آفتاب یا به روش اسپانیایی (خشک کردن با الک) خشک می‌شود^(۱۰). در یونان، کلاله‌های تازه چیده شده به صورت لایه‌های نازک روی طبقه با تور ابریشمی در اتاق‌های تاریک (سایه

جمع آوری شدند. این نمونه ها در کارتنهای منفذدار (برای عبور مناسب جریان هوا) قرار گرفتند. نحوه چیدن کارتنهای به طوری بود که نمونه های روی هم انباسته نشدند. سپس، نمونه های بلا فاصله به محل اجرای تحقیق منتقل شدند. صبح روز بعد، کلاله گیری توسط گروه تحقیق و ۱۰ نفر از دانشجویان آموزش دیده انجام گرفت. حجم نمونه برای هر یک از روش های خشک کردن با احتساب آزمون های فیزیکی، شیمیایی، میکروبی و حسی، معادل ۲۵ گرم کلاله بر اساس وزن خشک بود که به طور تصادفی از کلاله های خشک شده نمونه برداری شد. مقدار نمونه برای تعیین ویژگی های کلاله تازه (تر) معادل ۱۲ گرم کلاله بر اساس وزن خشک بود. آزمون های فیزیکی، شیمیایی و میکروبی سه بار تکرار شد.

خشک کن خورشیدی با ارائه داده های لازم توسط مجریان طرح و طراحی توسط همکار پژوهش از دانشکده مهندسی شیمی دانشگاه صنعتی امیرکبیر ساخته شد. این خشک کن، اولین خشک کن خورشیدی ویژه زعفران بود که در ایران طراحی و ساخته شد. خشک کن انجام داده استفاده از نوع Zibus مدل ۵ Vaco و ساخت آلمان، مایکروویو مدل M246 ساخت شرکت بوتان، آون خلاء، مدل ۲۹ Soofer Co ساخت آمریکا و آون معمولی از نوع Herious ساخت آلمان بود. برای خشک کردن inch کلاله های در روش آون خلاء، دمای $55 \pm 2^\circ\text{C}$ در فشار $55 \pm 5\text{ mmHg}$ و زمان $5/5$ ساعت، در روش انجام دمای کندانسور -40°C ، فشار 0.996 mmHg و زمان $13/5$ ساعت، در روش خورشیدی دمای $40-50^\circ\text{C}$ و زمان $2/5$ ساعت، در روش مایکروویو توان 30% و زمان $3/5$ دقیقه و بالاخره در روش سنتی (سایه) نمونه های در ضخامت یک سانتی متر و در دمای اتاق طی 168 ساعت خشک شدند.

کلیه مواد شیمیایی مورد نیاز از نمایندگی شرکت Merck در ایران تهیه شد. ابتدا روی نمونه های کلاله تازه آزمون های فیزیکی شامل سنجش درصد اجزای گل زعفران، میزان استحصال کلاله و اندازه گیری طول، قطر نوک، وسط و انتهای کلاله انجام گرفت. آزمون های شیمیایی شامل رطوبت، خاکستر کل، خاکستر نامحلول

دمای فرایند 13°C و زمان 20 ساعت) را با روش خشک کردن در سایه (3 روز) مقایسه کرد. درصد کروسین و پیکروکروسین در نمونه های خشک شده انجام دادی، بیشتر از نمونه خشک شده در سایه بود ($P < 0.05$). در ارزیابی حسی رنگ به حالت محلول، اختلاف معنی داری بین نمونه های مشاهده نشد. اما در حالت خشک، اختلاف، معنی دار بود و نمونه خشک شده به روش سنتی در اولویت قرار گرفت ($P < 0.05$). در ارزیابی حسی بو در هر دو حالت (خشک و محلول) و اندازه گیری سافرانال، پس از 8 ماه اختلاف معنی داری بین نمونه های مشاهده نشد. در این تحقیق، شمارش تعداد کلی فرم، کپک و مخمر در نمونه های خشک شده به روش انجام دادی، پایین تر از نمونه خشک شده به روش سنتی بود (10%).

