

مقایسه اثرات فرآیندهای خشک کردن خورشیدی و خلاء با روش سنتی بر ویژگیهای زعفران

اقدس تسلیمی^{۱*}، محمدتقی مظلومی^۲، اسماعیل جمشیدی^۳

- ۱- عضو هیأت علمی دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی - درمانی شهید بهشتی
۲- دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی - درمانی شهید بهشتی
۳- عضو هیأت علمی دانشکده مهندسی شیمی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

چکیده

زعفران یکی از مهمترین محصولات کشاورزی و از اقلام صادراتی در کشور و گرانترین ادویه دنیا است. تولید سالانه این محصول در دنیا در حدود ۱۸۰ تن و تولید آن در ایران ۱۳۰ تن می باشد. با توجه به اینکه زعفران تولید شده در ایران در شرایط کنترل نشده خشک می شود، از کیفیت مطلوب برخوردار نیست. تحقیق حاضر با هدف بررسی اثرات فرآیندهای خشک کردن خورشیدی و آون خلاء بر ویژگیهای کیفی محصول مزبور انجام گرفته و آن را با خشک کردن سنتی مقایسه می نماید. به این منظور نمونه ها از منطقه کشت زعفران قائن (مزرعه انتخابی) به صورت تصادفی برداشت و گلهای کلاله گیری شده و کلاله های تازه مورد آزمایشهای شیمیایی قرار گرفتند و سپس به روشهای آون خلاء و خورشیدی خشک شدند، نمونه های خشک شده با نمونه های خشک شده به روش سنتی به لحاظ ویژگیهای شیمیایی میکروبی و حسی مورد مطالعه و مقایسه قرار گرفتند. نتایج آزمایشها شیمیایی نشان دادند که به لحاظ کروسین (عامل رنگ) نمونه های خشک شده به روش خورشیدی و آون خلاء وضعیت مطلوبتر نسبت به روش سنتی داشتند. و به لحاظ عطر (سافرانال) اندازه گیری به روش کروماتوگرافی با کارایی بالا (HPLC) تفاوت معناداری بین نمونه های سه روش مشاهده نگردید. در ارزیابی حسی رنگ، نمونه های خشک شده خورشیدی و آون خلاء نسبت به روش سنتی در وضعیت بهتری قرار داشتند. و بین نمونه های خشک شده خورشیدی و سنتی تفاوت معنادار بود. ($P < 0.05$). رنگ به حالت محلول نیز به ترتیب آون خلاء و خورشیدی دارای وضعیت قابل قبول بودند. در حالت خشک نمونه های خشک شده به روش خورشیدی تفاوت معنادار با نمونه های خشک شده در خلاء و سنتی داشت ($P < 0.05$). عطر به حالت محلول نیز در روش خورشیدی بطور نسبی وضعیت قابل قبول داشت. آزمون میکروبی نمونه ها نشان داد که به لحاظ شمارش کلی و کلی فرمها نمونه های خشک شده به روش آون خلاء و خورشیدی در سطح استاندارد بودند ولی شمارش مزبور در نمونه های خشک شده به روش سنتی با استاندارد مطابقت نداشت. با توجه به برتریهای دو روش خورشیدی و آون خلاء در خصوص پارامترهای کیفی رنگ و عطر و شمارش میکروبی نمونه های خشک در دو روش نسبت به روش سنتی، هر یک از دو روش با توجه به امکانات می توانند مورد مطالعه بیشتر قرار گرفته و در فرآیند تولید زعفران مورد استفاده قرار گیرند.

کلید واژگان: زعفران، روش خشک کردن، ویژگیهای کیفی، سافرانال، کروسین، پیکروکروسین

۱- مقدمه

کشت زعفران از جنبه های گوناگون نظیر نیاز اندک به آب در مقایسه با سایر محصولات زراعی، اشتغالزایی در روستاها و ارتزاق بیش از ۴۰۰ هزار نفر در مناطق زعفران خیز دارای اهمیت می باشد. همچنین جنبه های اقتصادی (بالاتر بودن درآمد حاصل از کشت هر هکتار آن نسبت به سایر محصولات کشاورزی) این در حالی است که به دلایل مختلف زعفران

زعفران یکی از مهمترین محصولات کشاورزی و از اقلام با اهمیت در صادرات غیر نفتی در ایران، و ادویه گرانبها در دنیا می باشد. تولید سالیانه محصول زعفران در کشور ۱۳۰ تن که ۷۵-۸۷ درصد تولید این محصول در دنیا می باشد [۱].

* مسئول مکاتبات: info@nftif.org

یکدیگر مقایسه شدند. جهت تعیین مشخصه‌های آماری از آمار توصیفی به کمک نمودارهای لازم استفاده گردید.

۲-۱ مواد شیمیایی

استاندارد سافرانال (سنتتیک با خلوص ۹۰٪) از شرکت سوپلکو^۱، کروسین از شرکت فولوکا^۲، سایر ترکیبات شیمیایی و حلالها با خلوص تجزیه‌ای از شرکت مرک^۳ و محیط‌های کشت میکروبی از شرکتهای مرک و لب ترون^۴ تهیه گردیدند.

