Journal of Saffron Research (semi-annual)
Vol.11, No.2, Fall & Winter, 2023-2024
p. 236-249
http://dx.doi.org/10.22077/JSR.2023.6785.1225
University of Birjand

Original Article

Microencapsulation of Saffron Aqueous Extract by Two Methods of Spray Drying and Freeze Drying with the Aim of Using in Drinks

Saeideh Rahnama[1] and Vahid Hakimzadeh[2*]
1- M.Sc., Department of Food Science and Technology, Quchan Branch, Islamic Azad University, Quchan, Iran.
2- Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Quchan Branch, Islamic Azad University, Quchan, Iran.
*Corresponding Author: *v.hakimzadeh@yahoo.com*

Received 24 September 2023; Accepted 27 October 2023

Extended Abstract

Introduction: Nowadays, according to the growing concerns of using synthetic colors in food, the use of natural pigments is of particular importance. Saffron crocin is one of the valuable natural coloring compounds with favorable coloring properties, which is subjected to decomposition and destruction more than other water-soluble carotenoid pigments due to its high degree of unsaturation. For the purpose of oxidative stability of compounds such as crocin, methods such as encapsulation are important to preserve it during processing. Due to its high solubility and low viscosity, maltodextrin is one of the most important and widely used carrier compounds used in the drying process of fruit and vegetable extracts. In this research, maltodextrin was used as a carrier for encapsulation of the effective compounds of saffron by spray drying and freeze-drying methods, and the physicochemical characteristics of both types of powder obtained were compared with the control sample.

Materials and Methods: Sargol saffron was purchased from Mashhad market and maltodextrin (DE = 18-20) was obtained from Sigma company. For extraction, ground saffron was mixed with distilled water in a shaker incubator for 16 hours, and then the mixture was placed in a rotary evaporator at 55 degrees Celsius for concentration. In order to prepare encapsulated samples, 10% maltodextrin was first prepared and mixed well with 250 ml of aqueous saffron extract. Then, the prepared solutions were dried with a spray dryer at an inlet air temperature of 180 degrees Celsius and a feeding pump speed of 10 ml/min, and once again using freeze dryer. The control sample without maltodextrin coating was also freeze-dried. After preparing the treatments, moisture, water activity, mass density, determination of effective saffron compounds, solubility, total anthocyanin content was performed on them and finally, saffron syrup was prepared with the formula of 1% powder of each sample and 4% sugar for sensory evaluation by the method of 5 hedonic points.

Results and Discussion: The results showed that the amount of moisture and water activity of the powders prepared by freeze drying method was significantly lower and was 2% and 0.15 respectively ($P<0.05$). Also, the effective ingredients of the control sample were more than the encapsulated samples by spray drying and freeze-drying methods, and the freezing samples retained higher crocin and picrocrocin than safranal. On the other hand, the higher density (202 kg/m^3) of the control sample and its lower solubility (85%) were significantly evident among the treatments. The amount of total anthocyanin in the control sample was the highest (172 mg/100gr), and the encapsulated sample using the freeze-drying method retained higher anthocyanin than the spray drying method. The sensory evaluation of the prepared syrups also indicated a better general acceptance of the syrup prepared with frozen sample compared to the syrup prepared sprayed sample.

Conclusion: In general, in this research, the amount of moisture in the samples dried by spraying and freezing methods was significantly reduced compared to the control sample. Also, the amount of moisture and water activity in the freeze dryer's samples was lower than the spray dryer. The effect of the encapsulation method on the bulk density was significant, so that with the addition of maltodextrin, the bulk density decreased in both samples, and this reduction was greater in the frozen sample than in the sprayed sample. The amount of solubility in the samples dried by both methods was almost the same. The amount of anthocyanin in the freeze-dried sample was higher than that of the spraying method, and this difference was significant. Finally, the sensory evaluation results showed that in all parameters, evaluators gave a higher score to the drink sample with powder dried in a freeze dryer. In general, it can be said that in this study, the encapsulated samples obtained by freeze drying method had more suitable characteristics than the samples obtained by spray drying method.

