



تعیین روش و شرایط بهینه خشک کردن کلاله زعفران تولید شده در کردستان

آریو امامی فر*

استادیار، گروه صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه بوعلی سینا

(تاریخ دریافت: ۹۶/۱۲/۲، تاریخ آخرین بازنگری: ۹۷/۱/۳۰، تاریخ پذیرش: ۹۷/۲/۳۰)

چکیده

خشک کردن زعفران تازه، نقش کلیدی در حفظ کیفیت رنگ، عطر و طعم آن دارد. در این تحقیق تاثیر روش‌های خشک کردن سنتی شامل سایه و آفتاب و صنعتی شامل آون الکتریکی در دماهای ۵۰ °C و ۸۰ °C و مایکروویو با دو توان ۳۰۰ و ۸۰۰ W، بر زعفران استان کردستان، جهت دستیابی به شرایط بهینه، بررسی گردید. اثر روش‌های خشک کردن بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، میکروبی و حسی زعفران معنی‌دار بود ($p < 0.01$). مقدار کروسین زعفران خشک شده به ترتیب با امواج مایکروویو با توان‌های ۸۰۰ و ۳۰۰ W معادل ۲۷۱ و ۲۶۳/۵ و با آون با دمای ۸۰ °C معادل ۲۲۰/۵ اندازه‌گیری شد که نه تنها از مقادیر قابل قبول استاندارد ملی زعفران ایران که معادل ۲۲۰ می‌باشد، بالاتر بود، بلکه در مقایسه با سایر روش‌ها افزایش معنی‌داری را نشان داد ($p < 0.01$). بیشترین محتوی پیکروکروسین و ساfranال به ترتیب در نمونه‌های خشک شده با امواج مایکروویو با توان ۸۰۰ W معادل ۱۱۳/۷۵ و ۳۰/۲۵، و در آون با دمای ۸۰ °C معادل ۱۱۱/۵ و ۲۹/۰۵ و در سایه ۱۰۵ و ۲۹/۳۵، اندازه‌گیری شد. کمترین مقدار کروسین ۱۴۶/۵، پیکروکروسین ۸۶/۷ و ساfranال ۲۳/۴ در زعفران خشک شده آفتابی حاصل شد. با افزایش دمای آون و توان مایکروویو، مقدار کروسین و پیکروکروسین زعفران به طور معنی‌داری افزایش یافت ($p < 0.01$). کمترین آلودگی میکروبی در زعفران‌های خشک شده با مایکروویو و سپس آفتاب حاصل شد ($p < 0.01$). زعفران‌های خشک شده با مایکروویو با توان ۸۰۰ W و سپس آون با دمای ۸۰ °C، بیشترین امتیاز حسی پذیرش کلی را دریافت کردند. نتایج نشان داد که استفاده از امواج مایکروویو با توان بالای معادل ۸۰۰ W در خشک کردن زعفران، با کاهش زمان خشک کردن، کاهش تغییرات ویژگی‌های کیفی، کاهش آلودگی میکروبی و دریافت بیشترین امتیاز پذیرش حسی زعفران تولیدی، در مقایسه با سایر روش‌ها مطلوب تر است.

واژه‌های کلیدی: زعفران، ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، خشک‌کن الکتریکی، خشک‌کن مایکروویو، خشک‌کن سنتی.

۱. مقدمه

واسط پس از واکنش‌هایی آنزیمی ایجاد می‌شود [۹، ۱۰]. فرایند خشک کردن زعفران علاوه بر کاهش سرعت فساد و تسهیل نگهداری محصول، برای جدا شدن ساfranال از پیکروکروسین و تولید عطر و بوی مناسب زعفران ضروری است [۸]. خشک کردن زعفران در کشورهای زعفران خیز به روش‌های متفاوتی از جمله خشک کردن آفتابی در هندوستان [۱۱]، خشک کردن در سایه در مراکش [۱۲]، خشک کردن در اتاق گرم و تاریک تا دمای 35°C در یونان [۱۳] و خشک کردن با الک و در حرارت ملایم (تفت دادن) در اسپانیا [۱۴] انجام می‌شود. در ایران بیش‌تر از روش خشک کردن سنتی در سایه، یا خشک کردن آفتابی استفاده می‌شود [۱۵]. توجه به نکاتی از قبیل شرایط منطقه و تولیدکنندگان، ایجاد حداقل آلودگی، راندمان بالا، رطوبت نهایی کم‌تر از ۱۰٪ و در نهایت تولید زعفرانی با قدرت رنگ دهی، عطر و طعم مطلوب، در انتخاب روش و شرایط بهینه خشک کردن زعفران، باید مد نظر قرار گیرد [۱۶]. تا کنون مطالعات گسترده‌ای در خصوص بهینه سازی فرایند خشک کردن زعفران از نظر دما، زمان و انتخاب نوع روش، با هدف دستیابی به سه ویژگی مطلوب رنگ دهی، طعم و عطر آن، صورت گرفته است. سیمیودو و بیلیداریس گزارش کردند که خشک کردن زعفران در دماهای پایین شامل ۲۵ تا 60°C ، کاهش رنگدانه کروسین و شدت رنگ‌دهی را به دلیل تجزیه آنزیمی کروسین به دنبال خواهد داشت [۱۷]. همچنین گریوگوری و همکاران گزارش دادند که گرچه استفاده از دماهای بالای بیش از 90°C در خشک کردن زعفران با افزایش احتمال تجزیه حرارتی و گاهی اکسیداسیونی کروسین، احتمال کاهش شدت رنگ دهی زعفران را به دنبال دارند اما در مقایسه با دمای پایین و متوسط حدود 50°C ، این نوع زعفران از شدت رنگ دهی بالاتری برخوردار است [۱۴]. هایمنو و سانو اعلام کردند که مقدار ساfranال در زعفران خشک شده طی واکنش آنزیمی بتا-گلوکوزیداز و با تبدیل به ترکیب حد واسط پیکروکروسین به ۴-بتاهیدروکسی سیکلوسیترال، در دماهای پایین و یا با تجزیه مستقیم پیکروکروسین در دماهای بالا، تولید می‌شود [۱۸]. کارمونا و همکاران به کارگیری دماهای بالا و روش تفت دادن را در مقایسه با استفاده از هوای داغ جهت افزایش مقدار عطر و بوی زعفران خشک شده پیشنهاد دادند [۱۵]. عاطفی و همکاران نیز با به کارگیری روش خشک‌کن انجمادی به عنوان روشی نوین در

استان کردستان با مساحتی حدود ۲۸ هزار کیلومتر مربع در غرب کشور ایران و با دارا بودن شرایط آب و هوایی و توپوگرافی مناسب، مستعد رشد انواع مختلفی از گونه‌های گیاهی است [۱]. با توجه به روند کاهش بارندگی در این استان و ضرورت استفاده بهینه از آب و زمین و همچنین اعمال الگوی کشت مناسب، کشت محصولاتی همچون زعفران در دستور کار سیاستگذاران قرار گرفته است. کاشت این محصول بنا به دلایلی همچون کوتاهی دوره کشت، سازگاری با کم آبی، درآمدزایی بالا، قابلیت نگهداری طولانی مدت و از همه مهم‌تر اشتغال‌زایی آن و کاهش مهاجرت روستاییان، به‌طور چشم گیری قابل توجه است [۲]. زعفران (*Crocus sativus L.*)، گیاهی چند ساله، پایا و گلدار از تیره زنبق می‌باشد که فراورده تجاری آن شامل کلاله و ناحیه انتهایی خامه گل است [۳]. عوامل موثر در مراحل پیش و پس از برداشت زعفران تاثیر قابل توجهی بر شاخص‌های کیفی فراورده دارند. از جمله عوامل قبل از برداشت می‌توان به نوع خاک، آب و هوا، زمان کشت، نوع و مقدار پیاز، عمق و روش کاشت اشاره کرد [۴]. خشک کردن، مهم‌ترین بخش فرآوری زعفران و عامل اصلی و موثر در مرحله پس از برداشت بوده که تاثیر معنی‌داری بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و کیفی فراورده نهایی دارد [۵]. استاندارد جهانی و استاندارد ملی ایران به ترتیب کمیته رطوبت ۱۲ و ۱۰٪ را برای زعفران با هدف افزایش عمر نگهداری آن توصیه نموده‌اند [۶، ۷]. کیفیت زعفران خشک شده ارتباط مستقیمی با غلظت سه ترکیب اصلی کروسین ($\text{C}_{44}\text{H}_{64}\text{O}_{24}$)، پیکروکروسین ($\text{C}_{16}\text{H}_{26}\text{O}_7$) و ساfranال ($\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{O}$) موجود در آن دارد که به ترتیب عامل رنگ، طعم و عطر زعفران می‌باشند. کروسین از کاروتنوئیدهای آبدوست کلاله زعفران و به صورت استر گلیکوزیدی کروسستین با واحدهای قندی گلوکز و جنتوبیوز است. این ترکیب قرمز رنگ قدرت ضد اکسایشی بسیار قوی نیز دارد. طعم خاص یا تلخ زعفران به دلیل وجود پیکروکروسین با ساختمان منوترپنوئیدی است [۸]. ساfranال نیز به عنوان عامل عطر و بوی زعفران، تقریباً هفتاد درصد از بیش از ۱۶۰ ترکیب فرار موجود در زعفران را به خود اختصاص داده است. این ترکیب، خاصیت ضد میکروبی و ضد اکسایشی خوبی نیز دارد. ساfranال با حذف طبیعی گلوکز از پیکروکروسین، طی حرارت دهی و یا با تشکیل ترکیبات حد

- داده شد. تیمارها شامل
- ۱- خشک کردن آفتابی با دمای متوسط 1 ± 35 °C و رطوبت نسبی $42 \pm 5\%$ و مدت زمان ۹ h،
 - ۲- خشک کردن در سایه با دمای متوسط 1 ± 25 °C و رطوبت نسبی $50 \pm 5\%$ و مدت زمان ۵۶ h،
 - ۳- خشک کردن در آون الکتریکی با هوای داغ با دمای 50 °C و مدت زمان ۵ h،
 - ۴- خشک کردن در آون الکتریکی با هوای داغ با دمای 80 °C و مدت زمان ۱/۵ h،
 - ۵- خشک کردن در آون مایکروویو با توان کم ۳۰۰ وات و مدت زمان ۹ min و
 - ۶- خشک کردن در آون مایکروویو با توان زیاد ۸۰۰ وات و مدت زمان ۶ min.

