

تأثیر روش‌های مختلف خشک کردن بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی زعفران

زهرا آقائی^{۱*}، سید مهدی جعفری^۲، محمد قربانی^۳، خدایار همتی^۴

۱- دانشجوی دکتری مهندسی علوم و صنایع غذایی، پژوهشکده علوم و صنایع غذایی مشهد

۲- دانشیار گروه مهندسی مواد و طراحی صنایع غذایی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۳- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۴- دانشیار گروه باغبانی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

(تاریخ دریافت: ۹۳/۰۴/۰۵ تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۵/۰۵)

چکیده

زعفران از ادویه‌های گران‌قیمت جهان است که در صنایع مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد. مهم‌ترین فرآیند پس از برداشت زعفران، خشک‌کردن کلاله‌های آن می‌باشد. در این تحقیق، خشک‌کردن زعفران با استفاده از روش پرتوتابی و هوای داغ در سه دمای ۶۰، ۷۰ و ۸۰°C و همچنین خشک‌کردن در دمای محیط (۲۵°C) بررسی و تأثیر این روش‌ها بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و حسی زعفران مطالعه شد. داده‌های حاصل با استفاده از تجزیه واریانس و آزمون دانکن ($p < 0/05$) مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. در روش پرتوتابی، دو غشاء مایلار با ضخامت ۰/۲۰ و ۰/۳۰ میکرومتر و شیشه پیرکس با ضخامت ۳ میلی‌متر استفاده شد. براساس نتایج آماری، در ارتباط با کاهش زمان فرآیند خشک‌کردن، روش پرتوتابی با غشاء ۰/۲۰ میکرومتر و خشک‌کن هوای داغ به ترتیب با میانگین زمان خشک‌شدن ۲۵/۲۸ و ۲۲/۲۸ دقیقه، بهترین روش‌ها بودند. از نظر حفظ مواد مؤثره زعفران یعنی پیکروکروسین، سافرانال و کروسین، به ترتیب با میانگین $E 257nm 1\%$ ، $E 330nm 1\%$ و $E 440nm 1\%$ ، نیز روش استفاده از شیشه پیرکس نسبت به سایر روش‌ها بهتر بود. در ارزیابی حسی نیز زعفران خشک‌شده توسط روش پرتوتابی با غشاء ۰/۲۰ میکرومتر دارای کیفیت بهتری از نظر ارزیاب‌ها بود. در کل با توجه به نتایج به‌دست آمده، استفاده از خشک‌کن پرتوتاب با غشاء ۰/۲۰ میکرومتر و دمای ۷۰°C در حفظ کیفیت و کاهش زمان فرآیند، بهتر از سایر تیمارها بود.

کلیدواژه‌گان: زعفران، مواد مؤثره، خشک‌کردن، خشک‌کن پرتوتاب.

۱- مقدمه

زعفران کلاله‌های خشک و قرمز رنگ گل گیاه *Crocus sativus* L. می‌باشد. مواد مؤثره زعفران شامل کروسین (عامل رنگ قرمز مایل به زرد زعفران)، پیکروکروسین (عامل مزه تلخ زعفران) و سافرانال (عمده‌ترین ترکیب فرار زعفران) هستند [۱] و زعفران دارای خواص آرام بخشی، ضد توموری و ضد افسردگی می‌باشد [۳ و ۴]. بعد از برداشت زعفران، تیمار خشک-کردن جهت تبدیل کلاله‌ها به ادویه زعفران نیاز می‌باشد. در واقع خشک‌کردن سبب ایجاد تغییرات فیزیکی، شیمیایی و بیوشیمیایی لازم جهت دستیابی به ویژگی‌های مطلوب زعفران می‌شود، این فرآیند همچنین نقشی مهم در نگهداری زعفران دارد [۵]. فناوری ساخت خشک‌کن پرتوتابی^۱ در سال ۱۹۸۶ توسط ماگون^۲ برای خشک‌کردن محصولات حساس به حرارت پیشنهاد شد و با نام خشک‌کن پرتوتابی طراحی و ساخته شد. ویژگی این خشک-کن استفاده از دمای پایین (معمولاً کمتر از ۷۰°C) و زمان کم (معمولاً ۳ تا ۵ دقیقه) است که بستگی به ضخامت محصول خشک‌شده دارد. محصولاتی که به صورت پالپ، شربت و یا قطعات برش‌خورده میوه و سبزی هستند بر روی صفحات پلاستیکی که نسبت به امواج مادون قرمز نفوذپذیر هستند قرار داده می‌شوند؛ این صفحات پلاستیکی بر روی آب داغی که دمای آن ۹۵ تا ۹۷ درجه سانتی‌گراد است شناور بوده و گرمای حاصل از تبخیر آب به صورت امواج مادون قرمز با عبور از صفحات پلاستیکی باعث خشک‌شدن محصول می‌شود [۶]. آبل فادل و همکاران (۲۰۱۱) اثر روش خشک‌کردن پرتوتابی را بر روی کیفیت پودر گوجه‌فرنگی در مقایسه با سایر روش‌های خشک-کردن به وسیله انتقال گرما مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل کارایی بهتر و مدت زمان کمتر خشک‌کردن در روش پرتوتابی را نسبت به سایر روش‌ها نشان داد [۷]. عزیز و همکاران (۲۰۱۳) اثر روش خشک‌کردن پرتوتابی را بر روی کیفیت برگه کیوی در مقایسه با روش خشک‌کردن به وسیله آون مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که ویژگی‌های کیفی برگه کیوی خشک‌شده به روش پرتوتابی بهتر از روش آون است [۸]. عاطفی و همکاران