Conflict of Interest: The authors declare no potential conflict of interest related to the work.

Keywords: Anthocyanin, Crocin, Freeze drying, Maltodextrin, Spraying.

نشریه پژوهش‌های زعفران (دو فصلنامه)
جلد یازدهم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۱۴۰۲
شماره صفحه: ۲۴۹-۲۳۶
http://dx.doi.org/10.22077/JSR.2023.6785.1225

مقاله پژوهشی

ریزپوشانی عصاره آبی زعفران به دو روش خشک کردن پاششی و انجمادی با هدف کاربرد در نوشیدنی

سعیده رهنما[۱]، وحید حکیم‌زاده[۲*]

۱- دانش آموخته‌ی کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد قوچان، دانشگاه آزاد اسلامی، قوچان، ایران.

۲- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد قوچان، دانشگاه آزاد اسلامی، قوچان، ایران.

*نویسنده مسئول: *Email: v.hakimzadeh@yahoo.com*

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۰۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۸/۰۵

چکیده

امروزه استفاده از رنگدانه‌های طبیعی در موادخوراکی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. کروسین زعفران به عنوان یک رنگدانه‌ی طبیعی به دلیل بالا بودن میزان غیراشباعیت در معرض تجزیه اکسایشی و تخریب قرار دارد که به منظور پایداری آن فرآیندهایی مانند ریزپوشانی مورد توجه است. دراین تحقیق از مالتودکسترین به عنوان حامل برای ریزپوشانی عصاره آبی زعفران به روش خشک کردن پاششی و انجمادی استفاده شد و خصوصیات آن با نمونه‌ی شاهد مقایسه گردید. نتایج نشان داد که میزان رطوبت در نمونه‌های خشک شده به روش پاششی و انجمادی نسبت به نمونه‌ی شاهد کاهش معنی‌داری داشت. مقدار فعالیت آبی نیز در نمونه‌ی پاششی بیشتر از نمونه‌ی انجمادی بود. با افزودن مالتودکسترین، مقدار دانسیته توده در هردو نمونه‌ی خشک‌کن انجمادی و پاششی کاهش یافت که این کاهش در نمونه‌ی انجمادی به طور معنی‌داری بیشتر از نمونه‌ی پاششی بود. اثر روش خشک کردن بر روی حلالیت پودرهای خشک شده معنی دار نبود. میزان آنتوسیانین در نمونه‌ی خشک شده به روش انجمادی به طور معنی‌داری بیشتر از روش پاششی بود. نتایج ارزیابی حسی نوشیدنی حاصل از تیمارها نیز نشان داد که در کلیه‌ی پارامترها، ارزیابان امتیاز بالاتری به نمونه نوشیدنی با پودر خشک شده به روش انجمادی دادند. به طور کلی اگرچه نمونه‌ی شاهد در برخی خصوصیات مانند میزان آنتوسیانین و ترکیبات موثره از نمونه‌های ریزپوشانی شده امتیاز بالاتری داشت اما با توجه به حفظ ترکیبات موثره‌ی زعفران و پایداری آن طی ریزپوشانی، می‌توان ریزپوشانی به روش خشک کن انجمادی را در این تحقیق برتر از روش پاششی دانست.

واژه‌های کلیدی: آنتوسیانین، انجمادی، پاششی، کروسین، مالتودکسترین.