پس از انجام فرایند خشک کردن، نمونه‌ها در ظروف شیشه‌ای درب دار قرار داده شده و در دمای 4 °C نگه داری گردیدند.

۴.۲. بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، میکروبی و حسی

۴.۲.۱. آزمون‌های فیزیکوشیمیایی

درصد رطوبت، خاکستر کل، عصاره محلول در آب سرد بر اساس روش استاندارد ملی شماره ۲-۲۵۹ اندازه‌گیری گردید [۲۰]. ویژگی‌های رنگ دهی، طعم و عطر نمونه‌های زعفران خشک شده به عنوان سه فاکتور اصلی به ترتیب با ارزیابی مقادیر کروسین، پیکروکروسین و سافرانال به روش اسپکتروفتومتری در طول موج‌های ۴۴۰، ۲۵۷، ۳۳۰ nm، بر اساس استاندارد ملی ایران [۲۰] و براساس رابطه (۱) ارزیابی شد که در آن E میزان جذب محلول آبی با غلظت 1% ، D_{λ} میزان بیشینه جذب در طول موج مشخص، m وزن نمونه به گرم و H درصد رطوبت نمونه بود.

$$E_{1\text{cm}}^{1\%} = \frac{D_{\lambda} \times 10000}{m (100-H)} \quad (1)$$

ظرفیت ضد اکسایشی به روش خاصیت خنثی کنندگی رادیکال آزاد ۱ و ۱- دی فنیل ۲- پیکریل هیدرازیل بر اساس روش برند ویلیامز و همکارن با کمی تغییر مورد ارزیابی قرار گرفت. $100 \mu\text{L}$ از عصاره متانولی زعفران با غلظت 1% به $3/9 \text{ mL}$ از محلول متانولی DPPH با غلظت $0/0625 \text{ mmol/L}$

خشک کردن زعفران در مقایسه با روش آون الکتریکی، سایه و تفت دادن اسپانیایی، اعلام کردند که علی رغم حصول کروسین بیشتر در زعفران‌های خشک شده به روش خشک کردن انجمادی، رنگ این نوع زعفران در مقایسه با سایر روش‌ها با استقبال مناسب مصرف کنندگان روبه رو نشد [۱۹]. با توجه به اهمیت خشک کردن زعفران و اثر مستقیم روش خشک کردن بر شاخص‌های کیفی فراورده نهایی و همچنین عدم انجام مطالعه در خصوص زعفران کشت شده در استان کردستان، این پژوهش با هدف معرفی زعفران استان کردستان به عنوان یک محصول اقتصادی جدید در منطقه و دستیابی به شرایط بهینه خشک کردن و همچنین بررسی ویژگی‌های شیمیایی، میکروبی و حسی زعفران خشک شده انجام پذیرفت.

۲. مواد و روش‌ها

۱.۲. برداشت زعفران

مقدار ۳kg از گل‌های تازه زعفران (*Crocus sativus* L.) به صورت تصادفی همزمان با حداکثر گلدهی در فصل پاییز از مزرعه کشت زعفران در شهرستان سقز استان کردستان که بیشترین کشت زعفران استان کردستان در این محل انجام می‌شود، در اوایل صبح برداشت و سپس با استفاده از بسته‌های کارتنی سوراخ دار به آزمایشگاه منتقل گردیدند. کلاله گیری در آزمایشگاه، به صورت دستی و به دقت انجام شد.

۲.۲. آزمون‌های کلاله‌های تازه زعفران

برخی ویژگی‌های نمونه‌های کلاله تازه زعفران از جمله ویژگی‌های فیزیکی شامل درصد اجزای گل، مقدار استحصال کلاله و طول کلاله به تعداد ۱۲۰ نمونه، ویژگی‌های شیمیایی شامل درصد رطوبت و خاکستر کل [۲۰] و میکروبی شامل شمارش تعداد کپک‌ها و مخمرها و شمارش کلی میکروارگانسیم‌ها، در سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت [۲۲، ۲۱].

۳.۲. خشک کردن کلاله‌های زعفران

کلاله‌های زعفران با وزن تقریباً یکسان ۲۰g در ۱۸ ظرف شیشه‌ای قرار داده شد و هریک از تیمارهای تحت بررسی خشک کردن روی آن‌ها اعمال گردید. پایان زمان خشک شدن نمونه‌ها، با دستیابی به وزن ثابت بین دو توزین متوالی تشخیص

آفتابی، روش سایه، روش آون با دمای 50°C ، روش آون با دمای 80°C ، روش مایکروویو با توان کم 300 W و روش مایکروویو با توان بالا 800 W و در سه تکرار انجام شد. نتایج آزمون‌های میکروبی و فیزیکوشیمیایی، بر اساس واریانس داده‌ها یک‌طرفه (ANOVA) و با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) جهت مقایسه میانگین‌ها تجزیه و تحلیل شد. ارزیابی ویژگی‌های حسی با استفاده از نرم افزار آماری SPSS و آزمون کروسکال-والیس که یک آزمون غیر پارامتری است، انجام شد.

۳. نتایج و بحث

۳.۱. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی کلاله‌های تازه زعفران

در جدول (۱) ویژگی‌های فیزیکی شامل درصد اجزای گل زعفران، مقدار استحصال کلاله و طول کلاله و شیمیایی شامل درصد رطوبت، خاکستر کل و میکروبی شامل تعداد کپک‌ها و مخمرها و شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها آورده شده است.

۳.۲. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی نمونه‌های خشک‌شده

۳.۲.۱. رطوبت، خاکستر کل، عصاره محلول در آب سرد

اثرات معنی‌دار ($p < 0/01$) به‌کارگیری روش‌های تحت بررسی خشک‌کردن بر، درصد رطوبت، خاکستر کل و عصاره محلول در آب سرد نمونه‌های خشک‌شده زعفران در شکل (۱) نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌گردد، در تمامی روش‌های خشک‌کردن درصد رطوبت، خاکستر کل و عصاره محلول در آب سرد زعفران خشک‌شده در محدوده مقدار تعیین شده توسط استاندارد ملی ایران است. همان‌طور که شکل (۱-a) مشاهده می‌گردد، در رشته‌های زعفران خشک‌شده بیش‌ترین درصد رطوبت $6/845\%$ با روش سایه و کم‌ترین آن $5/315\%$ با روش مایکروویو با شدت زیاد 800 W حاصل شد ($p < 0/01$) که با نتایج مظلومی و همکاران در خصوص خشک‌کردن زعفران منطقه قائن مطابقت دارد [۲۵]. شریفی و همکاران نیز با بررسی زعفران‌های خشک‌شده برخی مناطق ایران، طول زمان خشک شدن و هم‌چنین نوع روش خشک‌کردن زعفران را به عنوان دو عامل اصلی در رطوبت نهایی محصول خشک‌شده گزارش کردند [۲۶]. باسکر و همکاران با خشک کردن رشته‌های زعفران تا وزن ثابت در دماهای مختلف اعلام کردند که درصد رطوبت و مواد فرار

اضافه شد. نمونه‌ها پس از به هم زدن شدید به مدت 30 min در دمای اتاق و در محیطی تاریک نگهداری شدند. سپس جذب نمونه‌ها با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج 515 nm قرائت گردید. هم‌چنین از یک نمونه حاوی $100\text{ }\mu\text{L}$ متانول و $3/9\text{ mL}$ محلول متانولی DPPH با غلظت $0/0625\text{ mmol/L}$ به‌عنوان نمونه کنترل استفاده شد. میزان خنثی کردن رادیکال آزاد DPPH به‌صورت درصد و با استفاده از رابطه (۲) که در آن درصد خنثی‌کنندگی رادیکال آزاد، A_c مقدار جذب نمونه کنترل و A_s مقدار جذب عصاره زعفران می‌باشد، گزارش گردید [۲۳].

$$\%RSA = \frac{A_c - A_s}{A_c} \times 100 \quad (2)$$

۳.۲.۲. آزمون‌های میکروبی

برای شمارش کپک و مخمرها از روش کشت سطحی و محیط کشت PDA استفاده شد. از محیط کشت PCA و روش کشت آمیخته برای شمارش باکتری‌های مزوفیل هوازی استفاده شد. کلیه آزمایش‌ها در سه تکرار انجام شد و پس از شمارش کلنی‌ها به‌صورت چشمی در هر دو گروه از میکروارگانیسم‌ها (کپک و مخمر و شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها)، نتایج به‌صورت لگاریتم تعداد واحد کلنی میکروارگانیسم‌ها در هر گرم زعفران خشک $\log\text{ CFU/g}$ گزارش گردید [۲۱، ۲۲].