(۲۰۱۳)، تأثیر روش‌های خشک‌کردن انجمادی، تفت دادن، خشک‌کردن در آون الکتریکی و سایه را بر ویژگی‌های شیمیایی و حسی زعفران بررسی کردند. طبق نتایج حاصل از این تحقیق، نمونه‌های خشک‌شده انجمادی و سایه به ترتیب بیشترین و کمترین شدت رنگ‌دهی را داشتند. همچنین، نمونه خشک‌شده انجمادی و نمونه خشک‌شده در آون الکتریکی به ترتیب کمترین و بیشترین ($p < 0.05$) مقدار سافرانال را داشتند [۹]. در بررسی که توسط همتی کاخکی (۲۰۰۱) انجام شد، زعفران با چهار روش متفاوت، شامل دو روش سنتی (روش سنتی ایران، روش اسپانیایی) و دو روش صنعتی (استفاده از خشک‌کن تحت خلاء و خشک‌کن کابینتی با فشار اتمسفر) خشک‌شد. نتایج این تحقیق نشان داد که در خشکانیدن زعفران با استفاده از خشک‌کن کابینتی با فشار اتمسفر، کلیه صفات مورد بررسی (رنگ، طعم، عطر) بهتر حفظ گردیده است و روش اسپانیایی، خشک‌کن تحت خلاء و روش سنتی ایران از نظر حفظ این ویژگی‌ها به ترتیب در مراتب بعدی قرار داشته‌اند [۱۰].

با توجه به مطالب ذکرشده در بالا و اهمیت خشک‌کردن این محصول با ارزش، هدف اصلی این مطالعه تعیین و آزمایش مناسب‌ترین خشک‌کن و دمای خشک‌کردن برای بدست آوردن زعفرانی با کیفیت بالا و در نتیجه یافتن جایگزینی مناسب برای خشک‌کردن سنتی زعفران توسط کارخانه‌ها و تولیدکنندگان زعفران در کشور می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- زعفران

۸ کیلوگرم گل کاملاً رسیده زعفران از مزرعه‌ای در شهرستان کاشمر (واقع در استان خراسان رضوی) در آبان ماه سال ۱۳۹۲ جمع‌آوری شد. گل‌ها تا قبل از تیمار در شرایط سرد (۴°C) نگهداری و سپس کلاله‌ها برای آزمایش در دمای محیط (۲۵°C) از گل‌ها جدا شدند. مقدار رطوبت اولیه کلاله‌ها به‌طور میانگین ۸۱/۳ درصد (بر اساس وزن خشک) بود.

1. Refractance Window drying
2. Magoon

قابلیت بازجذب مجدد آب، میزان عصاره محلول در آب سرد، قابلیت پودرشدن، رنگ و ویژگی‌های حسی) اندازه‌گیری شدند.

۲-۳-۲-۳- آزموها

۲-۳-۱- رطوبت

اساس روش عبارت است از خشک‌کردن نمونه در گرمخانه $103 \pm 2^\circ\text{C}$ در مدت یک ساعت [۱۱].

۲-۳-۲- عصاره محلول در آب سرد

برای اندازه‌گیری مقدار عصاره محلول در آب سرد ۲ گرم زعفران رشته‌ای را به بالن حجمی ۱۰۰ میلی‌لیتری منتقل کرده، سپس آن را به مدت ۲۲ ساعت در محلی دور از نور قرار دادیم، سپس مخلوط را صاف کرده و محلول زیر صافی را به پلیت منتقل کرده و پلیت را روی حمام بخار قرار دادیم و پس از تبخیر محتوای آب آن، عصاره باقیمانده را وزن کردیم [۱۲].

۲-۳-۳- مواد مؤثره زعفران

برای اندازه‌گیری مواد مؤثره زعفران از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل WPA S2000 UV/Vis ساخت انگلستان استفاده شد. اساس روش بر مبنای ثبت تغییرات چگالی نوری عصاره آبی زعفران در طول موج حدود ۲۵۷ نانومتر (λ_{max} پیکروکروسین)، ۳۳۰ نانومتر (λ_{max} سافرانال) و ۴۴۰ نانومتر (λ_{max} کروسین) می‌باشد [۱۳].

۲-۳-۴- قابلیت جذب مجدد آب

برای تعیین قابلیت جذب مجدد آب زعفران، ۲ گرم از هر نمونه وزن شده و در مقدار ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر غوطه‌ور و پس از ۱۰ دقیقه نمونه از محلول خارج و بعد از آب‌چک شدن توزین شد [۱۴].

۲-۳-۵- قابلیت پودر شدن

۴ گرم زعفران رشته‌ای خشک شده را به مدت یک دقیقه توسط دستگاه آسیاب خرد کرده و سپس از الک با شماره مش ۴۰ عبور داده و زعفران باقیمانده روی الک وزن شد [۱۳].