Carmona و همکاران در سال 2005 سه روش مختلف خشک کردن زعفران شامل خشک کردن در دمای اتاق، خشک کردن با هوای داغ (70°C ، 90°C و 110°C) درجه سانتی گراد) و خشک کردن بعد از فرایند سنتی با سه منبع مختلف حرارتی (ذغال مو، اجاق گازی و کویل الکتریکی) با زمان 28 تا 55 دقیقه و میانگین دمای 54°C تا 83°C درجه سانتی گراد را مورد مطالعه قرار دادند. بیشترین شدت رنگ زمانی حاصل شد که زعفران در دمای بالاتر و مدت زمان کمتری قرار داشت. این تحقیق نشان داد که اگر شدت رنگ زعفران، مطلوب نظر باشد، قرار گرفتن آن در دمای بالاتر و زمان کوتاه تر، بهتر از قرار گرفتن در دمای پایین تر و زمان طولانی است (8).

در مطالعه حاضر به دلیل اهمیت انتخاب روش مناسب خشک کردن در کیفیت زعفران تولیدی، اثرات فرایندهای خشک کردن تحت خلاء، انجام داد، خورشید و مایکروویو و روش سنتی بر ویژگی های زعفران بررسی شد.

• مواد و روشها

در اجرای این تحقیق که به روش تجربی و تکنیک مشاهده در محل انسستیتو تحقیقات تغذیه ای و صنایع غذایی کشور طی سالهای 1380 تا 1381 انجام شد، نمونه های گل مورد مطالعه به وزن 20 کیلوگرم به طور تصادفی از مزرعه نمونه مناطق کشت قائن انتخاب و

• یافته‌ها

یافته‌های حاصل از اندازه‌گیری درصد اجزای گل، میزان استحصال کلاله، طول، قطر نوک، وسط و انتهای کلاله‌های جدا سازی شده از گل‌های زعفران تازه باز شده مزروعه نمونه در جدول ۱ آورده شده است.

درصد رطوبت، خاکسترکل، خاکستر نامحلول در اسید و ازت تام نمونه‌های کلاله تازه در جدول ۲ نشان داده است.

نتایج اندازه‌گیری درصد رطوبت، خاکستر کل، خاکستر نامحلول در اسید، ازت تام، فیبرخام و عصاره محلول در آب سرد نمونه‌های خشک شده در جدول ۳ آورده شده است.

نتایج حاصل از اندازه‌گیری کروسین، سافرانال و پیکروکروسین زعفران خشک به روش اسپکتروفوتومتری در جدول ۴ نشان داده شده است.

نتایج اندازه‌گیری سافرانال نمونه‌های زعفران خشک شده به روش HPLC در جدول ۵ آورده شده است.

نتایج آزمونهای میکروبی نمونه‌های کلاله تازه در جدول ۶ و نتایج آزمون‌های میکروبی نمونه‌های خشک شده در جدول ۷ درج شده است.

در اسید و ازت تام بود و در نهایت، آزمون‌های میکروبی شامل شمارش کلی کلیفرم، E.coli، کپک و مخمر با روش‌هایی که متعاقباً ذکر می‌شوند، انجام گرفت. رطوبت، خاکستر نامحلول در اسید، ازت تام، فیبرخام، عصاره محلول در آب سرد، به ترتیب طبق استانداردهای ملی ۱۶۱۹ و ۳۳۹۴، ۱۵۲۲، ۱۲۵۳، ۱۱۹۷ و ۲۵۹-۲ شدن (۱۴-۱۹). کروسین، سافرانال و پیکروکروسین به روش اسپکتروفوتومتری طبق استاندارد ملی ۲-۲۵۹ (۱۴) و همچنین سافرانال به روش کروماتوگرافی مایع با کارابی بالا (HPLC) (۲۰) اندازه‌گیری شد. کلیه آزمایش‌های یاد شده، سه بار تکرار شد. آزمون‌های میکروبی طبق استانداردهای ملی ۹۹۷، ۳۵۶، ۴۳۷ و ۲۹۴۶ (۲۱-۲۴) انجام گرفت.