۳.۲.۳. آزمون حسی

در این ارزیابی از ده نفر از دانشجویان و استادان دانشگاه به عنوان ارزیاب کمک گرفته شد. ارزیابی حسی با استفاده از روش آزمون لذت بخشی، Hedonic Scale، و با درجه بندی کیفی ۵ نقطه‌ای اجرا گردید. در این ارزیابی عدد ۵ خیلی خوب، عدد ۴ خوب، عدد ۳ متوسط، عدد ۲ ضعیف و عدد ۱ بسیار ضعیف را نشان داد. از ارزیاب‌ها خواسته شد تا نمونه‌های زعفران خشک‌شده را در پنج ویژگی رنگ، بو، مزه، بافت و پذیرش کلی ارزیابی نمایند [۲۴].

۵.۲. روش آماری

این تحقیق در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح آماری کاملاً تصادفی با یک فاکتور روش خشک‌کردن در شش سطح (روش

جدول (۱) ویژگی‌های نمونه‌های کلاله تازه زعفران.

Table 1 Stigma properties of fresh saffron.

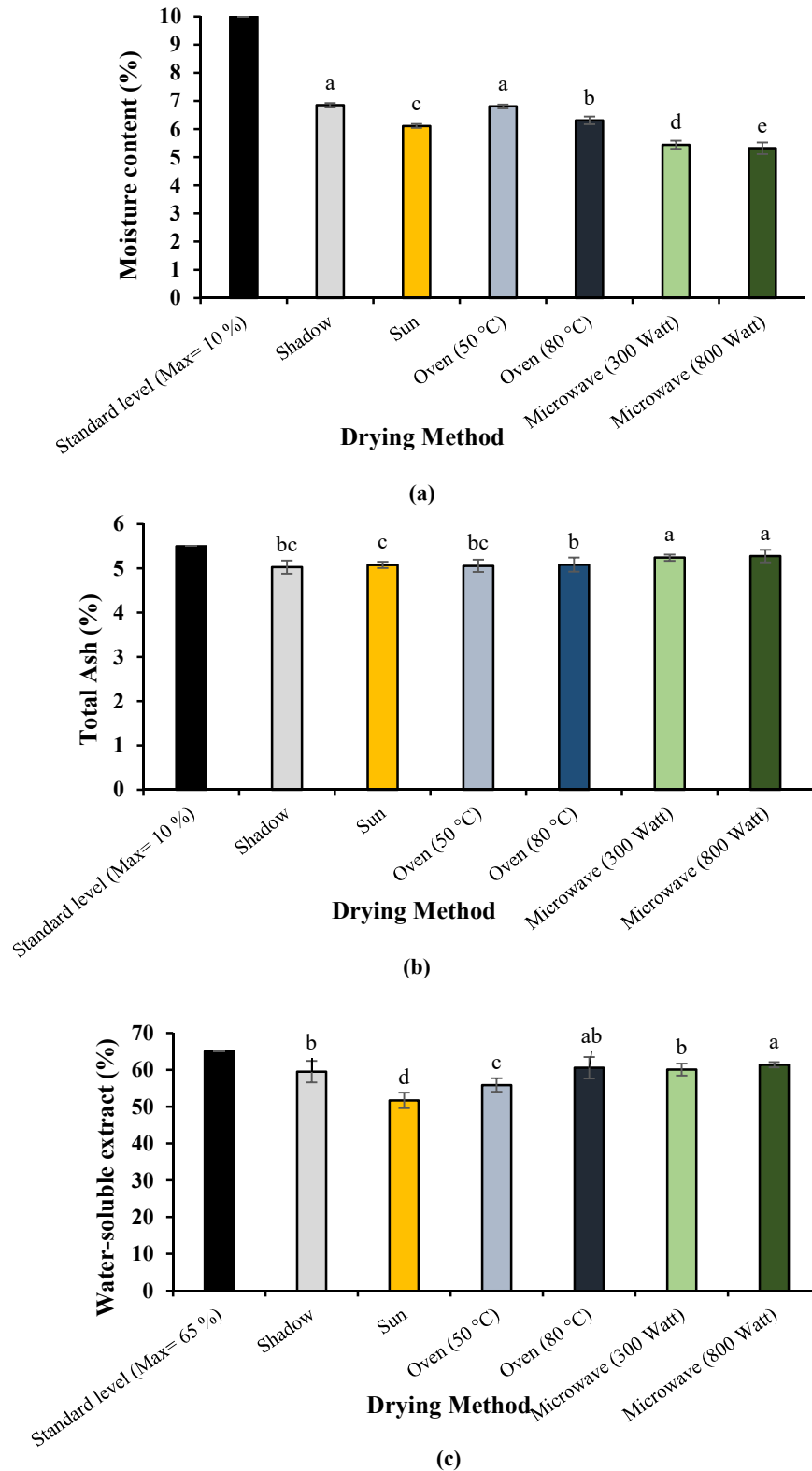
شمارش کلی میکروارگانیس‌ها Total counts (log CFU/g)	کپک و مخمر Mold and yeasts log (CFU/g)	خاکستر کل Total ash (%)	رطوبت Moisture (%)	متوسط قطر کلاله Mean stigma diameter (mm) (n = 120)	متوسط طول کلاله Mean stigma length (mm) (n = 120)	بازده کلاله تازه Stigma yield (%) (n = 120)	اجزای گل زعفران Saffron flower components (%) (n = 120)		
							کلاله (Stigma)	خامه (Style)	پرچم (Stamen)
4.8	2.8	5.02	84	1.29	2.87	49.36	7.59	2.11	8.52

مشاهد گردید. کاهش میزان عصاره در روش آفتابی را می‌توان به طولانی تر بودن زمان خشک شدن و یا انهدام برخی ترکیبات موثره زعفران طی خشک شدن آفتابی نسبت داد (شکل (c-1)).