۲-۳-۶- رنگ

جهت بررسی رنگ کلیه‌ی نمونه‌های زعفران، از سیستم پردازش تصویر مشابه هانتربل استفاده شد که اساس آن استفاده از زمینه سیاه‌رنگ و نوردهی غیرمستقیم بود. برای سنجش رنگ نمونه‌ها، نرم‌افزار کامپیوتری ImageJ/FIJI 1.46 مورد استفاده قرار-

۲-۲- فرآیند خشک کردن زعفران

اجزای اصلی تشکیل‌دهنده یک خشک‌کن پرتوتاب در قالب آزمایشگاهی عبارتند از گرمکن، ترموکوپل، محفظه آب عایق‌کاری شده و تسمه یا غشای پلاستیکی (که در صنعت، غشای مایلار نامیده می‌شود) که بتواند امواج مادون قرمز را عبور دهد (شکل ۱).

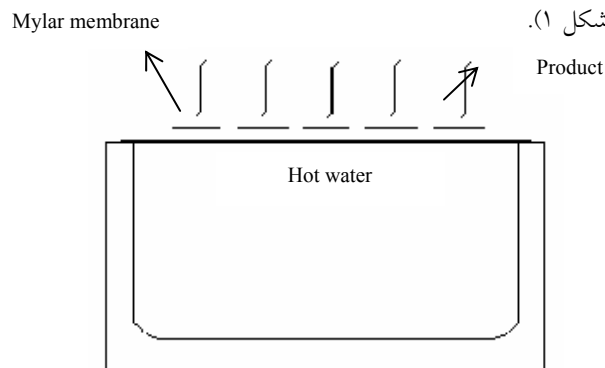


Fig1 Schematic of Refractance Window Dryer

در تحقیق حاضر به منظور شبیه‌سازی خشک‌کن پرتوتاب از بن-ماری مدل Memmert WNB 22 ساخت کشور آلمان استفاده شد. غشاء به کار رفته در این تحقیق از جنس پلی‌استر بود که توانایی عبور امواج مادون قرمز حاصل از بخار آب را داشت. فرآیند خشک‌کردن توسط روش‌های پرتوتابی، استفاده از هوای داغ و خشک‌کردن در دمای اتاق انجام گرفت، که در مورد روش پرتوتابی از دو غشای مایلار با قطر ۰/۲۰ و ۰/۳۰ میکرومتر و همچنین شیشه پیرکس با ضخامت ۳ میلی‌متر، به عنوان غشایی که توانایی عبور پرتو مادون قرمز حاصل از بخار آب را ندارد، استفاده شد. سطوح دمایی به کار گرفته شده در این آزمایش برای هر دو روش پرتوتابی و آون ۶۰، ۷۰ و 80°C بود. در این آزمایش از آون مدل BINDER ساخت کشور آلمان استفاده شد. در کلیه‌ی روش‌های مورد بررسی، کلاله‌های زعفران تا رسیدن به رطوبت ثابت حدود ۲۰ درصد (بر اساس وزن خشک) خشک شدند و این نقطه پایانی از طریق اختلاف وزن تشخیص داده شد. در هر آزمایش، ۵ گرم نمونه (کلاله تازه) استفاده شد. کلاله‌ها به صورت یکنواخت در یک لایه نازک با ارتفاع حدود ۰/۵ میلی‌متر پخش شدند. پس از خشک‌کردن کلاله‌های زعفران، فاکتورهای مورد نظر (زمان خشک‌کردن، میزان مواد مؤثره زعفران،

۳- نتایج و بحث

۳-۱- تأثیر نوع و دمای خشک‌کن بر زمان فرآیند

خشک‌کردن

طبق نتایج حاصل از این تحقیق، مشخص شد که نوع خشک‌کن و دمای به‌کار برده شده و همچنین اثر متقابل این دو تیمار، روی زمان فرآیند خشک‌کردن اثر معنی‌دار ($p < 0.05$) دارند (جدول ۱). الف)، در این میان، خشک‌کن هوای داغ و روش پرتوتابی با غشاء ۰/۲۰ میکرومتر به‌ترتیب با میانگین ۲۲/۲۸ و ۲۵/۲۸ دقیقه، کمترین زمان خشک‌کردن را داشتند؛ دلیل زمان کمتر توسط آون، پخش یکنواخت هوای داغ در کل محفظه آون می‌باشد، همچنین دلیل زمان کمتر خشک‌شدن توسط غشاء ۰/۲۰ میکرومتر، ضخامت کمتر آن نسبت به غشاء ۰/۳۰ میکرومتر و لذا عبور بهتر پرتو مادون قرمز حاصل از بخار آب می‌باشد.

گرفت و پارامترهای L (روشنایی رنگ)، a (قرمزی-سبزی) و b (زردی-آبی رنگ) تعیین شدند [۱۵].

۷-۳-۲- ارزیابی حسی

ترجیح ویژگی‌های رنگ، بو، بافت و پذیرش کلی به‌روش رتبه-بندی (۱ تا ۵، ۱ بهترین ترجیح) انجام شد. برای ارزیابی حسی، نمونه‌های خشک شده به میزان ۲ گرم در ظروف شیشه‌ای شفاف درب‌دار در سینی‌های پلاستیکی سفید رنگ و در نور طبیعی به ارزیاب‌ها ارائه شدند. تعداد ارزیاب‌ها در آزمون حسی ۱۰ نفر بود که نمونه‌ها به‌صورت تصادفی، پس از کدگذاری با اعداد تصادفی سه رقمی به آن‌ها ارائه شدند [۹].

۴-۲- طرح آماری

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد و با استفاده از نرم‌افزار SAS 9، تأثیر هر دو تیمار نوع خشک‌کن و دما بر فاکتورهای ذکر شده بررسی و مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن با سطح احتمال ۰/۰۵ انجام شد.