برای ویژگی‌های کمی شامل میانگین و انحراف معیار از آمار توصیفی، برای مقایسه پارامترهای کمی بین تیمارها از آنالیز واریانس یکطرفه و آزمون شفه و برای ارزیابی حسی از روش رتبه‌بندی و آزمون فریدمن با استفاده از نرم افزار SPSS استفاده شد.

جدول ۱- درصد اجزای گل ، میزان استحصال کلاله، طول، قطر نوک، وسط و انتهای کلاله‌های جدا سازی شده از گل‌های زعفران

محل	درصد اجزای گل زعفران (n=۱۰۰)	میزان استحصال					کلاله تازه	کلاله	متوسط قطر	متوسط قطر	متوسط قطر	متوسط قطر	متوسط طول	متوسط طول
		گلبرگ، کاسبرگ	کلاله	پرچم	خامه	و دم گل								
قائن	۸۰/۶۵	۹/۶۲	۲/۲۳	۷/۴۵	۴۶/۴۲	۲/۷۵±۰/۲۸	۱/۱۹±۰/۴۰	۰/۷۷±۰/۱۸	۰/۶۱±۰/۱۷	(n=۲۵)	(n=۲۵)	(n=۲۵)	(n=۲۵)	(n=۲۵)

جدول ۲- درصد رطوبت ، خاکستر کل ، خاکستر نامحلول در اسید و ازت تام نمونه‌های کلاله تازه

محل نمونه برداری	راطوبت	خاکستر کل	خاکستر نامحلول	ازت تام
قائن	۸۰/۲۲±۰/۱۵	۴/۷۱±۰/۵۶	۰/۲۸±۰/۰۹	۲/۳۷±۰/۰۱

جدول ۳- درصد رطوبت ، خاکستر کل ، خاکستر نامحلول در اسید، ازت تام ، فیبر خام و عصاره
 محلول در آب سرد زعفران خشک شده منطقه قائن

روش	آون خلاء	انجمادی	خورشیدی	مايكروویو	سنتری	استاندارد	ملی-۱
آب سرد	عصاره محلول در آب سرد	فیبر خام	ازت تام	خاکستر نامحلول در اسید	خاکستر کل	رطوبت	
	۴۹/۸۲±۰/۴۰	۶/۱۰±۰/۰۴	۲/۲۴±۰/۰۱	۰/۴۳±۰/۲۵	۴/۴۷±۰/۱۶	۶/۲۷±۰/۰۳	آون خلاء
	۵۷/۶۲±۰/۰۴	۵/۸۳±۰/۰۳	۲/۳۱±۰/۰۳	۰/۴۷±۰/۰۱	۴/۴۵±۰/۱۳	۵/۳۰±۰/۱۲	انجمادی
	۵۵/۲۸±۰/۹۱	۶/۰۴±۰/۴۵	۲/۳۵±۰/۴۹	۰/۵۳±۰/۰۲	۴/۴۰±۰/۱۳	۵/۱۷±۰/۳۶	خورشیدی
	۶۰/۲۷±۱/۸۶	۵/۰۰±۰/۰۲	۲/۳۹±۰/۰۱	۰/۴۵±۰/۰۳	۴/۴۸±۰/۰۲	۵/۰۳±۰/۰۵	مايكروویو
	۶۲/۱۷±۰/۷۶	۵/۰۵±۰/۱۵	۲/۳۱±۰/۰۱	۰/۳۵±۰/۰۲	۴/۵۰±۰/۳۶	۵/۲۳±۰/۰۲	سنتری
حداکثر ۶۵	حداکثر ۶	حداکثر ۳	حداکثر ۵ (ممتد)	حداکثر ۵/۵ (ممتد)	حداکثر ۱۰ (ممتد)	حداکثر ۱۲ (درجه ۳)	حداکثر ۱۲ (درجه ۳)
			حداکثر ۱/۵ (ممتد)	حداکثر ۷ (ممتد)	حداکثر ۱۰ (درجه ۳)	حداکثر ۱۲ (درجه ۳)	۲۵۹-۱