۲.۲.۳. کروسین، پیکروکروسین، سافرانال و ظرفیت ضد اکسایشی

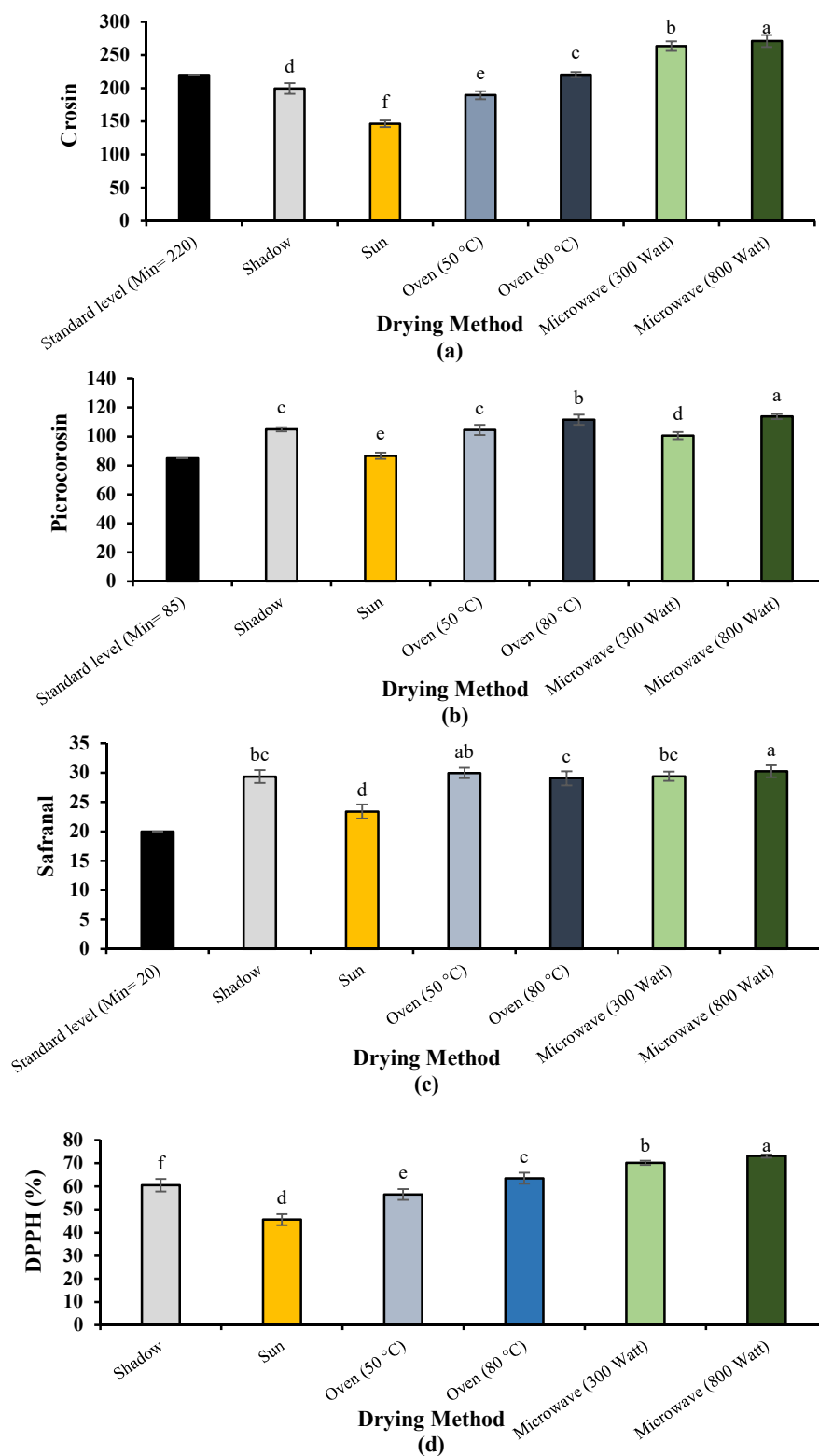
همان طور که در شکل (۲) مشاهده می‌گردد روش‌های تحت بررسی خشک کردن به صورت معنی‌داری ($p < 0.01$) محتوی کروسین، پیکروکروسین و سافرانال و ظرفیت ضد اکسایشی نمونه‌ها را تحت تاثیر قرار داده اند. مطابق شکل (a-۲) بیشترین مقدار جذب کروسین در شرایط خشک کردن به روش مایکروویو در هر دو شدت زیاد تا ۲۷۱ و شدت کم تا ۲۶۳/۵ و کمترین مقدار جذب کروسین برای شرایط خشک کردن آفتابی معادل ۱۴۶/۵ حاصل شده است. تونگ و همکاران نیز گزارش نمودند که زعفران‌های خشک شده به روش مایکروویو در مقایسه با روش آون الکتریکی، از مقدار کروسین و شدت رنگدگی بالاتری بر خوردار هستند که با نتایج این تحقیق هماهنگی دارد [۲۹]. آکار و همکاران نیز کاهش ۴۰ درصدی قدرت رنگ دهی به دلیل طولانی بودن و در نتیجه تجزیه آنزیمی کروسین طی خشک کردن آفتابی رشته‌های زعفران را در مقایسه با روش خشک کردن انجمادی گزارش نمودند [۳۰]. بر طبق شکل (a-۲) با افزایش توان امواج مایکروویو از ۳۰۰ به ۸۰۰ W و دمای خشک‌کن در آون الکتریکی از ۵۰ به ۸۰ °C، مقدار کروسین رشته‌های زعفران روند افزایشی معنی‌داری را نشان می‌دهد ($p < 0.01$) و این در حالی است که مقدار کروسین و در نتیجه شدت رنگ دهی رشته‌های خشک شده زعفران با مایکروویو در هر

باقی‌مانده زعفران به تنظیم رابطه زمان و دمای مورد استفاده بستگی دارد که با نتایج این تحقیق هماهنگی دارد [۲۷]. شکل (b-۱) نیز نشان دهنده افزایش معنی‌دار ($p < 0.01$) میزان خاکستر کل رشته‌های زعفران خشک شده با استفاده از هردو توان روش مایکروویو در مقایسه با سایر روش‌ها، است. این افزایش را می‌توان تا حدی به کم‌تر بودن رطوبت رشته‌های زعفران خشک شده با استفاده از روش مایکروویو در مقایسه با سایر روش‌ها مرتبط دانست. البته میزان خاکستر زعفران که نشان دهنده ترکیبات معدنی آن است، بستگی مستقیمی به نوع خاک منطقه رشد گیاه زعفران و شرایط آب و هوایی آن منطقه دارد. اعداد حاصل از مقادیر خاکستر کل با نتایج سایر محققین [۱۹، ۲۵] و همچنین استاندارد ملی شماره ۱-۲۵۹ ایران مطابق دارد [۶]. احمدیان و همکاران با استناد به استاندارد ملی شماره ۱-۲۵۹ ایران [۶] که نشان دهنده افزایش درصد خاکستر از ۵/۵ به ۷٪، با افزایش درصد جرمی خامه در رشته‌های زعفران با درجه کیفی ممتاز تا درجه کیفی شماره ۴ می‌باشد، باقی‌مانده خامه در رشته‌های زعفران خشک شده در مناطق مختلف خراسان را عامل افزایش میزان خاکستر زعفران هر منطقه اعلام کردند [۲۸]. روش‌های مختلف خشک کردن اثر معنی‌داری بر مقدار عصاره محلول در آب سرد رشته‌های زعفران ($p < 0.01$) داشتند. بیشترین مقدار عصاره محلول در آب سرد در نمونه‌های خشک شده با روش مایکروویو با توان ۸۰۰ W معادل ۶۱/۳۵٪ و کمترین آن در نمونه‌های خشک شده به روش آفتابی به مقدار ۵۱/۶۸٪ حاصل شد. افزایش مثبت و معنی‌داری ($p < 0.01$) در میزان عصاره‌دهی با افزایش دمای آون از ۵۰ به ۸۰ °C تا ۷/۷۵٪ و همچنین افزایش توان مایکروویو از ۳۰۰ به ۸۰۰ W تا ۲/۲۵٪



شکل (۱) اثر روش‌های مختلف خشک کردن بر درصد رطوبت (a)، درصد خاکستر کل، (b) و درصد عصاره محلول در آب سرد و (c) رشته‌های زعفران خشک شده. حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار در سطح ۱٪ است.

Fig. 1 Effect of drying methods on moisture content a), total ash b) and water-soluble extract c) of dried saffron. Means in the same column followed by the same letter are not significantly different at the % 1.



شکل (۲) اثر روش‌های مختلف خشک کردن بر (a) کروستین، (b) پیکروکروسین، (c) سافرانال و (d) ظرفیت ضد اکسایشی رشته‌های زعفران خشک شده. حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار در سطح ۱٪ است.

Fig. 2 Effect of drying methods on a) crostin, b) picrocorosin, c) safranal and d) antioxidant activity (DPPH) of dried saffron. Means in the same column followed by the same letter are not significantly different at the % 1.

در دماهای بالا و پایین اعلام نمودند که افزایش دمای خشک کردن ضمن کاهش زمان خشک شدن افزایش شدت رنگ دهی و میزان کروسین را به دنبال خواهد داشت [۵]. گروه‌وری و همکاران بیان داشتند که خشک کردن در محدوده دمای 80°C نسبت به دماهای پایین و در محدوده 40°C بهبود شدت رنگ زعفران را به دنبال خواهد داشت [۱۴]. عاطفی و همکاران با مقایسه روش‌های مختلف خشک کردن انجمادی، تفت دادن، آون الکتریکی در مقایسه با روش خشک کردن سنتی و در سایه اعلام کردند که روش خشک کردن در سایه از کم‌ترین کیفیت رنگ برخوردار است [۱۹]. مطالعات مظلومی و همکاران در خصوص اثر روش‌های مختلف خشک کردن شامل آفتابی، آون خلاء و مایکروویو بر عامل مولد رنگ یا همان کروسین زعفران، نشان داد که استفاده از روش خشک کردن مایکروویو، شدت رنگ بالاتری را در زعفران‌های خشک شده در مقایسه با سایر روش‌ها ایجاد می‌کند که با نتایج این تحقیق هماهنگی دارد [۲۵]. پیکروکروسین و سافرانال به‌عنوان دو عامل طعم و عطر در زعفران نقش بسیار مهمی را ایفا می‌کنند. این دو ترکیب از نظر ساختار شیمیایی بهم وابستگی خوبی دارند. سافرانال از گروه ترین‌ها می‌باشد که در زعفران تازه به‌صورت پیکروکروسین غیرفرار وجود دارد [۳۴]. پیکروکروسین یا بتا دی گلوکوزید هیدروکسی سافرانال، طی تجزیه حرارتی به‌طور مستقیم و یا با تجزیه آنزیمی توسط آنزیم بتا گلوکوزیداز ابتدا به ۴ هیدروکسی و ۶ و ۶ تری متیل ۱ سیکلوگگزن ۱ کربوکسل آلدئید (HTCC) و سپس طی مرحله آبگیری به ترکیب معطر سافرانال تبدیل می‌شود. بنابراین می‌توان چنین دریافت که تفاوت در مقدار عطر و طعم زعفران خشک شده وابستگی مستقیمی به نوع روش خشک کردن آن دارد [۸]. همان‌طور که در شکل‌های ۲-b و ۲-c نیز مشاهده می‌گردد، روش‌های مختلف خشک کردن اثر معنی‌داری بر مقادیر پیکروکروسین (طعم) و سافرانال (عطر) موجود در رشته‌های زعفران خشک شده ($p < 0/01$) دارند. به‌طوری که بیش‌ترین مقدار پیکروکروسین و سافرانال به‌ترتیب در زعفران‌های خشک شده به روش مایکروویو با توان بالا و تا 800 W و کم‌ترین آن‌ها در زعفران‌های خشک شده در آفتاب اندازه‌گیری شد. تونگ و همکاران با بررسی توان‌های مختلف امواج مایکروویو بر خشک کردن رشته‌های زعفران بیان داشتند که با افزایش توان امواج مایکروویو تا 600 W طی خشک کردن رشته‌های زعفران،