Table (1-a) Analysis of variance for dryer type and temperature effects on drying time, moisture, water soluble extract, Picrocrocin, safranal, crocin, powder ability and water reabsorption ability in the saffron dried stigma.

Source of variation	df	Mean square							
		Drying time	Moisture	Extract	Picrocrocin	Safranal	Crocin	Powder ability	Water reabsorption
Dryer type	3	1876.25**	2.90**	27.55**	2056.75**	491.34**	5755.44**	338.80**	0.39**
Temperature	2	2976.05**	0.37 ^{ns}	262.10**	82.98 ^{ns}	49.79 ^{ns}	2713.93**	120.65**	0.80**
Dryer type × Temperature	6	392.02**	0.43 ^{ns}	15.79**	275.66**	154.65**	4749.48**	164.57**	0.56**
Error	26	14.79	0.25	0.01	29.03	18.72	33.59	5.74	0.002
CV (%)		5.62	18.76	0.25	5.85	10.43	2.44	5.04	1.26

ns, * and ** indicate non-significant, significant at 95% and significant at 99% confidence level, respectively.

Table (1-b) Analysis of variance for dryer type and temperature effects on colorimetric parameters (L*, a*, b*) and sensory properties of saffron dried stigma.

Source of variation	df	Mean square						
		L*	a*	b*	Color	Smell	Texture	General acceptance
Dryer type	3	9.02**	83.78**	24.22**	2.16**	1.98**	2.90**	2.68**
Temperature	2	4.93**	11.02**	0.56**	0.58**	0.67**	0.89**	0.50**
Dryer type × Temperature	6	11.01**	4.64**	5.50**	0.44**	0.76**	0.56**	0.27**
Error	26	0.09	0.22	0.05	0.01	0.005	0.01	0.01
CV (%)		0.62	0.91	0.74	3.14	2.30	3.52	2.39

ns, * and ** indicate non-significant, significant at 95% and significant at 99% confidence level, respectively.

۳-۳- تأثیر نوع و دمای خشک‌کن بر عصاره محلول در آب سرد زعفران خشک‌شده

تیمارهای نوع خشک‌کن و دما بر میزان عصاره محلول در آب سرد دارای اثر معنی‌دار ($p < 0.05$) بودند (جدول ۱. الف). در روش پرتوتابی توسط غشاء ۰/۲۰ میکرومتر با میانگین ۴۸/۱۷ گرم و دمای ۷۰°C با میانگین ۵۰/۹۹ گرم، بیشترین میزان عصاره از زعفران به‌دست آمد (جدول ۲). در روش خشک‌کردن توسط آون به نظرمی‌رسد که یکسری از ترکیبات زعفران از بین رفته و لذا میزان عصاره محلول در آب سرد کم شده است. کم شدن میزان عصاره حاصل از نمونه‌های خشک‌شده با روش سنتی، شیشه پیرکس و پرتوتابی با غشاء ۰/۳۰ میکرومتر، احتمالاً به‌علت طولانی بودن زمان خشک‌شدن نمونه‌ها باشد.

شیشه پیرکس از طریق انتقال انرژی گرمایی سبب خشک‌شدن زعفران شد و همچنین دارای ضخامت بیشتری بود، از این‌رو نسبت به غشاء مایلاز در زمان طولانی‌تری خشک‌شدن نمونه‌ها صورت پذیرفت. همچنین با افزایش دما، زمان خشک‌شدن نیز کاهش یافت و دمای ۸۰°C کمترین زمان خشک‌کردن را به همراه داشت (جدول ۲).

۳-۲- تأثیر نوع و دمای خشک‌کن بر رطوبت زعفران خشک‌شده

در این آزمایش خشک‌کردن نمونه‌های زعفران تا رطوبت نهایی حدود ۳ درصد، بر مبنای وزن تر، در نظر گرفته شد. نوع خشک‌کن، بر میزان رطوبت اثر معنی‌دار داشت ($p < 0.05$) ولی دماهای مختلف روی میزان رطوبت اثر معنی‌دار نداشتند (جدول ۱. الف).

Table 2 Mean comparison of dryer type and temperature effects on drying time, moisture, water soluble extract, powder ability and water reabsorption ability in the saffron dried stigma.

Treatment	Mean				
	Drying time (min)	Moisture	Extract	Powder ability	Water reabsorption
Dryer					
Traditional	480 ^a	3.77 ^a	45.47 ^c	37.33 ^d	3.68 ^e
0.20µm Membrane	25.28 ^d	3.08 ^b	48.17 ^a	46.44 ^b	3.83 ^b
0.30µm Membrane	34.94 ^c	2.99 ^b	44.94 ^d	46.14 ^b	3.67 ^c
Pirex	54.28 ^b	2.48 ^b	44.11 ^e	43.48 ^c	3.64 ^c
Oven	22.28 ^d	1.84 ^c	45.63 ^b	57.33 ^a	4.10 ^a
Temperature (°C)					
25	480 ^a	3.77 ^a	45.47 ^b	37.33 ^c	3.68 ^e
60	50.87 ^b	2.78 ^b	42.10 ^d	46.27 ^b	3.54 ^d
70	32.12 ^c	2.43 ^b	50.99 ^a	46.77 ^b	4.06 ^a
80	19.58 ^d	2.57 ^b	44.05 ^c	52.00 ^a	3.83 ^b

*Means in the same column with different superscripts differ significantly ($p \leq 0.05$) according to Duncan test.