۲-۲ دستگاهها

در این تحقیق علاوه بر دستگاههای رایج آزمایشگاهی از دستگاه HPLC مدل Waters امریکا مجهز به ستون NOVA Pak, C₁₈ با فاز معکوس و طول ۳/۹×۱۵۰ میلی متر، دکتور uv/vis، اسپکتروفوتومتر مدل ۲ Perkin Elmer, Lambda، خشک کن خورشیدی طراحی و ساخت ایران (مجریان و مشاوران پروژه) و آون خلاء مدل ۱۹, Sooferco.

۲-۳ آزمونهای شیمیایی

آزمونهای شیمیایی معمول، بر نمونه‌های (کلاله تازه) زعفران بر اساس استانداردهای ملی ایران [۵] انجام گردید. میزان کروسین و پیکروکروسین با استفاده از روش اسپکتروفوتومتری استاندارد ملی ایران [۵] انجام شد و اندازه گیری سافرانال به روش کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا انجام گرفت [۶].

۲-۴ آزمونهای میکروبی

آزمونهای میکروبی بر روی کلاله تازه و نمونه‌های خشک شده بر اساس استاندارد ملی ایران انجام شد [۷].

ایران هر کیلو ۳۵۰-۵۰۰ دلار در بازار جهانی به فروش می‌رسد. ولی زعفران ممتاز ۱۲۰۰-۱۰۰۰ دلار و پودر آن در کشور آمریکا ۶۶۰۰ دلار به فروش می‌رسد. [۱،۲،۸] بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که عوامل متعددی در زمینه تولید و فرآوری آن مؤثر می باشد که از آنها عملیات بعد از برداشت بخصوص روشهای عمل آوری (خشک کردن) آن حائز اهمیت است. زعفران ایران به دلیل برداشت، نگهداری و حمل و نقل بعد از برداشت و همچنین خشک کردن در شرایط محیطی و کنترل نشده در معرض آلودگیهای ثانویه قرار داشته و از کیفیت مطلوب برخوردار نیست. [۳،۴] هدف این تحقیق عبارت است از بررسی اثرات خشک کردن به روشهای آون خلاء و خورشیدی بر ویژگیهای کیفی (شیمیایی و میکروبیولوژیکی و حسی) زعفران و مقایسه آن با نوع خشک شده به روش سنتی، می باشد.

۲-۲ مواد و روشها

تحقیق اخیر به روش تجربی و با استفاده از تکنیک مشاهده انجام گردید. جامعه مورد مطالعه شامل سه تیمار زعفران خشک شده به روشهای خورشیدی، آون خلاء و سنتی بوده است. نمونه‌های زعفران از مزرعه نمونه در شهر قائن تهیه شد. مقدار گل تازه لازم برای آزمونهای شیمیایی (۲/۵ کیلوگرم) و آزمونهای شیمیایی، حسی و میکروبی بر نمونه‌های خشک شده جمعاً (۱۰ کیلوگرم) از مزرعه مورد مطالعه انتخاب شد. در هر مرحله از نمونه‌گیری گلهای زعفران چیده شده مخلوط و پس از جداسازی کلاله‌ها، خشک کردن سنتی (روش شاهد در شرایط سایه- آفتاب، بمدت سه روز) توسط صاحب مزرعه انجام شد. و بقیه گلهای (در کارتن منفذ دار) به محل اجرای تحقیق منتقل شدند. کلاله‌ها تحت فرایند خشک کردن با آون خلاء (دما ۵۵ ± ۲ درجه سانتیگراد، فشار ۵۵۰ mmHg و زمان ۵/۵ ساعت) و خورشیدی (دما ۵۰ - ۳۰ درجه سانتیگراد و زمان ۲/۵ ساعت) قرار گرفتند، سپس نمونه‌های خشک شده تحت آزمایشهای شیمیایی، میکروبی و حسی قرار گرفته و با

1 . Supelco
2 . Fluka
3 . Merck
4 . Labtron

۲-۵ آزمونهای حسی

ارزیابی حسی رنگ، عطر (دو حالت خشک و مرطوب) و بافت، نمونه های خشک به روش محصول گرا به وسیله آزمون رتبه بندی با گروه ارزیاب آموزش دیده (۶ نفر) انجام شد. جهت آزمون رنگ، یک گرم از هر یک از سه نمونه خشک در پلیت شیشه‌ای توسط ارزیابها ارزیابی شد. آزمون حسی رنگ در حالت محلول نیز توسط ارزیابها با استفاده از آزمون رتبه بندی، (۱/۰ گرم از پودر زعفران در ۵ میلی لیتر آب مقطر) مورد ارزیابی حسی قرار گرفت.