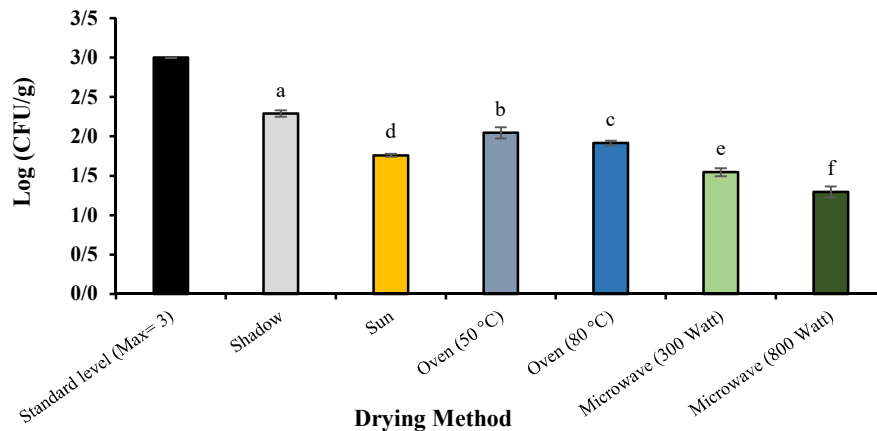
دو توان بالا و پایین و آون الکتریکی با دمای 80°C نیز در مقایسه با سایر روش‌ها، به‌صورت معنی‌داری ($p < 0/01$) افزایش یافته است که با امتیاز کروسین زعفران ممتاز که معادل جذب ۲۲۰ در استاندارد ملی ایران مطابقت دارند [۶]. کاهش زمان خشک کردن و حفظ ساختار شیمیایی ترکیبات رنگ‌دهنده و بافت محصول خشک شده با استفاده از خشک کردن با انرژی مایکروویو در خصوص سایر محصولات کشاورزی نیز توصیه شده است [۳۱]. با توجه به حضور بیش‌ترین ترکیبات کاروتنوئیدی عامل رنگ زعفران یا همان کروسین استر، در کروموپلاست سلول، بنابراین به‌کارگیری دماهای بالای خشک کردن زعفران، احتمال تسریع در روند آزاد سازی رنگدانه‌ها را از کروموپلاست سلول را افزایش می‌دهد [۳۲]. مقصودی و همکاران استفاده از دماهای بسیار زیاد و یا بسیار کم در خشک کردن زعفران را به‌ترتیب به دلیل تجزیه حرارتی کروسین و یا تجزیه آنزیمی آن نامطلوب ارزیابی نمودند. هم‌چنین نتیجه‌گیری کردند که به دلیل کاهش زمان خشک کردن در طی استفاده از دماهای بالا احتمال تجزیه حرارتی کروسین کاهش یافته و فعالیت آنزیم‌های تجزیه کننده کروسین به دلیل دناتور شدن حرارتی متوقف می‌گردد [۱۵]. علاوه بر دمای خشک کردن کاهش محتوی رطوبت و فعالیت آبی رشته‌های زعفران خشک شده نقش مهمی در کاهش تجزیه آنزیمی رنگدانه کروسین دارد به این ترتیب که اکسیداسیون کاروتنوئیدهای زعفران را با افزایش فعالیت آبی از $0/3$ تا $0/75$ افزایش می‌دهد. این رفتار ناشی از حلالیت بیش‌تر کاروتنوئیدهای زعفران نسبت به سایر کاروتنوئیدها و دسترسی بیش‌تر اکسیژن حل شده به رنگدانه‌ها می‌گردد [۳۳]. در شکل ۲-a) میزان کروسین در زعفران‌های خشک شده در سایه و یا دمای پایین آون الکتریکی معادل 50°C ، کاهش معنی‌داری ($p < 0/01$) را نشان می‌دهد. دلیل این پدیده را می‌توان به دمای پایین و طولانی بودن زمان خشک کردن در سایه و در نتیجه فراهم شدن شرایط برای تجزیه آنزیمی کروسین مرتبط دانست. رینا و همکاران بیان داشتند که خشک کردن زعفران در دمای پایین تا حدود 45°C نه تنها منجر به طولانی شدن زمان خشک شدن خواهد شد، بلکه با فراهم شدن شرایط تخمیر، افزایش فعالیت آنزیم‌های شکننده کروسیتین استر و در نتیجه کاهش رنگ دهی زعفران خشک شده را به دنبال خواهد داشت [۱۱]. کارمونا و همکاران نیز با مطالعه خشک کردن رشته‌های زعفران

ظرفیت ضد اکسایشی بالاتری در مقایسه با زعفران‌های خشک‌شده در آون الکتریکی و آون تحت خلا داشته و اعلام شد که ظرفیت ضد اکسایشی در زعفران منحصر به یک ترکیب خاص نمی‌باشد و مجموعه‌ای از ترکیبات سازنده در این مهم نقش اساسی بازی می‌کنند [۲۹]. چن و همکاران نیز با مطالعه ویژگی‌های شیمیایی زعفران‌های خشک‌شده ترکیب کروسیل و سایر ایزومرهای آن را به‌عنوان ترکیب اصلی با نقش ضد اکسایشی اعلام کردند. [۳۷].

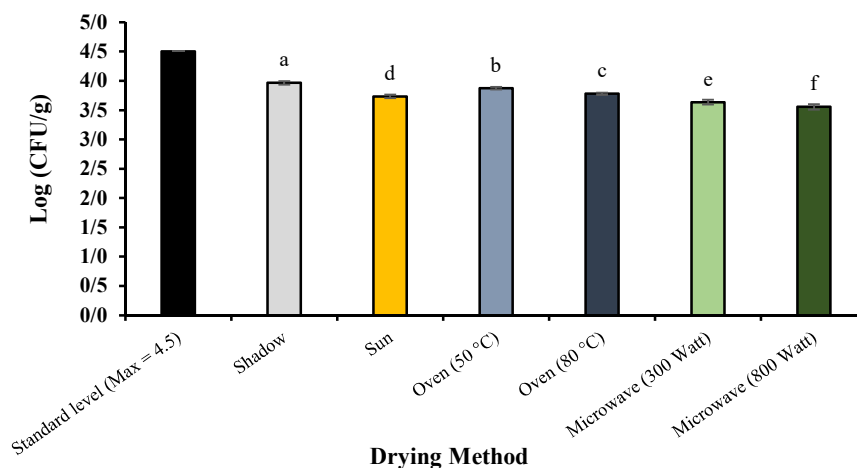
۳.۲.۳. ویژگی‌های میکروبی زعفران

به‌طور کلی آلودگی میکروبی زعفران در مقایسه با سایر ادویه‌ها کم‌تر گزارش شده است [۳۸]. خزایی و همکاران دو مرحله برداشت زعفران و خشک‌کردن آن را به‌عنوان اصلی‌ترین مراحل احتمال افزایش آلودگی میکروبی زعفران گزارش نمودند [۳۹]. نمودارهای (۳-b و ۳-a) بیانگر تاثیر معنی‌دار ($p < 0.01$) انواع روش‌های خشک‌کردن به‌کار گرفته شده بر کاهش بار میکروبی نمونه‌های زعفران است. تمامی زعفران‌های خشک‌شده به روش‌های مختلف از نظر آلودگی به کپک و مخمر و شمارش کلی میکروارگانیسیم‌ها کم‌تر از حد مجاز استاندارد ملی ایران که معادل $3 \log \text{CFU/g}$ برای کپک و مخمر و $4.5 \log \text{CFU/g}$ برای شمارش کلی میکروارگانیسیم‌ها اعلام شده است، بودند [۲۵، ۶]. مطابق با شکل‌های (۳-b و ۳-a)، کم‌ترین آلودگی میکروبی ($p < 0.01$) در زعفران‌های خشک‌شده به روش مایکروویو با توان بالا و شامل $1/2 \log \text{CFU/g}$ برای کپک و مخمر و $3/55 \log \text{CFU/g}$ برای شمارش کلی میکروارگانیسیم‌ها و بیش‌ترین آلودگی میکروبی در زعفران‌های خشک‌شده در سایه به ترتیب شامل $2/29 \log \text{CFU/g}$ برای کپک و مخمر و $3/96 \log \text{CFU/g}$ برای شمارش کلی میکروارگانیسیم‌ها، قابل مشاهده است. میرمصطفایی و همکاران کاهش محسوس و معنی‌دار آلودگی میکروبی در نمونه‌های خشک‌شده نعنای فلفلی با روش مایکروویو در مقایسه با سایر روش‌ها را گزارش نمودند [۴۰]. مطابق شکل‌های (۳-b و ۳-a)، با افزایش توان مایکروویو از ۳۰۰ به ۸۰۰ W، متوسط تعداد کپک و مخمر تا ۱۷٪ و تعداد کلی میکروارگانیسیم‌ها تا ۳٪ در زعفران‌های خشک‌شده روند کاهشی معنی‌داری ($p < 0.01$) نشان را می‌دهد. هم‌چنین روند کاهش آلودگی نمونه‌ها با افزایش دمای