و در نتیجه قابلیت پودر شدن بیشتر شده که البته قابلیت پودر شدن کمتر از این مقدار مناسب‌تر به نظر می‌رسد.

۳-۹- تأثیر نوع و دمای خشک‌کن بر قابلیت جذب مجدد آب در زعفران خشک‌شده

هر دو تیمار به کار رفته و اثرات متقابل آن‌ها روی قابلیت جذب مجدد آب توسط زعفران، تأثیر معنی‌دار ($p < 0.05$) داشتند (جدول ۱. الف). در این میان نمونه‌های خشک‌شده در هوای داغ با میانگین ۴/۱۰، روش پرتوتابی با استفاده از غشاء ۰/۲۰ میکرومتر با میانگین ۳/۸۳ و دمای ۷۰°C با میانگین ۴/۰۶

۳-۷- تأثیر نوع و دمای خشک‌کن بر قابلیت پودر شدن زعفران خشک شده

بر اساس نتایج بدست آمده، نوع خشک‌کن و دما و همچنین اثر متقابل این دو تیمار بر فاکتور قابلیت پودر شدن زعفران اثر معنی‌دار ($p < 0.05$) داشته (جدول ۱. الف) و در این میان زعفران خشک شده توسط آون با میانگین ۵۷/۳۳ درصد و دمای ۸۰°C با میانگین ۵۲ درصد بیشترین قابلیت پودر شدن را داشتند. در ارتباط با این فاکتور چنین به نظر می‌رسد که در آون و همچنین با افزایش دمای خشک‌کردن، بافت زعفران بسیار شکننده می‌شود

۴۸/۶۲ و همچنین در دمای ۸۰°C با میانگین ۴۸/۶۸ بود. بیشترین مقدار *a* (قرمزی) برای روش خشک‌کردن سنتی و خشک‌کردن پرتوتابی با غشاء ۰/۲۰ میکرومتر به ترتیب با میانگین ۵۴/۲۹ و ۵۴/۰۳ بود (جدول ۳). از نظر کلیه‌ی ارزیاب‌ها نیز نمونه‌های خشک‌شده توسط روش پرتوتابی با غشاء ۰/۲۰ میکرومتر دارای رنگ بهتری بودند.

۱۰-۳- تأثیر نوع و دمای خشک‌کن بر ویژگی-

های حسی زعفران خشک‌شده

دو تیمار به کار رفته و اثرات متقابل آن‌ها بر ویژگی‌های حسی اثر معنی‌دار ($p < 0.05$) داشتند (جدول ۱. ب). در تیمار نوع خشک‌کن، بهترین کیفیت از نظر ارزیاب‌ها، مربوط به خشک‌کن پرتوتاب با غشاء ۰/۲۰ میکرومتر و در تیمار دما، بهترین دما ۶۰°C بود (جدول ۳).

بیشترین قابلیت جذب مجدد آب را داشتند (جدول ۲). در روش خشک‌کردن توسط آون به این دلیل که بافت نمونه‌ها بسیار شکننده می‌شود، قابلیت جذب مجدد آب در آن‌ها نیز زیاد می‌شود؛ در روش خشک‌کردن پرتوتابی با استفاده از غشاء ۰/۲۰ میکرومتر نیز به دلیل حفظ بهتر بافت، میزان جذب مجدد آب نمونه‌های خشک‌شده از بقیه تیمارها بالاتر و از تیمار خشک‌کردن توسط آون کمتر می‌باشد.

۸-۳- تأثیر نوع و دمای خشک‌کن بر رنگ

زعفران خشک‌شده

دو تیمار نوع خشک‌کن و دما و اثرات متقابل آن‌ها بر سه فاکتور *L*، *a* و *b* رنگ اثر معنی‌دار ($p < 0.05$) داشتند (جدول ۱. ب). بیشترین میزان *L* (روشنایی رنگ) برای نمونه خشک‌شده با استفاده از شیشه پیرکس و آون، به ترتیب با میانگین ۴۸/۶۷ و

Table 3 Mean comparison of dryer type and temperature effects on colorimetric parameters (*L**, *a**, *b**) and sensory properties of saffron dried stigma.

Treatment	Mean						
	<i>L</i> *	<i>a</i> *	<i>b</i> *	Color	Smell	Texture	General acceptance
Dryer							
Traditional	47.26 ^c	54.03 ^a	31.08 ^b	2.73 ^c	3.60 ^a	2.87 ^c	3.47 ^a
0.20µm	47.93 ^b	54.29 ^a	30.49 ^c	2.04 ^d	2.32 ^c	2.30 ^d	2.27 ^d
Membrane							
0.30µm	46.52 ^d	47.38 ^c	27.69 ^c	3.22 ^a	3.47 ^b	3.20 ^b	3.42 ^{ab}
Membrane							
Pirex	48.62 ^a	52.72 ^b	31.58 ^a	2.70 ^c	2.97 ^c	3.11 ^b	2.78 ^c
Oven	48.67 ^a	52.96 ^b	30.17 ^d	2.83 ^b	2.87 ^d	3.67 ^a	3.37 ^b
Temperature (°C)							
25	47.26 ^b	54.03 ^a	31.08 ^a	2.73 ^b	3.60 ^a	2.87 ^b	3.47 ^a
60	47.59 ^b	52.84 ^b	29.77 ^c	2.45 ^c	2.63 ^c	2.90 ^b	2.75 ^d
70	47.54 ^b	51.75 ^c	30.21 ^b	2.86 ^a	3.03 ^b	2.92 ^b	2.97 ^c
80	48.68 ^a	50.92 ^d	29.97 ^b	2.79 ^{ab}	3.05 ^b	3.38 ^a	3.16 ^b

*Means in the same column with different superscripts differ significantly ($p \leq 0.05$) according to Duncan test.