جدول ۴- نتایج اندازه گیری کروسین، سافرانال و پیکروکروسین با روش اسپکتروفوتومتری

روش	کروسین (بر حسب ماده خشک)	سافرانال (بر حسب ماده خشک)	جذب محلول آبی ۱٪ در طول موج ۳۳۰ نانومتر	جذب محلول آبی ۱٪ در طول موج ۴۴۰ نانومتر	ویژگی
آون خلاء	۲۶۲/۷۹ ± ۹۸ a*	۲۹/۴۶±۰/۲۵a	۹۵/۴۲±۲/۵۱ ^a		
انجمادی	۲۳۷/۱۹±۳/۶۱ bc	۳۱/۲±۱/۹۳ ^a	۹۱/۱۳±۳/۳۵ ^a		
خورشیدی	۲۴۸/۰۶±۴/۱۷ ^b	۳۴/۹۹±۰/۵۱ ^a	۹۷/۳۸±۰/۹۵ ^a		
مايكروویو	۲۵۴/۴۵±۰/۳۱ ^b	۳۲/۴۵±۰/۳۷ ^a	۹۶/۵۰±۰/۳۶ ^a		
سنتری	۲۲۷/۷۱±۵/۹۶ ^c	۲۹/۰۰±۳/۶۷ ^a	۹۰/۳۰±۱/۳۱ ^a		
استاندارد ملی	۲۲۷/۷۱±۵/۹۶ ^c	۲۰-۵۰	حداکثر ۸۵ (ممتد)	حداکل ۲۲۰ (ممتد)	
۲۵۹-۱	حداکل ۱۵۰ (درجه ۳)		حداکل ۷۰ (درجه ۳)	حداکل ۱۵۰ (درجه ۳)	

*حروف متفاوت در هر ستون به معنی وجود تفاوت معنی دار است ($P<0.05$).

جدول ۵- نتایج اندازه گیری سافرانال با روش HPLC در نمونه های زعفران خشک شده

منطقه	آون خلاء (mg/kg)	انجمادی (mg/kg)	خورشیدی (mg/kg)	مايكروویو (mg/kg)	سنتری (mg/kg)	روش
قائن	۲۶۸/۱۰±۴/۵۲ a*	۱۳۶/۵۵±۰/۹۱ b	۱۳۹±۲/۲۶ b	۲۱۸/۹۰±۰/۴۲ c	۸۹/۷۰±۲/۹۶ d	

*حروف متفاوت به معنی وجود تفاوت معنی دار بین روش های مختلف خشک کردن است ($P<0.05$).

جدول ۶- نتایج آزمون‌های میکروبی کلاله‌های تازه در مزرعه نمونه زعفران

آزمون	شمارش کلی (cfu/g)	شمارش کلیفرم (cfu/g)	شمارش کپک و مخمر (cfu/g)	وجود اشرشیاکلی	منطقه		
				پک	مخمر	پک	مخمر
قائن	$130 \times 10^4 \pm 2 \times 10^4$	$20 \times 10^5 \pm 2 \times 10^5$	20 ± 10	$104 \times 10^2 \pm 2 \times 10^2$	Mثبت		

جدول ۷- نتایج آزمون‌های میکروبی نمونه‌های زعفران خشک شده منطقه قائن

آزمون میکروبی	شمارش کلی (cfu/g)	شمارش کلیفرم (cfu/g)	شمارش کپک و مخمر (cfu/g)	وجود اشرشیاکلی	روش
				پک	مخمر
آون خلاء	$85 \times 10^2 \pm 2 \times 10^2$	منفی	60 ± 8	منفی	منفی
انجمادی	$65 \times 10^3 \pm 10 \times 10^3$	$1800 \pm 2 \times 10^2$	10 ± 5	منفی	منفی
خورشیدی	$3 \times 10^3 \pm 10^3$	$500 \pm 2 \times 10^1$	50 ± 7	منفی	منفی
مايكروويبو	$67 \times 10^2 \pm 9 \times 10^2$	30 ± 2	20 ± 10	منفی	منفی
ستنتی	$54 \times 10^3 \pm 4 \times 10^3$	$85 \times 10^2 \pm 6 \times 10^2$	200 ± 30	منفی	منفی
استاندارد ملی	5×10^4	10^3	5×10^3	کپک و مخمر	