آزمون حسی عطر نمونه‌های خشک شده نیز (حالت خشک و محلول) مورد ارزیابی قرار گرفت در حالت خشک ۰/۵ گرم از هر یک از نمونه‌های در شیشه‌های تیره رنگ درب دار ارزیابی شدند. و برای آزمون حسی عطر در حالت محلول ۰/۱ گرم پودر زعفران از سه نمونه خشک (بر اساس وزن خشک)، در ۵ میلی لیتر آب مقطر جوش حل و پس از ۵ دقیقه (قرار گرفتن در دمای ۷۰°C) مورد ارزیابی قرار گرفتند. ارزیابی حسی بافت جهت تعیین ویژگیهای مورد نظر نظیر بافت صاف و بدون پیچ خوردگی، شکنندگی و حالت

خشبی در زعفران، میزان یک گرم از هر نمونه در پلیت همسان مورد ارزیابی قرار گرفتند.

۲-۶ آزمونهای آماری

برای تعیین مشخصه‌های کمی آماری مانند میانگین و انحراف معیار از آمار توصیفی به کمک نمودارهای لازم استفاده شد. جهت مقایسه پارامترهای کمی بین سه تیمار انجام گرفته از روش آنالیز واریانس یک طرفه در سطح $\alpha = 0.05$ و برای آزمون ارزیابی حسی از آزمون شفه و در مورد ویژگیهای حسی رنگ و عطر و بافت از روش رتبه‌بندی و آزمون فریدمن در سطح $\alpha = 0.05$ استفاده گردید.

۳- نتایج

۳-۱- نتایج آزمایشهای شیمیایی

نتایج آزمونهای شیمیایی بر نمونه کلاله‌های تازه و خشک و نتایج مربوط به تعیین میزان کروسین، پیکروکروسین به روش اسپکتروفتومتری و ساfranال به روش کروماتوگرافی با کارایی بالا به ترتیب در جداول ۱، ۲، ۳ و ۴ آورده شده است.

جدول ۱ نتایج آزمونهای شیمیایی نمونه‌های کلاله تازه

ویژگی	محل نمونه گیری	درصد رطوبت	خاکستر کل	خاکستر نامحلول در اسید	ازت تام
قائن		۸۰/۲۲۰±۰/۱۵۵	۴/۷۱۵±۰/۵۶۶	۰/۲۸۵±۰/۰۹۱۹	۲/۳۷±۰/۰۱۴۱

جدول ۲ نتایج آزمونهای شیمیایی نمونه‌های زعفران خشک

ویژگی	درصد رطوبت	خاکستر کل	خاکستر نامحلول در اسید	ازت تام	فیبر خام	عصاره محلول در آب سرد
آون خلاء	۶/۲۶۷±۰/۰۳۲۱۵	۴/۴۷۳±۰/۱۶۱۷	۰/۴۳۳±۰/۰۲۵۱	۲/۳۴۶±۰/۰۱۵۲۸	۶/۱±۰/۰۴۳۵۹	۴۹/۸۲۳±۰/۰۴۰۴۱
خورشیدی	۵/۱۷۰±۰/۰۳۶۰۶	۴/۴۰۶±۰/۱۳۰۱	۰/۵۳±۰/۰۲	۲/۳۵۶±۰/۰۴۹۳۳	۶/۰۴±۰/۰۴۵۸۳	۵۵/۲۸۶±۰/۰۹۱
سستی	۵/۲۳±۰/۰۲۶۴۶	۴/۵±۰/۰۳۶۶۶	۰/۳۵۳±۰/۰۲۵۱	۲/۳۱±۰/۰۱	۵/۰۵±۰/۰۱۵	۶۲/۱۷۳±۰/۰۷۶۱۷

Archive of SID

جدول ۳ نتایج اندازه‌گیری کروسیین و پیکروکروسیین نمونه‌های زعفران خشک به روش اسپکترومتری

ویژگی	کروسیین	پیکروکروسیین
روش		
آون خلاء	۲۶۲/۷۹۵±۰/۹۸۲۹	۹۵/۴۲±۲/۵۱۷۳
خورشیدی	۲۴۸/۰۶±۴/۱۷۱۹	۹۷/۳۸۵±۰/۹۵۴۵
سستی	۲۲۷/۷۱۵±۵/۹۶۰۹	۹۰/۳۰±۱/۳۱۵۹

جدول ۴ نتایج اندازه‌گیری سافرانال نمونه‌های زعفران خشک شده به روش HPLC

ویژگی	روش	آون خلاء	خورشیدی	سستی
سافرانال		۲۶۸/۱±۴/۵۲۵۵	۱۳۹±۲/۲۶۲۷	۸۹/۷±۲/۹۶۹۸

۳-۳- نتایج آزمایش های حسی

نتایج حاصل از بررسی فاکتورهای حسی عطر، رنگ (حالت خشک و مایع) و بافت به روش رتبه بندی به ترتیب در شکل ۱ ملاحظه می گردد.