پیکروکروسین در خشک‌کردن با استفاده از شیشه پیرکس، با میانگین $E_{257nm} 1\% 112/83$ و در دمای ۸۰°C با میانگین $E_{257nm} 1\% 95/40$ بدست آمد. کمترین پیکروکروسین مربوط به روش خشک‌کردن توسط آون و پرتوتابی با استفاده از غشاء ۰/۳۰ میکرومتر بود. از نظر دمایی نیز تیمارها اختلاف چندانی نداشتند.

۴-۳- تأثیر نوع و دمای خشک‌کن بر مواد مؤثره

زعفران

۴-۳-۱- پیکروکروسین

طبق جدول ۱. الف، نوع خشک‌کن و اثرات متقابل خشک‌کن و دما بر پیکروکروسین اثر معنی‌دار داشتند ($p < 0.05$) و بیشترین

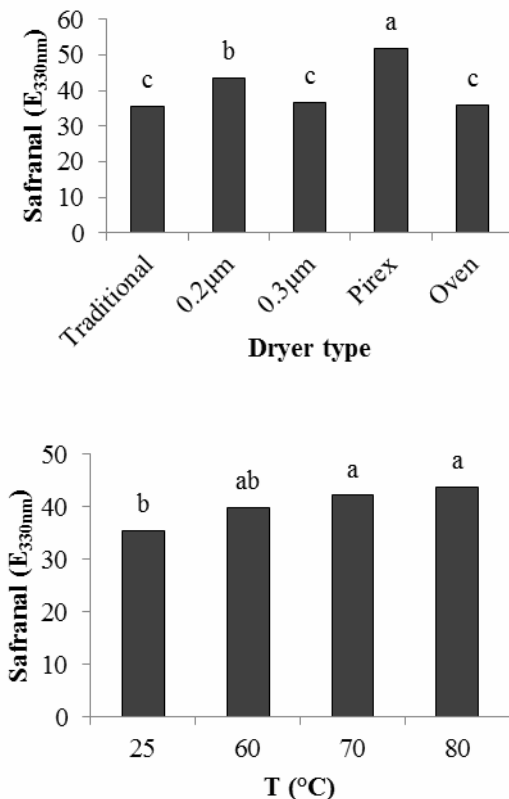


Fig 3 Changes of Safranal levels versus dryer type and temperature.

۴-۳-۳- کروسین

نوع خشک‌کن، دما و اثرات متقابل خشک‌کن و دما بر کروسین اثر معنی‌دار ($p < 0.05$) داشتند (جدول ۱. الف) و بیشترین کروسین در خشک‌کردن توسط شیشه پیرکس با میانگین E_{440nm} ۱% ۲۷۴/۷۶ و دمای $70^{\circ}C$ با میانگین E_{440nm} ۱% ۲۵۱/۳۴ به‌دست آمد. کمترین کروسین نیز مربوط به خشک کردن توسط آون و دمای $60^{\circ}C$ بود. این در حالی است که سایر محققان، کاهش بارز رنگدانه‌های زعفران در روش خشک کردن در سایه را گزارش کرده‌اند و علت آن را طولانی بودن زمان خشک شدن در این روش و در نتیجه ادامه یافتن واکنش‌های تجزیه‌ای رنگدانه‌ها ذکر کرده‌اند [۹، ۱۰، ۱۸ و ۱۹]؛ البته شایان ذکر است که شرایط دمایی به‌کار برده شده توسط این محققان متفاوت بوده است.

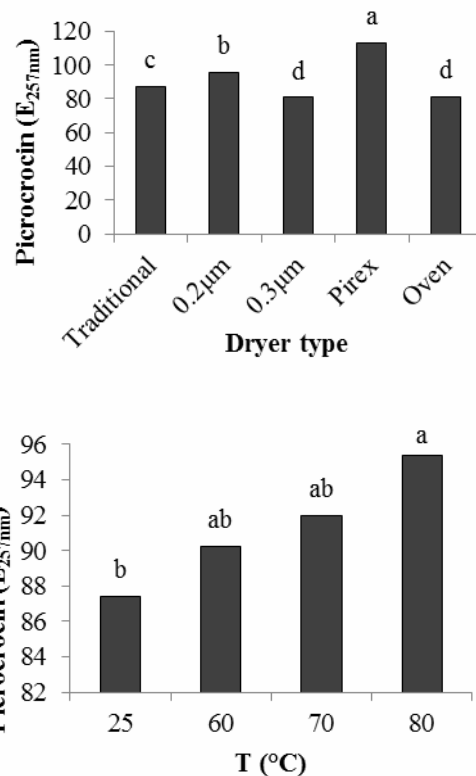


Fig 2 Changes of Picrocrocin levels versus dryer type and temperature.