مقدمه

امروزه با توجه به نگرانی‌های روزافزون استفاده از رنگ-های سنتزی در مواد خوراکی استفاده از رنگدانه‌های طبیعی از اهمیت ویژه ای برخوردار است. زعفران معمولاً به عنوان ادویه‌ای گران قیمت با خواص رنگ‌دهی مطلوب، به طور گسترده در صنایع آشپزی، نانوایی، قنادی و همچنین نوشابه‌های الکلی و غیرالکلی به کار می‌رود. بسیاری از خواص درمانی زعفران به ترکیبات ارزشمند بیولوژیکی موجود، نسبت داده می‌شود (Rios et al., 1996). در بین این ترکیبات، کاروتنوئیدهای محلول در آب (کروسین و مشتقات گلیکوزیدی کروستین) از اهمیت خاصی برخوردار هستند (Van casteren et al., 1997). مدت ماندگاری زعفران به میزان تجزیه ی این ترکیبات وابسته است و مشخص شده است که کروسین به عنوان عامل اصلی ایجاد رنگ زعفران به دلیل بالا بودن میزان غیراشباعیت، بیشتر از سایر رنگدانه‌های کاروتنوئیدی محلول در آب تجزیه و تخریب می‌گردد (Raina et al., 1996). پایداری اکسایشی کروسین در مقایسه با سایر کاروتنوئیدهای غیرقطبی به فعالیت آبی و pH بستگی دارد (Rios et al., 1996; Salari et al., 2010). در ضمن، ترکیبات کاروتنوئیدی موجود در زعفران تحت تأثیر دما، رطوبت، نور و اکسیژن تخریب می‌گردند و موجب بروز آثار منفی در رنگ، طعم و عطر محصول می‌شوند (Hosseinpour chermahini et al., 2010; Peter, 2006). به منظور پایدارسازی ترکیبات فراسودمند از جمله ترکیبات رنگی، روش‌های گوناگونی پیشنهاد شده که از میان آن‌ها می‌توان به روش ریزپوشانی[1] اشاره کرد (Dzieza, 1998). ریزپوشانی، روشی است که ذرات و قطرات مایع، جامد و گاز در غشایی از جنس موادغذایی با ماهیت‌های مختلف به دام می‌افتند. این فرآیند یکی از روش‌های رهایش کنترل شده نیز می‌باشد که ریزکپسول حاصل، محتویات خود را تحت سرعت کنترل شده و با یک سرعت خاص و در یک زمان مشخص رها می‌کند (Lakkis, 2016). روش‌های متعددی جهت ریزپوشانی ترکیبات زیست فعال وجود دارند که از جمله آنها می‌توان به روش‌های امولسیونی، کواسرواسیون[2] به دام انداختن در لیپوزوم، اکستروژن و روش‌هایی بر پایه خشک‌کردن با استفاده از خشک‌کن‌های پاششی و انجمادی اشاره نمود (Rezaeinia et al., 2019). خشک کردن انجمادی مناسب ترین روش برای خشک کردن مواد حساس به حرارت است. با این حال علاوه بر سرمایه گذاری اولیه بالا شرایط انبارداری و نگهداری پودرهای تولیدی به این روش نیز بسیار پرهزینه است و کاربرد تجاری آن به دلیل زمان بسیار طولانی محدود شده است. خشک‌کردن انجمادی از طریق انجماد مواد و سپس کاهش فشار اطراف و افزایش مناسب دما انجام می‌گیرد. در این صورت، آب منجمد در ماده به طور مستقیم از حالت جامد به گاز تصعید می‌شود. به طور کلی مواد هسته در ماتریکس دیواره همگن شده و سپس به وسیله انجماد خشک می‌شود. از اینرو با ایجاد ساختاری متخلخل حلالیت این نوع پودرها بالاست و ترکیبات حساس به دما به خوبی حفظ می شوند (Kaushik & Roos, 2007) خشک کردن پاششی به دلیل خشک‌کردن سریع، توان عملیاتی بالا و عملیات مداوم مورد توجه قرار دارد(Caparino et al., 2012). هرچند معایبی طی خشک کردن پاششی همچون رخ دادن پدیده‌هایی نظیر چسبندگی و فروریختن ساختار در طی فرآیندهای خشک کردن و دوره نگهداری وجود دارد(Mani et al., 2002). با افزودن یکسری ترکیبات حامل به ترکیبات ریزپوشانی شده می‌توان در برخی خصوصیات پودرها مانند جذب رطوبت، پایداری محصول طی نگهداری، افزایش دمای انتقال شیشه ای و عمل کردن به عنوان حامل فیزیکی بین ذرات بهبود ایجاد کرد (Sablani et al., 2008).