۲-۳- نتایج آزمایش های میکروبی

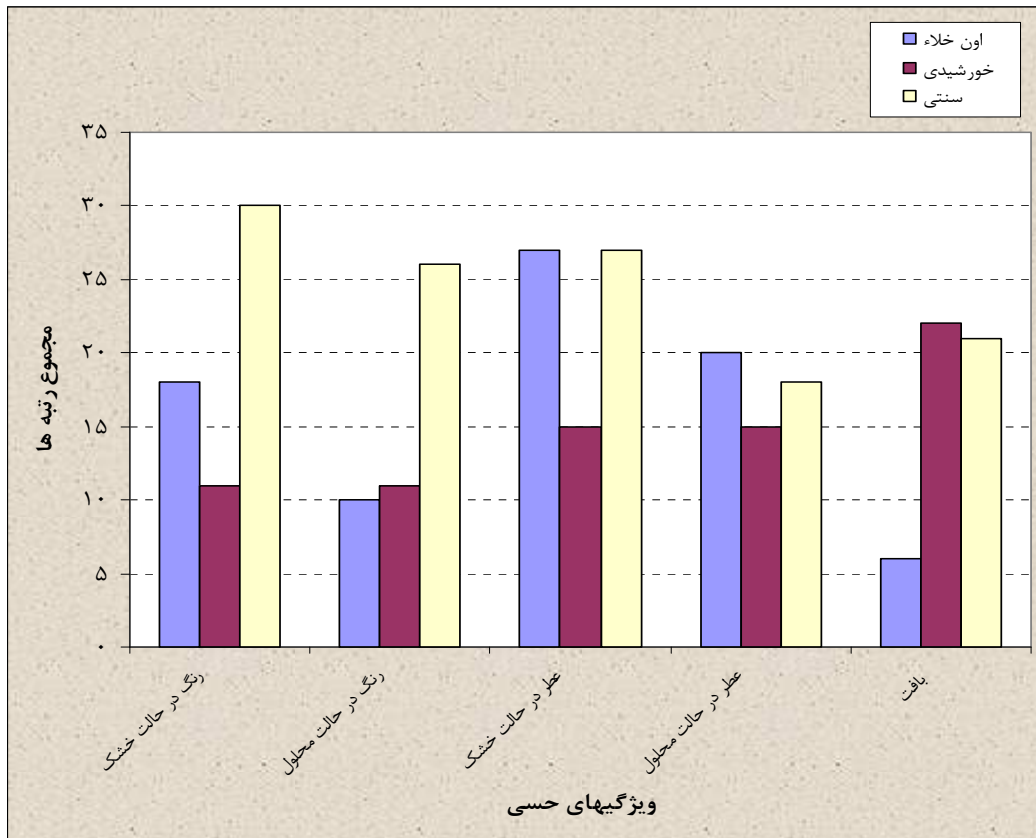
نتایج آزمونهای میکروبی بر نمونه‌های کلاله تازه و نتایج مربوط به آزمونهای میکروبی بر نمونه زعفران خشک به ترتیب در جداول ۵ و ۶ آورده شده است.

جدول ۵ نتایج آزمونهای میکروبی کلاله‌های تازه نمونه زعفران

آزمون	شمارش کلی	شمارش کلی فرم	شمارش مخمر	شمارش کپک	اشرشیا کلی
محل نمونه گیری	[cfu/gr]	[cfu/gr]	[cfu/gr]	[cfu/gr]	
قائن	$130 \times 10^4 \pm 2 \times 10^4$	$20 \times 10^0 \pm 2 \times 10^0$	$104 \times 10^2 \pm 2 \times 10^2$	20 ± 10	مثبت

جدول ۶ نتایج آزمونهای میکروبی نمونه‌های خشک شده زعفران

آزمون	شمارش کلی	شمارش کلی فرم	شمارش مخمر	شمارش کپک	اشرشیا کلی
روش	[cfu/gr]	[cfu/gr]	[cfu/gr]	[cfu/gr]	
آون خلاء	$85 \times 10^2 \pm 2 \times 10^2$	منفی	منفی	60 ± 8	منفی
خورشیدی	$3 \times 10^3 \pm 10^3$	$500 \pm 2 \times 10$	منفی	50 ± 7	منفی
سستی	$54 \times 10^3 \pm 4 \times 10^3$	$85 \times 10^2 \pm 6 \times 10^2$	$47 \times 10^2 \pm 2 \times 10^2$	100 ± 15	منفی



شکل ۱ مجموع رتبه‌های ویژگیهای حسی نمونه‌های زعفران

۴- بحث

مطالعات در خصوص نگهداری زعفران نشان می‌دهند که زعفران به روش سنتی در سایه- آفتاب و یا سایه بمدت ۷-۳ روز خشک می‌شود. گزارشات حاکی از وجود آلودگی میکروبی در زعفران و پایین بودن کیفیت آن است. [۳، ۴، ۸]. زمان طولانی خشک کردن فرصت انجام واکنش آنزیمی را در کلاله ایجاد می‌کند. خشک کردن در شرایط محیط در حضور اکسیژن هوا نیز، موجب انجام واکنش اکسیداسیون در رنگدانه کروستین می‌شود [۹] و مجموع تغییرات مزبور باعث افت کیفیت زعفران می‌شود. نتایج تحقیق اخیر نیز نشان می‌دهد که نمونه‌های خشک شده بروش سنتی به‌لحاظ فاکتورهای حسی و ویژگیهای میکروبی در سطح غیرقابل قبول قرار می‌گیرند. تحقیق رینا نیز نشان داد که طولانی بودن زمان خشک شدن، فعالیت آنزیمها، محصول با کیفیت قابل قبول تولید نشد. جهت بالا بردن کیفیت زعفران ترجیحاً پس از برداشت، بلافاصله گلها کلاله گیری شده و در دمای