میزان سافرانال روند افزایشی معنی‌داری را نشان می‌دهد که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد [۲۹]. شکل (۲-c) نشان دهنده کاهش معنی‌دار ($p < 0.01$) محتوی مقدار سافرانال زعفران خشک‌شده با افزایش دمای خشک‌کردن در آون الکتریکی از ۵۰ تا ۸۰ °C است. این پدیده را می‌توان به عدم کفایت دمای لازم برای تسریع در تجزیه پیکروکروسین به سافرانال علی‌رغم دناتوره شدن آنزیم‌های تجزیه‌کننده پیکروکروسین مرتبط دانست [۱۵]. سعیدی راد و همکاران نیز نتایج مشابهی در خصوص همگام بودن افزایش دمای خشک‌کردن و تولید سافرانال بیش‌تر در زعفران‌های خشک‌شده ارائه دادند [۳۵]. همان‌طور که در شکل (۲-c) مشاهده می‌گردد، با وجود این‌که سافرانال در زعفران‌های خشک‌شده در سایه نسبت به روش خشک‌کردن آفتابی بیش‌تر تولید شده، اما در مقدار سافرانال موجود در این نوع زعفران‌ها تفاوت آماری معنی‌داری در مقایسه با سافرانال تولیدی در زعفران خشک‌شده به روش آون الکتریکی در هر دو دمای به‌کار رفته و روش مایکروویو با توان کم مشاهده نمی‌گردد ($p < 0.01$). بالا بودن مقدار سافرانال تولیدی در زعفران‌های خشک‌شده در سایه در نتایج سایر محققان نیز ذکر شده است [۱۹، ۲۵]. همان‌طور که در شکل (۲-d) مشاهده می‌گردد بیش‌ترین و کم‌ترین ظرفیت ضد اکسایشی به‌ترتیب در رشته‌های زعفران خشک‌شده با روش مایکروویو با توان بالا تا ۷۳/۱۵٪ و با روش آفتاب تا ۴۵/۵۸٪ در مقایسه با سایر روش‌های خشک‌کردن حاصل شده است ($p < 0.01$). نتایج این بخش با نتایج حاصل از مقادیر کروسیل و سافرانال زعفران‌های خشک‌شده با روش مایکروویو و آفتابی هم‌مانگی دارد (شکل‌های ۲-c و ۲-d). شکل (۲-d) نشان دهنده افزایش معنی‌دار ($p < 0.01$) ظرفیت ضد اکسایشی رشته‌های خشک‌شده زعفران با افزایش دمای خشک‌کردن است. این افزایش را می‌توان به افزایش میزان کروسیل تولیدی در این شرایط نسبت داد (شکل ۲-a). خاصیت فراسودمندی و قدرت بالای ضد اکسایشی زعفران را می‌توان به دو ترکیب اصلی کروسیل و سپس سافرانال مرتبط دانست. کروسیل به‌عنوان یک ترکیب زیست‌فعال کاروتنوئیدی بیش‌ترین سهم فعالیت ضد اکسایشی زعفران را دارد و هم‌چنین سافرانال نیز به‌عنوان یک ترکیب منوترپنی آلدئیدی قدرت ضد اکسایشی خوبی دارد [۳۶]. در مطالعه دیگر، بررسی روش‌های خشک‌کردن زعفران نشان داد که زعفران‌های خشک‌شده به روش مایکروویو



(a)



(b)

شکل (۳) اثر روش‌های مختلف خشک کردن بر (a) تعداد کپک و مخمر و (b) شمارش کلی میکروارگانیسم‌های رشته‌های زعفران خشک شده. حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار در سطح ۱ درصد است.

Fig. 3 Effect of drying methods on a) mold and yeast and b) total aerobic bacteria populations of dried saffron. Means in the same column followed by the same letter are not significantly different at the % 1

مایکروویو، میزان آلودگی میکروبی زعفران خشک شده به کپک‌ها و مخمرها و باکتری‌ها روند کاهشی معنی‌داری را نشان می‌دهد که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد [۴۲]. مظلومی و همکاران با بررسی روش‌های مختلف خشک کردن زعفران تازه، اعلام کردند که شمارش تعداد کلی میکروارگانیسم‌ها و کپک و مخمر در نمونه‌های زعفران‌های خشک شده به روش مایکروویو کم‌تر از سایر نمونه‌ها از جمله روش آون الکتریکی، سایه و آفتاب بود [۲۵].

۴.۲.۳. ویژگی‌های حسی زعفران

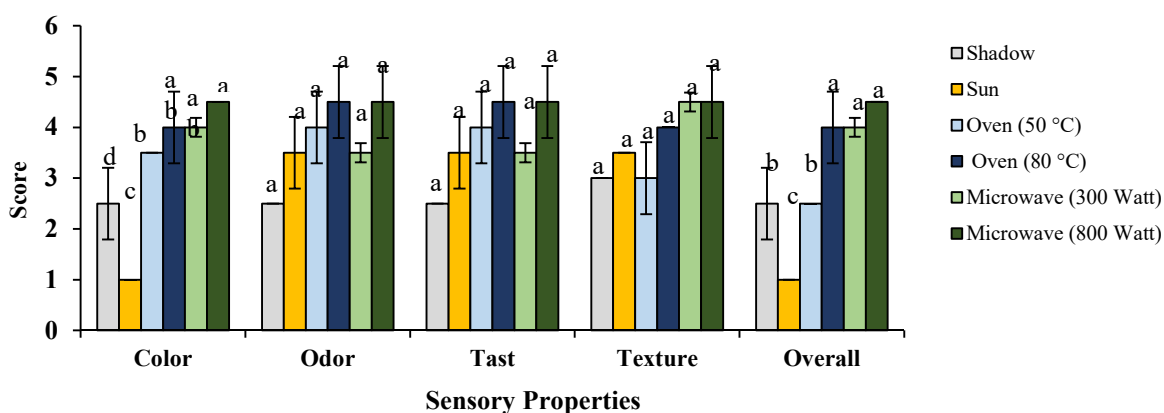
همان‌طور که در شکل (۴) مشاهده می‌شود ارزیاب‌ها تاثیر روش خشک کردن بر دو ویژگی حسی رنگ و پذیرش کلی

خشک کردن در آون الکتریکی از ۵۰ تا ۸۰ °C نیز با کاهش متوسط تعداد کپک و مخمر تا ۶/۳٪ و تعداد کلی میکروارگانیسم‌ها تا ۲/۳٪ همراه است. جانکوویچ و همکاران با بررسی اثر امواج مایکروویو بر رشد میکروارگانیسم‌ها بیان داشتند که افزایش توان مایکروویو با کاهش تعداد میکروارگانیسم‌ها همگام بوده و آسیب حرارتی ناشی از افزایش دما در اثر تابش امواج مایکروویو و هم‌چنین تخریب غشاء سلولی و اختلال در کار کرد پروتئین‌های درون سلولی را به‌عنوان دلایل اصلی انهدام میکروارگانیسم‌ها در اثر امواج مایکروویو هستند [۴۱].

حسینی‌نژاد با بررسی توان‌های مختلف امواج مایکروویو بر خشک کردن رشته‌های زعفران بیان داشتند که با افزایش توان

تحقیقات که اعلام داشتند زعفران‌های خشک‌شده در سایه از پذیرش عطر و بوی مطلوبی برخوردار هستند، هماهنگی دارد [۴۳]. پارادو و همکاران با بررسی اثر روش‌های خشک‌کردن بر ویژگی‌های حسی زعفران، گزارش دادند که نمونه‌های خشک‌شده در شرایط دمایی اتاق از ویژگی‌های حسی رنگ و عطر نامطلوب‌تری در مقایسه با سایر روش‌ها برخوردار می‌باشند [۴۴]. میزان چروکیدگی، پیچش، شکننده بودن و قابلیت پودر شدن رشته‌های زعفران خشک‌شده، از جمله عوامل موثر در سنجش ویژگی حسی بافت نمونه‌ها است [۴۵]. اگرچه اثر روش‌های خشک‌کردن بر بافت نمونه‌ها در این مطالعه از نظر ارزیاب‌ها معنی‌دار تشخیص داده نشد اما نتایج ارائه شده در شکل (۴) نشان دهنده افزایش میزان پذیرش حسی بافت نمونه‌های خشک‌شده با امواج مایکروویو با توان زیاد 800 W در مقایسه با سایر روش‌ها است. به‌طور کلی خشک‌کردن فرآورده‌های گیاهی تحت امواج مایکروویو علاوه بر کاهش مدت زمان فرایند، ضمن حفظ ترکیبات رنگ‌دهنده، کیفیت مواد موثره موجود در آن‌ها را نیز بهبود بخشیده و به دلیل پخش شدگی سریع و همگن امواج مایکروویو در نمونه، روشی سریع و مطمئن در ارائه محصولی با کیفیت مطلوب است [۴۶]. عاطفی و همکاران با مقایسه اثر روش‌های مختلف خشک‌کردن شامل آون الکتریکی، آفتابی، سایه و انجمادی، بر کیفیت زعفران، گزارش نمودند که نمونه‌های خشک‌شده به روش انجمادی کم‌ترین امتیاز پذیرش حسی رنگ،