۴-۳-۲- سافرانال

با توجه به جدول ۱. الف، نوع خشک‌کن و اثرات متقابل خشک‌کن و دما بر سافرانال تأثیر معنی‌دار داشتند ($p < 0.05$) و بیشترین سافرانال در خشک‌کردن با استفاده از شیشه پیرکس با میانگین E_{330nm} ۱% ۵۱/۷۹ و در دمای $80^{\circ}C$ با میانگین E_{330nm} ۱% ۴۳/۸۷ به‌دست آمد. علت بیشتر بودن سافرانال در دمای بالاتر به علت کوتاه بودن زمان فرآیند خشک کردن می‌باشد. کمترین سافرانال مربوط به خشک کردن توسط روش سنتی و آون و دمای $25^{\circ}C$ بود که احتمالاً علت آن زیاد بودن زمان خشک‌کردن در روش سنتی و دماهای ذکر شده می‌باشد. در زعفران تازه مقدار سافرانال بسیار ناچیز است و این ترکیب عمدتاً در اثر فعالیت آنزیمی (بتا-گلوکوزیداز) و حرارت از طریق تجزیه پیکروکروسین به ۴-بتا‌هیدروکسی سیکلوسیترال و آگیری بعدی از این ترکیب ایجاد می‌شود [۱۶ و ۱۷]؛ احتمالاً روش خشک کردن توسط شیشه پیرکس تأثیر بیشتری روی تجزیه پیکروکروسین و تولید سافرانال داشته است.

۷۰°C مناسب‌ترین روش بود. در این میان پیشنهاد می‌شود تا مطالعات بیشتر برای ارزیابی کیفیت زعفران خشک شده تولیدی با روش پرتوتابی صورت پذیرد.

۵- منابع

- [1] Melnyk, J.P., Wang, S., and Marcone, M.F. 2010. Chemical and biological properties of the world's most expensive spice: Saffron. *Food Research International Journal*. 43:8.1981-1989.
- [2] Serrano-Díaz, J., Sánchez, A.M., Maggi, L., Carmona, M., and Alonso, G.L. 2011. Synergic effect of water-soluble components on the coloring strength of saffron spice. *Journal of Food Composition and Analysis*. 24:6.873-879.
- [3] Noorbala, A.A., Akhondzadeh, S., Tahmacebi-Pour, N., and Jamshidi, A.H. 2005. Hydro-alcoholic extract of *Crocus sativus* L. versus fluoxetine in the treatment of mild to moderate depression: a double-blind, randomized pilot trial. *Journal of Ethno pharmacology*. 97:281-4.
- [4] Escribano, J., Alonso, G.L., Coca-Prados, M., and Fernandez, J.A. 1996. Crocin, safranal and picrocrocin from saffron (*Crocus sativus* L.) inhibit the growth of human cancer cells in vitro. *Cancer Lett*. 100:23-30.
- [5] Carmona, M., Zalacain, A., Pardo, J.E., Lopez, E., Alvarruiz, A., and Alonso, G.L. 2005. Influence of different drying and aging conditions on saffron constituents. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 53:3974-3979.
- [6] Nindo, C.I., and Tang, J. 2007. Refractance window dehydration technology: a novel contact drying method. *Journal of Drying Technology*. 25:37-48.
- [7] Abul-Fadl, M.M., and Ghanem, T.H. 2011. Effect of refractance-Window (RW) drying Method on Quality Criteria of Produced Tomato Powder as Compared to Convection Drying Method. *World Applied Sciences Journal*. 15:7. 953-963.
- [8] Azizi, D., Jafari, S.M., and Mirzaie, H. 2013. Modeling and optimization of qualitative properties of dried kiwi slice with refractance window drying and comparison with oven drying method. MSc. Thesis, Department of

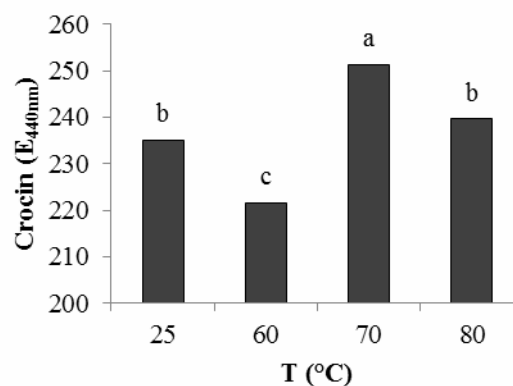
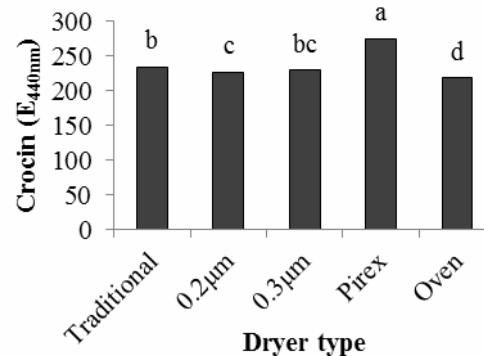


Fig 4 Changes of Crocin levels versus dryer type and temperature.