مالتودکسترین محصولی از هیدرولیز جزئی نشاسته می-باشد و الیگوساکاریدی است که به عنوان افزودنی در صنایع غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. مالتودکسترین به دلیل حلالیت بالا و ویسکوزیته پایین، یکی از مهمترین و پرکاربردترین ترکیبات حامل مورد استفاده در فرایند خشک کردن عصاره‌ی میوه‌ها و سبزی‌ها است. استفاده از مالتودکسترین به عنوان ترکیبی کمک کننده و بهبود دهنده ی خواص فیزیکی پودرها طی خشک کردن از دهه ۱۹۷۰ آغاز گردید. تأثیر مالتودکسترین با دکستروز اکی والان پائین به عنوان کمک خشک کن، بدلیل ویژگی تشکیل سریع فیلم یا پوسته و ضریب نفوذ رطوبتی نسبتاً پایین این فیلم‌ها می‌باشد. تشکیل سریع‌تر فیلم در فرایند

1. Encapsulation

2. Coacervation

خشک کردن سبب اثر دهی بهتر مالتودکسترین به عنوان یک کمک خشک‌کن می‌شود (Jayansundera et al., 2011). چسبندگی اصلی‌ترین محدودیت استفاده از خشک کردن پاششی برای مواد غذایی غنی از اسید و قند می‌باشد. نقش مالتودکسترین در کاهش چسبندگی نیز عمدتاً از طریق افزایش دمای انتقال شیشه‌ای مخلوط می‌باشد و با افزایش غلظت مالتودکسترین، مقدار آن افزایش می‌یابد (Fang & Bhandari, 2011). حصاری-نژاد و همکاران (hesarinejad et al., 2021) طی بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و آنتی‌اکسیدانی پودر عصاره‌ی آبی ریزپوشانی شده خرفه با روش خشک کردن پاششی، نشان داد که بالاترین راندمان تولید (۵۹/۶۷ درصد) مربوط به نمونه با بیشترین غلظت حامل مالتودکسترین بود و نمونه‌های محتوی مالتودکسترین بیشتر انحلال پذیری بالاتری داشتند. فریدنیا و همکاران (Faridnia et al., 2020) نیز از مالتودکسترین برای درون‌پوشانی عصاره چغندر قرمز طی خشک‌کن‌های پاششی و انجمادی استفاده کردند که طی تحقیق ایشان نیز بالاترین حلالیت پودرها در سطوح بالای میزان مالتودکسترین بدست آمد و پودرهای عصاره‌ی چغندر قرمز تهیه شده با خشک کن انجمادی بالاترین میزان فنول کل را داشتند. حیدری و همکاران (heydari et al., 2018) نیز که به بهینه سازی فرآیند تولید پودر هندوانه در یک خشک‌کن پاششی پرداختند، کمترین میزان تغییر رنگ، بیشترین مقدار لیکوپن و بیشترین ظرفیت آنتی اکسیدانی پودرها را در دماهای مختلف با درصدهای بالای مالتودکسترین گزارش کردند. از اینرو در این تحقیق به بررسی روش خشک کردن پاششی و خشک کردن انجادی برای ریزپوشانی عصاره ی زعفران با غلظت های مختلف مالتودکسترین به منظور کاربرد در نوشیدنی زعفرانی پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

زعفران سرگل صادراتی از بازار مشهد و مالتودکسترین با (DE= 20-18, Sigma code: 419699-100G) از شرکت سیگما تهیه گردید.