نمونه‌ها را معنی‌دار ($p < 0.01$) تشخیص دادند در حالی که تفاوت معنی‌داری میان نمونه‌ها در سه ویژگی حسی بو، مزه و بافت گزارش نکردند. پس از اتمام فرایند خشک‌کردن، به‌ترتیب نمونه‌های خشک‌شده به روش مایکروویو با توان زیاد 800 W و آون با دمای 80°C ، بیش‌ترین و در نمونه‌های خشک‌شده به روش آفتابی، کم‌ترین امتیاز حسی رنگ، بافت، بو، مزه و پذیرش کلی را از ارزیاب‌ها دریافت کردند. کاهش قدرت رنگ دهی نمونه‌های خشک‌شده با آفتاب را می‌توان به فتواکسیداسیون کروستین زعفران مرتبط دانست [۳۹]. این نتایج هماهنگی خوبی با نتایج قدرت رنگ دهی یا میزان کروستین، تلخی یا میزان پیکروکروستین و عطر دهی یا میزان سافرانال نمونه‌ها دارند (شکل ۲). آکر و همکاران نیز با بررسی روش‌های مختلف خشک‌کردن رشته‌های زعفران، گزارش نمودند که رنگ دهی نمونه‌های خشک‌شده به روش آفتابی در مقایسه با سایر روش‌ها شدت کم‌تری دارد [۳۰]. ارزیاب‌ها قدرت رنگ‌دهی نمونه‌های خشک‌شده در سایه نسبت به سایر نمونه‌ها بجز زعفران‌های خشک‌شده در آفتاب را، به‌صورت معنی‌داری ($p < 0.01$) نامطلوب ارزیابی نمودند (شکل ۴). اگرچه ارزیاب‌ها تفاوت معنی‌داری در شدت بوی نمونه‌های خشک‌شده تشخیص ندادند اما بر اساس نتایج موجود در شکل (۴)، این ویژگی در نمونه‌های خشک‌شده در سایه در مقایسه با آفتاب تا حدی مطلوب‌تر تشخیص داده شده است که با نتایج تغییرات میزان سافرانال در شکل (۲-c) هماهنگی مطلوبی دارد. همچنین این نتایج با نتایج دیگر



شکل (۴) اثر روش‌های مختلف خشک‌کردن بر ویژگی‌های حسی رشته‌های زعفران خشک‌شده. حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ است.

Fig. 4 Effect of drying methods on sensory properties of dried saffron. Means in the same column followed by the same letter are not significantly different at the % 5.

به این که کاشت زعفران در استان کردستان تازه آغاز شده، لذا بررسی کیفیت زعفران کاشته شده در این منطقه و انتخاب بهترین روش خشک کردن زعفران این منطقه ضروری به نظر می‌رسید. نتایج این مطالعه نشان داد که زعفران کاشته شده در شهرستان سقز استان کردستان از کیفیت بالایی در مقایسه با استاندارد ملی ایران برخوردار است که البته این کیفیت بسته به نوع و روش خشک تا حدی متفاوت می‌باشد. نتایج نشان داد که به کارگیری روش‌های خشک کردن صنعتی از قبیل مایکروویو و آون الکتریکی در مقایسه با روش سنتی سایه یا آفتاب، تاثیر معنی داری بر رنگ، طعم و عطر زعفران تولیدی دارد. افزایش دمای خشک کردن در شرایط آون الکتریکی و یا افزایش شدت امواج مایکروویو باعث تولید عطر و طعم و رنگ مطلوب تری در زعفران‌های تولیدی شد. بهترین روش خشک کردن زعفران منطقه سقز کردستان، خشک کردن تحت امواج مایکروویو با توان ۸۰۰ W حاصل شد. ارزیابی حسی نمونه‌ها نیز نشان از برتری روش خشک کردن با مایکروویو با شدت بالا در مقایسه با سایر روش‌ها بود. از طرف دیگر آلودگی میکروبی نمونه‌های خشک شده در مایکروویو و نمونه‌های آفتابی در مقایسه با دیگر روش‌ها کم تر بود. به هر ترتیب می‌توان چنین نتیجه گرفت که با توجه به ظرفیت بالا منطقه و از طرفی کیفیت مطلوب زعفران کشت شده می‌توان با بهینه سازی روش‌های خشک کردن و استفاده از روش مایکروویو در خشک کردن، محصولی با کیفیت بالا به بازار عرضه نمود.

بو و پذیرش کلی و نمونه‌های خشک شده با آون الکتریکی در دمای ۵۰ °C، کمترین امتیاز پذیرش حسی بافت را دریافت کردند [۱۹]. همتی کاخکی با مطالعه اثر روش‌های مختلف خشک کردن بر ویژگی‌های حسی رنگ، طعم و عطر رشته‌های زعفران، به ترتیب استفاده از روش خشک کن کابینی، روش اسپانیایی، روش خشک کردن تحت خلا و روش سنتی ایران را از نظر حفظ ویژگی‌های حسی مطلوب ارزیابی نمودند [۴۷]. پارودو و همکاران انتخاب دما و زمان مناسب و هم چنین نوع روش خشک کردن را در بهینه سازی ویژگی‌های حسی از قبیل قدرت رنگ دهی و شدت بوی زعفران خشک شده معنی دار ارزیابی نمودند و گزارش نمودند که نمونه‌های خشک شده تحت شرایط خشک کن‌های کابینی در مقایسه با شرایط دمایی اتاق، از پذیرش حسی رنگ و عطر مطلوب تری برخوردار هستند که با نتایج این تحقیق هماهنگی دارد [۴۴].

۴. نتیجه گیری

تولید زعفران به عنوان یک محصول با نیاز آبی پایین در چند سال اخیر در کردستان مورد استقبال کشاورزان این منطقه قرار گرفته است. مهم‌ترین هدف از توسعه کشت زعفران تغییر الگوی کشت به دلیل محدود بودن نیاز آبی زعفران به خصوص در مناطق کم آب است. خشک کردن زعفران بخش اصلی و ضروری پس از برداشت زعفران بوده و طی این فرایند با کاهش ۸۰ درصدی وزن کلاله‌ها، تغییرات فیزیکی و بیوشیمیایی لازم در آن‌ها ایجاد شده و در نهایت محصولی با ویژگی‌های مطلوب تولید می‌شود. با توجه

منابع

- [۱] هو شیدری، ف. (۱۳۸۸) گیاهان دارویی استان کردستان. فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، جلد ۲۵، شماره ۱، ص ۹۲-۱۰۳.
- [۲] اصغری لمجانی، ص؛ ایزدی، ع. (۱۳۹۵) وا کاوی نقش زعفران در اشتغالزایی خانوارهای روستایی. نشریه پژوهش‌های زعفران، جلد ۴، شماره ۲، ص ۲۱۰-۲۲۸.
- [۳] زرگری، ع. (۱۳۷۰) گیاهان داوری. چاپ پنجم، انتشارات دانشگاه تهران. جلد ۴، ص ۵۷۸-۵۷۴.
- [4] Esmaeilian, Y., Galavi, M., Galavi, M., Mashhadi Akbar Boobar, M. (2012). Diurnal variability of stigma compounds of saffron. *Annal Biol. Res.*, 3, 562-1568.
- [5] Carmona, M., Zalacain, A, Pardo, J.E., Lopez, E., Alvarruiz, A., Alonso, G.L. (2005). Influence of different drying and aging on saffron constituents. *J. Agr. Food Chem.*, 53, 3974-3979.
- [۶] سازمان ملی استاندارد ایران، ۱۳۹۱. زعفران- ویژگی‌ها. شماره ۱-۲۵۹.
- [7] ISO 3632. Saffron (*Crocus sativus* L.). Part 1 (Specification) and Part 2 (Test methods); International