۶- نتیجه‌گیری

در این مطالعه، تأثیر نوع خشک‌کن و دمای خشک کردن روی فاکتورهای مختلف فیزیکی، شیمیایی و حسی زعفران جهت طراحی خشک‌کنی مناسب برای این محصول با ارزش بررسی شد. هدف دیگر این تحقیق معرفی روش پرتوتابی به عنوان روشی جدید، ساده و اقتصادی برای خشک‌کردن محصولات در دمای پایین بود. طبق نتایج حاصل از این تحقیق، روش پرتوتابی مناسب‌تر از روش خشک کردن توسط آون و خشک‌کردن در دمای محیط می‌باشد. بهترین تیمارها از نظر ترکیبات مؤثره، خشک‌کردن با استفاده از شیشه پیرکس و غشاء ۰/۲۰ میکرومتر و دمای ۸۰°C بودند. از نظر ویژگی‌های حسی نیز زعفران خشک شده در روش پرتوتابی با غشاء ۰/۲۰ میکرومتر و دمای ۶۰°C بهترین کیفیت را از نظر ارزیاب‌ها داشت و از نظر ویژگی‌های کلی نیز خشک کردن با استفاده از غشاء ۰/۲۰ میکرومتر و دمای

- [15] Gheiasi, H., Jebraiely, Sh., Jafari, S.M., and Maghsoudlou, Y. 2013. Design and optimization of food colorimetric system software. *Iranian Food Science and technology Research Journal*. 9:4.314-322.
- [16] Iborra, J., Castellar, M., Cánovas, M., and Manjón, A. 1992. Picrocrocin hydrolysis by immobilized β -glucosidase. *Biotechnology Lett*. 14:6.475-480.
- [17] Iborra, J., Castellar, M., Cánovas, M., and Manjón, A. 1993. Analysis of a packed-bed reactor for hydrolysis of picrocrocin by immobilized β -glucosidase. *Enzyme Microbial Technology*. 15:9.780-4.
- [18] Raina, B.L., Agarwal, S.G., Bhatia, A.K., Gaur, G.S. 1996. Changes in Pigments and Volatiles of Saffron (*Crocus sativus*L) During Processing and Storage. *Journal of Science Food Agricultural*. 71:1.27-32.
- [19] Mazloumi, M., Taslimi, A., Jamshidie, E., Atefi, M., Hajisjn Phanoud, K., and et al. 2007. Comparison of the effects of vacuum oven-, Freeze-, solar-, and microwavedrying with traditional drying method on qualitative characteristics of Ghaen saffron. *Iran Journal of Nutrition Science Food Technology*. 2:1.69-76[in Persian].
- Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural and natural resources.
- [9] Atefi, M., Akbari Oghaz, A.R., and Mehri, A. 2013. Drying effects on chemical and sensorial characteristics of saffron. *Iranian Journal of Nutrition Science and Food Technology*. 8:3. 201- 208.
- [10] Hemmatik KA, A. 2001. Effects of drying methods on quality of saffron (*Crocus Sativus* L.). *Pajouhesh Va_Sazandegi*. 14:51.25-31.
- [11] Iran National Standard. 1974. Spices and condiments determination of moisture, ISIRI NUMBER: 1196. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. 1st. Edition.
- [12] Iran National Standard. 2009. Spices and condiments saffron- determination of cold water soluble extract, ISIRI NUMBER: 12185. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. 1st. Edition.
- [13] Iran National Standard. 2012. Saffron- Test methods, ISIRI NUMBER: 259-2. Iranian National Standardization Organization. 5st. Revision.
- [14] Iran National Standard. 1996. Determination of moisture in dried fruit, ISIRI NUMBER: 672. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. 5st. Edition.

Effects of different drying methods on the physicochemical and sensory properties of saffron

Aghaei, A.^{1*}, Jafari, S. M.², Ghorbani, M.³, Hemmati, Kh.⁴

1. Ph. D Student of Food science and technology, Department of Nanotechnology, Research institute of food science and technology, Mashhad, IRAN.
2. Associate professor, Department of Food Materials and Process Design Engineering, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, IRAN.
3. Associate professor, Department of Food Science and Technology, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, IRAN.
4. Associate professor, Department of Horticulture University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, IRAN.

(Received: 2014/07/26 Accepted: 2014/08/27)

Saffron is an expensive spice in the world which is used in different industries. The most important post-harvest process of saffron is drying of its stigma. Therefore, in this study, the effect of Refractance Window drying (RWD), hot air drying of saffron in three temperatures (60, 70 and 80°C), and drying in room temperature (25°C) on physicochemical and sensory properties of saffron were investigated. Data were analyzed by ANOVA and Duncan test ($p < 0.05$). In the RWD method, two Mylar membranes with thickness of 0.20 and 0.30 micrometer and a pyrex glass with thickness of 3 mm were used. Based on the statistical results and regarding process time reduction, Refractance Window drying method by mylar membrane with a thickness of 0.20 μm and hot air drying method did not have a significant difference ($p < 0.05$), and with mean drying time of 25.28 and 22.28 min, respectively, were the best methods. In terms of bioactive components, namely picrocrocin, safranal and crocin, with an average content of $112.83 \text{ }^1\% \text{ E}_{257\text{nm}}$, $51.79 \text{ }^1\% \text{ E}_{330\text{nm}}$ and $274.76 \text{ }^1\% \text{ E}_{440\text{nm}}$, respectively, drying with pyrex glass was better than other methods. Saffron dried with RWD by means of mylar membrane with a thickness of 0.20 μm , with a mean of 48.17 mass percentage for cold water-soluble extract had the highest value. In the sensory evaluation, dried saffron with RWD by means of mylar membrane with a thickness of 0.20 μm had the better quality assessed by the test panels.

Key words: Saffron, Bioactive components, Drying, Refractance Window dryer.

* Corresponding Author E-Mail Address: zahraaghaie2@gmail.com