عصاره گیری

ابتدا ۱۲ گرم زعفران ساییده شده درهاون چینی به یک بالن یک لیتری منتقل گردید و ۵۰۰ میلی لیتر آب مقطر به آن افزوده شد و به مدت ۱۶ ساعت در یک انکوباتور شیکردار (مدل Gifel، ایران) همزده شد. سپس مخلوط تحت خلاء صاف گردید و با تبخیرکننده‌ی دوار (Rotavapor®- R-100 شرکت بوچی، سوییس) تحت خلاء ، تحت دمای ۵۵ درجه‌ی سلسیوس تا حد آبگیری کامل تغلیظ شد. محلول تغلیظ شده در محیط تاریک و دمای ۱۸- درجه سلسیوس تا زمان ریزپوشانی نگهداری گردید (Faridi et al., 2016; Mollafilabi et al., 2020).

فرآیند تهیه‌ی ریزکپسول

ابتدا محلول‌های آبی ۱۰ درصد مالتودکسترین (۲۰-۱۸= DE) تهیه شد. پس از آن ۲۵۰ میلی گرم از عصاره آبی تغلیظ شده به محلول آبی ۱۰ درصد مالتودکسترین اضافه شد و محلول‌ها به مدت نیم ساعت با همزن مغناطیسی، همزده شدند. pH محلول‌ها با هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال، حدود ۷ تنظیم گردید تا اثر تغییرات pH بر روی کروسین نادیده گرفته شود. سپس محلول‌های تهیه شده در یک خشک کن پاششی پایلوتی (Buchi B-191، سوییس) با دمای هوای ورودی ۱۸۰ درجه سلسیوس و سرعت پمپ خوراک دهی ۱۰ میلی-لیتر بر دقیقه، و خشک‌کن انجمادی (OPERON FDU-8606، کره جنوبی) خشک شدند. نمونه‌ی شاهد بدون پوشش مالتودکسترین بود و فقط به صورت انجمادی خشک گردید (Hesarinejad et al., 2021).

تعیین رطوبت و فعالیت آبی

مقدار رطوبت نمونه‌ها به روش توزین و با استفاده از آون در دمای ۱۰۳ درجه-ی سلسیوس تعیین شد (استاندارد ملی ایران، ۲-۲۵۹، ۱۳۹۱). فعالیت آبی پودرهای تولیدشده نیز توسط دستگاه واتر اکتیویته متر (WaterLab، ایتالیا) در دمای ۲۰ درجه سلسیوس تعیین گردید (Mortazavi et al., 2011; Mollafilabi et al., 2020).

تعیین مقدار مواد مؤثره‌ی زعفران

مقدار کروسین، سافرانال و پیکروکروسین بر مبنای ثبت تغییرات حاصل از چگالی نوری در طول موج ۲۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر تعیین می‌گردد. برای این منظور، ابتدا اطراف بالن‌های ژوژه‌ی ۲۰۰ و ۱۰۰۰ میلی لیتری با ورق

آلومینیوم پوشانده شد تا از ورود نور و تخریب رنگدانه‌ها جلوگیری شود. ۰/۵ گرم نمونه‌ی ساییده شده به بالن ۱۰۰۰ میلی‌لیتری انتقال داده شد و حدود ۹۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه گردید و به مدت یک ساعت توسط همزن مغناطیسی دور از نور همزده شد (سرعت همزدن ۱۰۰۰ دور در دقیقه). محلول به وسیله‌ی پمپ خلاء دور از نور و به سرعت صاف گردید تا محلول شفافی به دست آید. طیف سنج بر روی طول موج ۲۰۰ تا ۷۰۰ بر روی طول موج نانومتر تنظیم شد و سپس تغییر جذب محلول صاف شده با استفاده از آب مقطر به عنوان مایع شاهد ثبت گردید. مقادیر کروسین، سافرانال و پیکروکروسین بر اساس استاندارد ایران ۱-۲۵۹ به ترتیب در طول موج های ۴۴۰، ۳۳۰ و ۲۵۷ نانومتر محاسبه شدند.