- [۲۱] سازمان ملی استاندارد ایران، ۱۳۸۸. میکروبیولوژی زعفران- ویژگی‌ها. شماره ۵۶۸۹.
- [۲۲] سازمان ملی استاندارد ایران، ۱۳۹۳. میکروبیولوژی زنجیره غذایی- روش جامع برای شمارش میکروارگانیسم‌ها قسمت ۱: شمارش کلنی در ۳۰ درجه سانتی‌گراد با استفاده از کشت آمیخته. شماره ۱-۵۷۲۷۲.
- [23] Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Sci. Technol.*, 28(1), 25-30.
- [24] ISO, (2006). Sensory analysis-Methology-Ranking, International Organization for Standardization, ISO 8587:1988. Geneva, Switzerland.
- [۲۵] مظلومی، م.ت؛ تسلیمی، ا؛ جمشیدی، ا؛ عاطفی، م؛ حاج سید جوادی، ن؛ کمیلی فنون، ر؛ و همکاران. (۱۳۸۶) مقایسه اثرات روش‌های خشک کردن به کمک خلاء، انجماد، خورشید، میکروویو با روش سنتی بر ویژگی‌های زعفران قائن. *مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران*، جلد ۲، شماره ۱، ص ۷۶-۶۹.
- [26] Sharifi, N., Hojjatoleslami, M., Jafari, M. (2016). Study of qualitative characteristics of saffron cultivated in different regions of Iran. *J. Herb. Drugs*, 6, 235-240.
- [27] Basker D, Palevirch D, Putievsky E. (1993). Saffron the costliest spice: drying and quality and price; *Acta Hort.*, 344, 86-97.
- [28] Ahmadian, R., Hosseini, F., Salami, M. (2016). Investigation of physicochemical properties and microbial contamination of saffron style. *JPHS.*, 6, 235-240.
- [29] Tong, Y., Zhu, X., Yan, Y., Liu, R., Gong, F., Zhang, L., Hu, J., Fang, L., Wang, R., Wang, P. (2015). The influence of different drying methods on constituents and antioxidant activity of saffron from china. *Int. J. Anal. Chem.*, 2015, Article ID 953164, 8 pages.
- [30] Acar, B., Sadikoglu, H., Ozkaymak, M. (2011). Freeze Drying of Saffron (*Crocus sativus* L.). *Drying Technol.*, 29, 1622-1627.
- [۳۱] شمایی، س؛ امام جمعه، ز. (۱۳۸۹) اثر پیش تیمار و روش‌های مختلف خشک کردن بر روند خشک شدن، بافت، رنگ، مقدار و سرعت باز جذب آب ورقه‌های قارچ دکمه‌ای (*Agaricus bisporus*). *پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران*، جلد ۶، شماره ۳، ص ۲۰۰-۱۹۳.
- [32] Del Campo, C.P., Carmona, M., Maggi, L., Kanakis, C.D., Anastasaki, E. G., Tarantilis, P.A., Polissiou, M.G. Alonso, G.L. (2010). Effects of mild temperature conditions during dehydration procedures on saffron quality parameters. *J. Sci. Food Agric.*, 90, 719-725.
- Organization for Standarization: Gene`ve, Switzerland, 1993.
- [8] Alonso, G.L. و Salinas, M.R. و Sanchez-Fernandez, M.A., Garijo, J.N. (2001). Safranal content in Spanish saffron. *Food Sci. Technol. Int.*, 7, 225-229.
- [9] Maggi, L., Carmona, M., Sánchez, A.M., Alonso, G.L. (2012). Saffron flavor: compounds involved, biogenesis and human perception. *Func. Plant Sci. Biotech.*, 4, 45-55.
- [10] Alonso, G.L, Salinas, M.R., Est'ebanez-Infantes, F.J., S'anchez, M.A. (1996). Determination of safranal from saffron (*Crocus sativus* L.) by Thermal desorption-gas chromatography. *J. Agr. Food Chem.*, 44, 185-188.
- [11] 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 Agr.*, 71, 27-32.
- [12] Mounira, L., Bernardo, M., Luigi, C.P., Guido, F., Fatima, G., Khadija, B., Abdelmjid, Z., Luisa, P. (2015). Phytochemical composition of Moroccan saffron accessions by headspace solid-phase microextraction. *Am. J. Esse. Oils Nat. Prod.*, 53, 3974-3979.
- [13] Kanakis Charalabos, D., Daferera Dimitra, J., Tarantilis Petros, A., Polissiou Moschos, G. (2004). Qualitative determination of volatile compounds and quantitative evaluation of safranal and 4-hydroxy- 2,6,6-trimethyl-1 cyclohexene-1-carboxaldehyde (htcc) in Greek saffron. *J. Agr. Food Chem.*, 52, 4515-4521.
- [14] Gregory, M.J., Menary, R.C., Davies, N.W. (2005). Effect of drying temperature and air flow on the production and retention of secondary metabolites in saffron. *J. Agr. Food Chem.*, 53, 5969-5975.
- [15] Maghsoodi, V., Kazemi, A., Akhondi, E. (2012). Effect of different drying methods on saffron (*Crocus Sativus* L) quality. *Iran. J. Chem. Chem. Eng.*, 31, 85-89.
- [16] Torki-Harchegani, M., Ghanbarian, D., Maghsoodi, V., Moheb, A. (2017). Infrared thin layer drying of saffron (*Crocus sativus* L.) stigmas: Mass transfer parameters and quality assessment. *Chin. J. Chem. Eng.*, 25, 426-432.
- [17] Tsimidou, M., Biliaderis, C.G. (1997). Kinetic studies of saffron (*Crocus sativus* L.) quality deterioration. *J. Agr. Food Chem.*, 45, 2890-2898.
- [18] Himeno, H., Sano, K. (1987) Synthesis of crocin, picrocrocin and safranal by saffron stigma-like structures proliferated in vitro. *Agr. Bioi. Chem.*, 51, 2395-2400.
- [۱۹] عاطفی، م؛ اکبری اوغاز، ع؛ مه‌ری، ا. (۱۳۹۲) اثرات خشک کردن بر ویژگی‌های شیمیایی و حسی زعفران. *مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران*، جلد ۸، شماره ۳، ص ۲۰۸-۲۰۱.
- [۲۰] سازمان ملی استاندارد ایران، ۱۳۹۱. زعفران- روش‌های آزمون. شماره ۲-۲۵۹.

of dehydration process on the sensory properties of saffron spice. *Ital. J. Food Sci.*, 4, 413-422.

[۴۵] آقایی، ز.، جعفری، س. م.؛ قربانی، م.، همتی، خ. (۱۳۹۶)

تأثیر روش‌های مختلف خشک‌کردن بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی زعفران. *علوم و صنایع غذایی*، جلد ۶۵، شماره ۱۴، ص ۱۳۸-۱۲۹.

[۴۶] خرم دل، س.؛ شباهنگ، ج.؛ قربانی، م.؛ اسدی، ق. (۱۳۹۲)

ارزیابی اثر روش‌های خشک‌کردن بر کمیت و کیفیت مهم‌ترین مواد مؤثره اسانس گونه‌های آویشن، بابونه، بادرنجبویه، ترخون و نعنا فلفلی. *اکوفیتوشیمی گیاهان دارویی*، جلد ۱، شماره ۱، ص ۳۶-۴۸.

[۴۷] همتی کاخکی، ع. (۱۳۸۰) بررسی تأثیر روش‌های مختلف

خشکانیدن در حفظ کیفیت زعفران. *پژوهش و سازندگی*، جلد ۱۴، شماره ۲، ص ۳۵-۳۲.

[۳۳] بلندی، م.؛ شهیدی، ف.؛ صداقت، ن.؛ فرهوش، ر.؛ قاسم زاده، ر. (۱۳۸۸) بررسی اثر دما، فعالیت آبی و مدت نگهداری بر شدت رنگ، عطر و تلخی کلاله زعفران. *علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی*، جلد ۱۳، شماره ۴۷، ص ۶۶-۶۱.

[۳۴] سالاری، ر.؛ حبیبی نجفی، م. ب.؛ کاراژبان، ح.؛ وزیرزاده، ب. (۱۳۸۹) ارزیابی تغییرات فیزیکوشیمیایی و میکروبی زعفران طی دوره نگهداری یک ساله. *مجله علوم و فناوری غذایی*، جلد ۲، شماره ۱، ص ۴۳-۳۵.

[35] Saedirad, M.H., Sharayei, P, Zarifneshat, S. (2014). Effect of drying temperature, air velocity and flower types on dried saffron flower quality. *Agric. Eng. Int.*, 16, 251-254.

[36] Assimopoulou, A.N., Sinakos, Z, Papageorgiou, V. P. (2005). Radical scavenging activity of crocus sativus extract and its bioactive constituents; *Phytother. Res.*, 19, 997-1000.

[37] Chen, Y., Zhang, H., Tian, X. Zhao, C., Cai, L. Liu, Y., Jia, L., Yin, H.Z., Chen, C. (2008). Antioxidant potential of crocins and ethanol extracts of *Gardenia jasminoides* ELLIS and *Crocus sativus* L.: a relationship investigation between antioxidant activity and crocin contents. *Food Chem.*, 109, 484-492.

[38] Cosano, I., Pintado, C., Acevedo, O., Novella, J.L., Alonso, G.L., Carmona, M., de la Rosa, C., Rotger, R. (2009). Microbiological quality of saffron from the main producer countries. *J. Food Prot.*, 72, 2217-20.

[39] Khazaei, N., Jouki, M., Kalbasi, A., Tavakolipour, H., Rajabifar, S., Sedeh, F.M., Jouki, A. (2011). Study of microbial critical points of saffron from farm to factory in Iran. *Int. Scholarly Sci. Res. & Innov.*, 5, 293-296.

[۴۰] میرمصطفایی، س.؛ عزیزی، م.، بحرینی، م.؛ آروبی، ح.، عروجعلیان، ف. (۱۳۹۲) تأثیر روش‌های مختلف خشک‌کردن بر سرعت کاهش وزن، میزان اسانس و بار میکروبی نعنا فلفلی.

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی، جلد ۲۰، شماره ۴، ص ۱۴۷-۱۳۳.

[41] Janković, S.M., Milošev, M.Z., Novaković, M. L. J. (2014). The effects of microwave radiation on microbial cultures. *Hospital Pharmacol.*, 1, 102-108.

[42] Hosseini Nejad, M. (2004). Evaluation of quality characteristics and microbial contamination of saffron samples dried by microwave. *Acta Hort.*, 650, 345-353.

[43] Ordoudi S, Tsimidou M. (2004). Saffron quality: effect of agricultural practices, processing and storage. In: Dris R, editor. Harvest and quality evaluation of food crop. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Publisher. p 209-60.

[44] Pardo, J. E., Zalacain, A., Carmona, M., Lopez, E., Alvaruiz, A., Alonso, G. L. (2002). Influence of the type