ماکزیموم تا ۱۱۰ درجه سانتیگراد خشک شوند. [۱۰] با توجه به اهمیت طول زمان خشک کردن در کیفیت زعفران، تاکید بر انجام فرآیند در زمان کوتاه دو دقیقه است [۱۰]. تحقیقات اخیر در اسپانیا نیز بر کنترل زمان و دمای خشک کردن زعفران توجه داشته و دمای ۷۰ درجه سانتیگراد در شش دقیقه را توصیه می‌نماید [۱۰]. در بررسی اخیر زعفران به روش اون خلاء، خورشیدی در محدوده دمایی ۵۵-۴۰ درجه سانتیگراد و مدت زمان بترتیب ۵/۵ و ۲/۵ ساعت در شرایط کنترل شده و سنتی خشک شد، نتایج نشان دادند که نمونه‌های اون خلاء دارای ویژگی رنگ و بافت مطلوب نسبت به نمونه سنتی بود و نمونه‌های خورشیدی نیز به‌لحاظ عطر و بافت در مقایسه با نمونه سنتی در وضعیت بسیار مطلوب بودند. که نتایج مبین اثر زمان طولانی خشک شدن در حضور اکسیژن در روش سنتی است. نتایج رینا در مورد روش خورشیدی و اون معمولی و اون خلاء که در محدوده دمایی ۵۰-۳۰ درجه سانتیگراد (زمان کوتاه تر از سنتی) انجام شد نشان داد که در نمونه‌های

ستنی که نمونه‌ها در دمای ۲۵-۲۰ درجه سانتیگراد و زمان ۷-۳ روز در سایه-آفتاب، سایه و حضور اکسیژن هوا خشک شده اند در سطح پایبندی قرار دارد.

میزان پیکروکروسین اندازه‌گیری شده در نمونه‌های زعفران خشک شده به سه روش آون خلاء، خورشیدی و ستنی تفاوت معنادار نشان ندادند جدول ۳ و نمونه‌های روش خورشیدی تا حدی مقدار پیکروکروسین بیشتری را نشان دادند. با توجه به اینکه نمونه‌های زعفران بعد از برداشت، کلاله‌گیری شده و خشک میشوند، عواملی نظیر گرما و فعالیت آنزیمها باعث شکسته شدن پیکروکروسین و جدا شدن ملکول قند (D - گلوکز) از آن شده و سافرانال آزاد می‌شود که خود یکی از دلایل کم شدن پیکروکروسین در نمونه‌های زعفران خشک است [۱۳].

با توجه به مقدار سافرانال در نمونه خشک شده که بروش کروماتوگرافی با کارایی بالا (HPLC) تعیین شد، برداشت می‌شود که، میانگین مقدار سافرانال نمونه‌های خشک شده تفاوت معنادار با یکدیگر دارند (جدول ۴، $P < 0.05$). با توجه به شرایط خشک شدن نمونه‌ها در آون خلاء [دما 50 ± 2 درجه سانتیگراد و زمان ۵/۵ ساعت] و مقایسه آن با روش خورشیدی [دما ۵-۳۰ درجه سانتیگراد و زمان ۲/۵ ساعت]، در آون خلاء فشار اکسیژن کم و در خشک کن خورشیدی فشار بالا اکسیژن موجب اکسیداسیون سافرانال (ترکیب آلدئیدی) عامل اصلی عطر زعفران شده و ترکیبات با عوامل کربوکسیل ایجاد می‌شود که در مطالعات پتروس بر ترکیبات استخراج شده از زعفران خشک شناسایی شده اند و سافرانال که ۷۰٪ از مواد متشکله عطر زعفران را تشکیل می‌دهد، کم شده است. [۱۴]. در بررسی اخیر که نمونه در روش خورشیدی و ستنی در حضور اکسیژن خشک شد، میزان سافرانال در نمونه‌ها کمتر از روش آون خلاء بود. در تحقیق رینا روشهای خشک کردن زعفران بر اساس مقدار روغنهای اسانس دار فرآر و سافرانال موجود در نمونه خشک شده به دو گروه تقسیم شده‌اند گروه اول شامل روشهای خشک کردن در سایه، آفتاب، آون الکتریکی، خورشیدی، و گروه دوم شامل روشهای آون خلاء و جریان متقاطع هوا