• بحث

تحقیق خود نشان داد که با افزایش دمای خشک کردن از ۲۰ به ۴۰ درجه سانتی گراد، میزان رنگ افزایش می‌یابد. این افزایش تقریباً با نوساناتی تا دمای 85°C قابل مشاهده است، اما از آن درجه به بالا سیر نزولی دارد(۱۲). بالا بودن میزان کروسین در روش‌های آون خلاء و خورشیدی با نتایج Basker همخوانی دارد.

در مورد روش مايكروويبو می‌توان کوتاه بودن زمان فرایند خشک کردن ($3/5$ دقیقه) را علت حفظ رنگ دانست. بالا بودن میزان کروسین در روش انجمادی در مقایسه با روش سنتی را می‌توان به پایین بودن میزان اکسیژن و دما در روش خشک کردن انجمادی در مقایسه با روش سنتی نسبت داد (۱۰، ۲۷).

اندازه‌گیری سافرانال با روش اسپکتروفوتومتری تفاوت معنی‌داری بین روش‌های مورد مطالعه نشان نداد. اما به نظر برخی محققان، روش اسپکتروفوتومتری، برای

این تحقیق نشان داد که میزان استحصال کلاله تازه (جدول ۱) نزدیک به متوسط اعلام شده استحصال کلاله تازه در ایران یعنی $47/39$ گرم در کیلوگرم گل زعفران است (۲۵).

از نظر ویژگی‌های شیمیایی شامل درصد رطوبت، خاکسترکل، خاکستر نامحلول در اسید، ازت تام و فیبرخام فقط عصاره محلول در آب سرد، پایین‌تر از حد استاندارد بود که به اقدامات اوایله در بهینه سازی روش آزمون باز می‌گردد. در سایر ویژگی‌ها با استاندارد ملی ایران مطابقت داشت (۲۶).

نتایج حاصل از اندازه‌گیری کروسین، سافرانال و پیکروکروسین با روش اسپکتروفوتومتری (جدول ۴) حکایت از آن دارد که روش خورشیدی، آون خلاء و مايكروويبو در مقایسه با روش سنتی، نتایج بهتری را به لحاظ کروسین نشان می‌دهند ($P < 0.05$). در

کاهش یافته است. از نظر شمارش کلی، نمونه‌های خشک شده انجامدی و سنتی هنوز با استاندارد مطابقت ندارد، ولی شمارش کلی سایر نمونه‌های خشک شده با استاندارد شمارش کلی زعفران (5×10^4 cfu/g) مطابقت دارد. در کلاله تازه، میزان کلیفرم‌ها مغایر استاندارد است، اما پس از خشک کردن بجز نمونه‌های خشک شده انجامدی و سنتی، آlodگی سایر روش‌ها به کمتر از حد استاندارد مربوطه (10^3 cfu/g) رسیده است. بالا بودن کلیفرم کلاله تازه را می‌توان به استفاده از کود حیوانی مربوط دانست. از نظر تعداد کپک و مخمر، پس از فرایند خشک کردن، همه نمونه‌های خشک شده با استاندارد (5×10^3 cfu/g) مطابقت داشتند. گرچه کلاله‌های تازه به اشريشياکلي آlodه بودند، اما پس از خشک کردن، اشريشياکلي منفی بود.

با توجه به نتایج حاصله، هر چهار روش مورد مطالعه در جایگاه والاتری نسبت به روش خشک کردن سنتی قرار دارند. ولی به طور کلی می‌توان روش خورشیدی را به عنوان یک روش مناسب خشک کردن زعفران بویژه برای مناطق روستایی معرفی کرد. این روش می‌تواند چند منظوره طراحی شود و در مواردی که آفتاب نیست و در سایر ساعت شبانه روز از انرژی الکتریکی یا باطری استفاده کرد.

روش‌های آون خلاء، مایکروبو و انجامدی نیز با مطالعات بیشتر در آینده می‌توانند دامنه روش‌های خشک کردن زعفران را توسعه بخشنند.

• References

- Lozano P, Castellar MR, Simancas MJ, Iborra JL. Quantitative high performance liquid chromatographic method to analyse of commercial saffron (*Crocus sativus* L.) products. *J Chromat*, 1999; 830:477-482.
- وزارت جهاد کشاورزی. آمار نامه کشاورزی سال زراعی ۱۳۸۱-۸۲. تهران: دفتر آمار و فناوری اطلاعات، ۱۳۸۳.
- گمرک جمهوری اسلامی ایران. سالنامه آمار بازرگانی خارجی-صادرات. تهران: دفتر آمار و خدمات ماشینی، ۱۳۸۱.
- وزارت جهاد کشاورزی. آمار نامه کشاورزی سال زراعی ۱۳۸۲-۸۳. تهران: دفتر آمار و فناوری اطلاعات، ۱۳۸۴.
- Orfanou Tsimidou نیز سال ۱۹۹۶ 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 ایزومر سیس کروسین مربوط می‌شود (۲۸). اندازه‌گیری سافرانال با روش HPLC (جدول ۵) نیز همچنین نتیجه را تأیید می‌کند.
- در مورد پایین بودن میزان سافرانال در روش سنتی می‌توان زمان طولانی خشک کردن (۷ روز) تحت تاثیر شرایط محیطی را ذکر کرد. در تایید این نتایج باید گفت که Alonso و همکاران نیز در سال ۲۰۰۱ در بررسی سافرانال نمونه‌های زعفران اسپانیا، ایران، هند و ایتالیا که از روش گازکروماتوگرافی و طیف سنجی استفاده شد، نتیجه‌گیری کردند که نمونه‌های ایرانی به دلیل نوع فرایند خشک کردن، پایین ترین میزان سافرانال را دارا هستند (۲۹).
- از نظر پیکروکروسین تفاوت معنی‌داری بین روش‌های مختلف خشک کردن مشاهده نمی‌شود ($P < 0.05$). با توجه به یافته‌های عاطفی و همکاران در سال ۱۳۸۲ به نظر می‌رسد که با مطالعه در زمینه تغییر شرایط خشک کردن انجامدی بتوان به نتایج بهتری در این روش دست یافت (۳۰).
- از نظر مقایسه ویژگیهای میکروبی نمونه‌های مورد مطالعه با استاندارد ملی ایران (۳۱)، پس از خشک نمودن، آlodگی‌های میکروبی به مقدار قابل ملاحظه‌ای
- وزارت جهاد کشاورزی. آمار نامه کشاورزی ۱۳۸۲. تهران: دفتر آمار و فناوری اطلاعات، ۱۳۸۴.
- Winterhalter P, Straubinger M. Saffron: Renewed interest in an ancient spice. *Food Rev. Int* 2000; 16(1): 35-59.
- حبيبي باقر، باقری عليضا. زعفران: زراعت، فرایند، ترکیبات شیمیایی و استانداردهای آن. مشهد: سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی مرکز خراسان، ۱۳۶۸ ص ۲۳.
- Carmona M, Zalacain A, Pardo JE, Lopez E, Alvarruiz A, Alonso GL. Influence of different drying and aging on saffron constituents; *J. Agric Food Chem* 2005; 53: 3974-3979