خورشیدی و آون معمولی میزان کروسین ۱۷-۱۶ درصد و سافرانال ۶۰ درصد بود و در نمونه های آون خلاء ترکیب واسطه $4-\beta$ hydroxysafrol بمقدار بالا تشکیل گردید، [۹] گرگوری [۱۱] نیز در مطالعه خود اثر دما و جریان هوا را در دستگاه خشک کن بررسی نموده و نقش دما و هوا را در تشکیل متابولیت‌های ثانویه در زعفران با اهمیت ذکر کرده است. نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد که ویژگیهای شیمیایی زعفران خشک شده به لحاظ درصد رطوبت، خاکسترکل، خاکستر نامحلول در اسید، ازت تام و فیبرخام مطابق با استاندارد ملی ایران بوده است، [۵] و پایین بودن عصاره محلول در آب سرد نمونه زعفران خشک شده به روش آون خلاء تا حدی به بهینه‌سازی روش خشک کردن ارتباط دارد. نتایج حاصل از اندازه‌گیری کروسین و پیکروکروسین نشان می‌دهد که میزان کروسین در نمونه‌های زعفران خشک شده به سه روش آون خلاء، خورشیدی و ستنی تفاوت معنی دار دارند جدول ۳. و این میزان در نمونه آون خلاء بالاتر از نمونه‌های خورشیدی و ستنی است. بررسی رینا نیز روش خشک کردن خورشیدی [دمای 50 ± 5 درجه سانتیگراد] را به‌عنوان روش مناسب جهت خشک کردن و تولید زعفران با کیفیت بالا معرفی کرده است [۹]. همتی کاخکی، روش آون معمولی را (۶۰ درجه سانتیگراد) برای خشک کردن زعفران توصیه نموده است، در تحقیق وی مقدار کروسین اندازه‌گیری شده در نمونه‌های آون معمولی اسپانیایی و آون خلاء بالاتر از نمونه ستنی بوده است [۴]. باسکر هم در تحقیق خود نشان داد که با افزایش دمای خشک کردن از ۲۰ تا ۴۰ درجه سانتیگراد میزان رنگ نیز افزایش می‌یابد و افزایش تا دمای ۸۵ درجه سانتیگراد قابل مشاهده است اما از آن درجه به بالا، رنگ به شدت کاهش می‌یابد، بنحوی که در ۱۰۰ درجه سانتیگراد کروسین به میزان حدود $\frac{2}{5}$ کاهش می‌یابد [۱۲]. مقایسه روش خشک کردن حرارتی زعفران (دمای بالا و حضور اکسیژن) میزان کروسین کمتر از نمونه‌های انجمادی [۶] و بالاتر از نمونه ستنی می‌باشد. در تحقیق اخیر نیز میزان کروسین در نمونه‌های روش آون خلاء و خورشیدی بالا اما در روش

ایجاد می‌شود که در کلاله خشک، بوی علف ایجاد می‌کند [۱۵]. همچنین بر اساس تحقیق رینا نیز نمونه خشک شده در آن خلاء بوی نامطلوب داشته است [۹]، که دلیل بوی نامتوبوع، وجود مقادیر بالا از ترکیب ۴- هیدروکسی سافرانال در نمونه مزبور نسبت به نمونه‌های خشک شده در دو روش دیگر بوده است. نهایتاً "عطر نمونه خشک شده به روش خورشیدی مطلوب تر از نمونه‌های خشک شده به روش آن خلاء و سستی بوده است. ارزیابی عطر بحالت محلول نمونه‌ها نشان می‌دهد اگرچه نمونه‌های خشک شده خورشیدی در وضعیت بهتر قرار دارند اما تفاوت معنادار بین عطر نمونه‌های سه روش در حالت محلول وجود ندارد. (شکل ۱، $P < 0/05$). نتایج ارزیابی حسی بافت نمونه‌های خشک شده با سه روش نشان می‌دهد که نمونه‌های آن خلاء به‌لحاظ بافت با نمونه‌های دو روش دیگر اختلاف معنادار داشته و دارای بافت مطلوب می‌باشند. و در نمونه‌های دو روش خورشیدی و سستی، اختلاف ویژگی بافت معنادار نیست (شکل ۱، $P < 0/05$).

در مطالعه نتایج حاصل از آزمونهای میکروبی ملاحظه شد که شمارش کلی میکروارگانیسمها در نمونه‌های تازه زعفران بالا می‌باشد. و با توجه به استاندارد میکروبی زعفران و حد مجاز شمارش کلی ($Cfu/gr \times 10^5$)، نمونه‌های خشک شده سستی با استاندارد مطابقت ندارد، اما شمارش کلی در نمونه‌های خشک شده خورشیدی و آن خلاء با استاندارد مطابقت دارد جدول ۵ و ۶. تعداد کلی فرم شمارش شده در نمونه‌های خشک نیز با توجه به تعداد مجاز کلی فرم ($Cfu/g \times 10^3$) بالاتر از حد مجاز می‌باشد، جدول ۵، [۷]. و این تعداد در نمونه‌های تازه و خشک بخصوص نمونه‌های خشک سستی بالاتر از حد مجاز بوده است در نمونه‌ها خشک آن خلاء تعداد کلی فرم کاهش یافته و شمارش آن منفی بوده است. با توجه به اینکه کلی فرم از گروه باکتریهای هوازی می‌باشد، در شرایط خشک کردن نمونه در آن خلاء به‌علت حساس بودن به کاهش فشار اکسیژن نتیجه حاصل منفی بوده است نتایج شمارش کپک و مخمر نیز بر اساس