9. Negbi M. Saffron (*Crocus sativus L.*); Netherland; Harwood Academic Publishers; 1999:8, 45, 81, 92.
۱۰. عاطفی م، بررسی اثر خشک کردن انجامدی بر فاکتورهای کیفی زعفران [پایان‌نامه] تهران، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید بهشتی؛ ۱۳۷۸.
11. Raina B, Agarwal SG, Bhatia AK, Gaur GS. Changes in pigments and volatiles of saffron (*Crocus sativus L.*) during processing and storage; *J. Sci. Food Agric* 1996; 71:27-32.
12. Basker D, Palevich D, Putievsky E. Saffron the costiest spice: drying and quality and price; *Acta Horticulture* 1993; 344:86-97.
13. Sama JK, Raina BL, Bhatia AK. Design and development of saffron (*Crocus sativus L.*) processing equipment; *J. Food Sci Technology* 2000; 37 (4):357-362.
۱۴. استاندارد زعفران - روش‌های آزمون، شماره ۲۵۹-۲. کرج: موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۷۴.
۱۵. استاندارد روش تعیین خاکستر کل در ادویه و چاشنی، شماره ۱۱۹۷. کرج: موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۷۴.
۱۶. استاندارد خاکستر نامحلول در اسید برای ادویه و چاشنی، شماره ۱۲۵۳. کرج: موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۷۴.
۱۷. استاندارد اندازه گیری ازت کل در کنجاله روغنی، شماره ۱۵۲۲. کرج: موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۷۲.
۱۸. استاندارد روش اندازه گیری فیبر خام در چای، شماره ۲۳۹۴ کرج: موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۷۳.
۱۹. استاندارد روش اندازه گیری عصاره محلول در آب سرد ادویه و چاشنی، شماره ۱۶۱۹. کرج: موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۷۱.
20. Sujata U, Ravishankar GA, Venkataraman LV. Methods for the analysis of saffron metabolites crocin crocetins, picrocrocin and safranal for the determination of the quality of spice using thin-layer chromatography, high performance liquid chromatography and Gas chromatography; *Journal of Chromatography* 1992; 624: 497-502.
۲۱. استاندارد آماده نمودن نمونه‌های مواد غذایی و شمارش میکروارگانیسم‌های مختلف، شماره ۳۵۶. کرج: موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۷۵.
۲۲. استاندارد روش جستجو و شمارش کلی فرم‌ها در مواد غذایی، شماره ۴۳۷. کرج: موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۷۵.
۲۳. استاندارد روش جستجو و شناسایی کپک‌ها و مخمر‌ها در مواد غذایی، شماره ۹۹۷. کرج: موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۷۶.
۲۴. استاندارد روش جستجو و شمارش بیشترین تعداد احتمالی اشريشیاکلی در مواد غذایی، شماره ۲۹۴۶. کرج: موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۷۳.
۲۵. ملایفایی ع . خلاصه طرح بررسی اجزای گل زعفران . سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران، پارک علم و فناوری خراسان. ۱۳۷۳.
۲۶. استاندارد زعفران- ویژگی‌ها، شماره ۲۵۹-۱. کرج: موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۸۲.
27. Alonso GL, Varon R, Salinas MR. Auto – Oxidation of crocin and picrocrocin in saffron under different storage conditions; *Boll. Chim. Farmaceutico* 1993; 132: 116-120.
28. Orfanou O, Tsimidou M. Evaluation of the colouring strength of saffron spice by UV- Vis spectrometry; *Food Chem.* 1996; 57(3):463-469.
29. Alonso GL, Salinas MR, Sanchez- Fernandez MA, Garijo J. Safranal content in spanish saffron; *Food Science and Technology International* 2001; 7(3): 225-229.
۳۰. عاطفی م، اکبری اوغاز ع و همکاران. مقایسه اثرات روش‌های خشک کردن انجامدی، اسپانیایی، آون الکتریکی و سنتی بر ویژگیهای زعفران. سومین همایش ملی زعفران ایران، ۱۳۸۲.
۳۱. استاندارد ویژگیهای میکروبی و روش‌های آزمون، شماره ۵۶۸۹ . کرج: موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۸۰.