بوده‌اند. نتایج نشان داد که در گروه اول بلافاصله پس از فرایند، همزمان با بالا بودن مقدار روغنهای فرار و سافرانال، مقدار ۴- هیدروکسی سافرانال (ترکیب واسطه در تبدیل پیکروکروسین به سافرانال) در روغنهای فرار نمونه‌های خشک پائین بوده است. اما در گروه دوم همزمان با پائین بودن مقدار روغنهای فرار و سافرانال، مقدار ۴- هیدروکسی سافرانال در روغنهای فرار نمونه خشک بالا بوده است. که نتایج ایشان نیز اثرات فرآیند خشک کردن در حضور اکسیژن و یا غیاب اکسیژن را بر ترکیب سافرانال مشخص می‌نماید. [۹]

نتایج ارزیابی حسی رنگ (خشک و محلول) نشان می‌دهد که تفاوت معنادار بین رنگ نمونه‌های خشک خورشیدی و آن خلاء مشاهده نمی‌شود اما نمونه‌های خورشیدی و سستی در خصوص رنگ با یکدیگر تفاوت معنادار دارند (شکل ۱، $P < 0/05$). همتی کاخکی نیز در مطالعه خود به تیره شدن رنگ در روش سستی اشاره نموده است. [۴]، همچنین رینا و همکاران نیز در بررسی خود اشاره کردند که نمونه خشک شده در سایه (سستی) از نظر رنگ مطلوب نمی‌باشد [۹]. رنگ به‌حالت محلول نمونه‌های آن خلاء و خورشیدی و سستی نیز تفاوت معنادار دارند (شکل ۱، $p < 0/05$). نمونه‌های خشک شده در آن خلاء در سطح خود ظاهر لعاب مانند داشتند. اما در حالت محلول ظاهر نمونه مزبور در وضعیت بسیار مطلوب و نمونه‌های خورشیدی در وضعیت مطلوب بودند بنابراین رنگ در حالت محلول نمونه‌های خشک شده خورشیدی و آن خلاء را میتوان توصیه نمود. نتایج ارزیابی حسی عطر به‌حالت خشک و محلول زعفران نیز نشان می‌دهند که در حالت خشک نمونه‌های خورشیدی در وضعیت مطلوب بوده و با نمونه‌های آن خلاء در ردیف نمونه سستی قرار داشتند، اما از نظر مطلوبیت بعد از نمونه سستی قرار دارد، که علت را باید در نحوه خشک شدن نمونه در آن خلاء جستجو کرد زیرا در ارزیابی حسی، نمونه مزبور دارای بوی علف بوده است. در تحقیق جسی و همکاران نیز گزارش شده است که در اثر اکسیداسیون چربی غشاء سلولی در طی خشک کردن زعفران ترکیب 2-hydroxy-4,4,6 trimethyl-2,5eyelohexadien-1-one

مشخص نمود که نمونه‌های آن خلاء و خورشیدی نسبت به نمونه‌های سنتی مطابق با استاندارد زعفران می‌باشند. بافت نمونه‌های خورشیدی و سنتی در وضعیت مطلوب بودند و بافت در نمونه خشک آن خلاء نسبت به دو نمونه خورشیدی و سنتی در وضعیت مطلوب تر بود. به‌طور کلی با توجه به کیفیت نمونه‌های خشک شده به روش خورشیدی و قابل قبول بودن آنها بر اساس استاندارد زعفران و همچنین وجود امکان ساخت دستگاه خشک کن خورشیدی در داخل کشور روش خورشیدی را روش مناسب جهت خشک کردن زعفران توصیه نموده، و ضمناً در جهت بهینه سازی دو روش آن خلاء و سنتی لازم است بررسی بیشتر بعمل آید.

۶- تشکر و قدردانی

بدینوسیله از شورای محترم پژوهشی انستیتو تحقیقات تغذیه ای و صنایع غذایی کشور به خاطر تشخیص ضرورت انجام این طرح تحقیقاتی صمیمانه سپاسگزاری می شود.

۷- منابع

- [۱] اقتصاد آسیا . ۱۳۸۰ . ماهنامه بین المللی اقتصادی- بازرگانی، سال نهم، شماره ۴۲۷، آذرماه صفحات: ۳-۴
- [۲] زعفران . ۱۳۷۶ . نشریه داخلی اتحادیه تعاونیهای کشاورزی زعفرانکاران ایران، سال اول، شماره سوم، خرداد ماه ، صفحات: ۲-۵
- [۳] جهانی، آ. ۱۳۷۲ . بررسی زعفران . مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، صفحات: ۱-۱۵ .
- [۴] همتی کاخکی، ع. ۱۳۷۰ . بررسی تأثیر روشهای مختلف خشکانیدن در کیفیت زعفران: سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران، پژوهشکده خراسان، صفحات : ۵-۶ ، ۲۴ ، ۳۸-۳۹
- [۵] استاندارد ملی ایران، شماره ۲-۲۵۹ . ۱۳۷۴ . زعفران- روشهای آزمون، مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران ، تجدید نظر دوم. چاپ ششم .
- [۶] عاطفی، م. و همکاران. ۱۳۸۱. بررسی اثر خشک کردن انجمادی بر فاکتورهای کیفی زعفران. پایان‌نامه کارشناسی

استاندارد میکروبی و حد مجاز آنها در زعفران ($1.03 \times 10^5 \text{ Cfu/gr}$)، نشان می‌دهد که در نمونه‌های آن خلاء و خورشیدی منفی و در نمونه‌های سنتی تعداد کپک و مخمر کمتر از حد مجاز می باشد جدول ۵ و ۶ . در تحقیق عاطفی نیز بیان شده که تعداد کپک و مخمر در نمونه‌های خشک سنتی نسبت به کلالة تازه افزایش یافته است [۶]. آلوده بودن نمونه‌های به اشرفیاشاکلی، با توجه به اینکه این آلودگی منشاء مدفوعی دارد و بر اساس استاندارد میکروبی زعفران این میکروارگانیسم نباید در زعفران وجود داشته باشد [۷]. نتایج جدول ۱۰ نشان می‌دهد که اشرفیاشاکلی در نمونه‌های خشک شده در آن خلاء، خورشیدی و سنتی منفی بوده است. در تحقیقات انجام شده توسط بکستر، با توجه به اهمیت آلودگی، میکروبی در ادویه، گزارش شده است که افزایش یک درصد از ادویه تیمار شده به غذا منجر به افزایش ۱۰ تا 10^6 میکروارگانیسم در گرم ماده غذایی می‌شود [۱۶]. که اهمیت آلوده بودن ادویه‌ها را در فرمولهای غذایی مشخص می کند.

۵- نتیجه گیری

جهت دستیابی به اهداف مطرح شده در بررسی اخیر که تعیین اثرات فرآیند خشک کردن با استفاده از آن خلاء و خورشیدی بر خواص کیفی زعفران و مقایسه این دو یا روش سنتی بوده است، زعفران به روشهای مذکور خشک و نتایج به‌دست آمده نشان دادند که نمونه خشک شده به دو روش خلاء و خورشیدی در مقایسه یا روش سنتی به‌لحاظ خواص کیفی در سطح استاندارد می‌باشند، هم چنین ویژگیهای شیمیایی بخصوص شاخصهای اصلی انتخاب زعفران (عطر، رنگ و طعم) در بسیاری از موارد با نمونه‌های سنتی قابل مقایسه بودند. و تنها در بعضی موارد در مقایسه، نمونه‌های سنتی در وضعیت بهتر قرار داشتند. در ارزیابی حسی و میکروبی نیز نمونه‌های آن خلاء و خورشیدی نسبت به نمونه‌های سنتی قابل قبول بودند، تنها نمونه آن خلاء بدلیل بوی غلفی در مقایسه با نمونه‌های خورشیدی و سنتی در مرتبه بعد از آنها قرار گرفت. ارزیابی میکروبی نیز

- secondary metabolites in saffron" J Agric Food Chem, 27;53(15):5969-75
- [12] Basker, D., Palevitch, D (ed.). Putievsky, E. (1993). Saffron the costiest spice: Drying and Quality, Supply and Price. Acta-Horticulturae.344:86-97
- [13] Honan, William H. (2004), "Re Medicine" (<http://www.Nytimesex=1393563600&en=c3177eba Times>).
- [14] Petros A. Tarantilis and Moschos G. Polissiou. (1997), Isolation and Identification of the Aroma Components from Saffron (Crocus sativus) J.Agric. Food Chem. 45,459-462
- [15] Jessie, S.W. & Krishnakantha, memberane lipid peroxidation by saffron" (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11777777>) and Cellular Biochemistry, vol.278, no.1-2.
- [16] Baxter, R., Holzapfel, W.H. (1982). A microbial investigation of selected spices, herbs, and additives in south Africa. Food Sci. 47:570-574,578. J Agric Food Chem. 2005; 53(15): 5969-75.
- ارشد. دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی شهید بهشتی، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی. صفحات ۱۹، ۳۳-۳۸، ۶۰-۵۷، ۶۳.
- [۷] استاندارد ملی ایران، شماره ۵۶۸۹ . ۱۳۸۰ . زعفران- ویژگیهای میکروبی و روشهای آزمون ، مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران . چاپ اول .
- [8] imports(<http://www.abc.Net.Au/news/newsitems/200311/s982047.htm>), Australian Broadcasting Corporation [January 10, 2006]
- [9] 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. J. Sci. Food Agric. 71: 27-32.
- [10] Rangahau, M.K. (2003).20: 8:20 Growing saffron- the world's most expensive spice. Crop and Food Research. New Zealand institute for crop and Food Research Ltd. Acrown Research Institute.
- [11] Gregory M.J, Davies NW., Menary, R.C. (2005), "Effect of drying temperature and air flow on the production and retention of