تعیین دانسیته ی توده

مقدار ۲ گرم پودر در یک استوانهٔ مدرج ۱۰ میلی‌لیتری به آرامی ریخته شد و استوانه کمی تکان داده شده تا سطح پودر داخل استوانه صاف شود. در نهایت دانسیتهٔ توده مطابق رابطهٔ (۱) از نسبت جرم پودر به حجم اشغال شده در استوانه به دست آمد (Yancheshmeh et al, 2021)

$$\rho_b = \frac{m}{v} \qquad (۱)$$

در این رابطه m نشان‌دهندهٔ جرم پودر بر حسب گرم و v حجم نمونه بر حسب میلی‌لیتر است

اندازه گیری حلالیت

مقدار ۱ گرم از پودرهای تولیدی طی فرآیند خشک‌کردن در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب حل شد و محلول تولیدی به منظور جداشدن بخش‌های نامحلول به مدت ۱۰ دقیقه در دستگاه سانتریفوژ با سرعت ۷۵۰۰ دور در دقیقه قرار گرفت. سپس ۲۵ میلی‌لیتر از بخش شفاف بالای لوله آزمایش برداشته شده و به مدت ۵ ساعت در آون با دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس قرار داده شد. در نهایت میزان حلالیت آرد یا همان میزان کل مواد جامد محلول در فاز رویی، از طریق تقسیم اختلاف جرم قبل و بعد از آون گذاری بر مقدار نمونه تعیین گردید (Yancheshmeh et al., 2021)

آنتوسیانین کل

مقدار کل آنتوسیانین نمونه‌ها با استفاده از روش pH افتراقی با دو سیستم بافر کلرید پتاسیم (pH=۱) و استات سدیم (pH=۴/۵) استفاده شد. برای این منظور ۲ گرم از پودر در آب مقطر حل گردید و سپس نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه با دور ۴۰۰۰ rpm سانتریفوژ شدند. پس از آن ۱ میلی لیتر از نمونه‌ها با ۲۴ میلی لیتر از بافرها مخلوط شده و مقدار جذب آن ها در طول موج ۵۱۰ و ۷۰۰ نانومتر در مقابل آب به عنوان شاهد، با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت گردید.

مقدار کل آنتوسیانین (TAC) هر نمونه بر حسب میلی-گرم سیانیدین ۳-گلوکوزید در هر ۱۰۰ میلی‌لیتر با استفاده از رابطه‌ی ۲ محاسبه گردید (Robert et al., 2010; Horuz et al.,2012; Yaghoubnezhad et al., 2022).

$$TAC=\frac{A\times MW\times DF\times 100}{MA} \qquad (۲)$$

در این رابطه MW وزن مولکولی سیانیدین-۳ گلوکوزید (۴۴۹۲)، DF فاکتور رقیق سازی (۲۵)، و MA ضریب خاموشی مولی سیانیدین-۳ گلوکوزید (۲۶۹۰۰) می‌باشد. میزان A نیز از رابطه ۳ بدست آمد.

رابطه (۳)

$$A= (A_{510} - A_{700})\ pH1.0 - (A_{510} - A_{700})\ pH4.5$$

که A_{700} و A_{700} به ترتیب مقدار جذب توسط نمونه‌ها در طول موج ۵۱۰ و ۷۰۰ نانومتر می‌باشد.

ارزیابی حسی

نمونه‌های نوشیدنی زعفرانی با فرمول ۱ درصد از پودر شاهد و ریزپوشانی شده و ۴ درصد شکر تهیه شدند و ارزیابی حسی توسط ارزیابان آموزش دیده به روش هدونیک ۵ نقطه ای با پارامترهای طعم، رنگ، عطر وبو، احساس دهانی و پذیرش کلی انجام شد.

تجزیه و تحلیل آماری

کلیه‌ی آزمایشات در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. مقایسه ی میانگین‌ها با نرم افزار Minitab ورژن ۱۷ و بر اساس آزمون توکی در سطح ۵ درصدانجام شدند. رسم نمودارها نیز با نرم افزار Excel صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

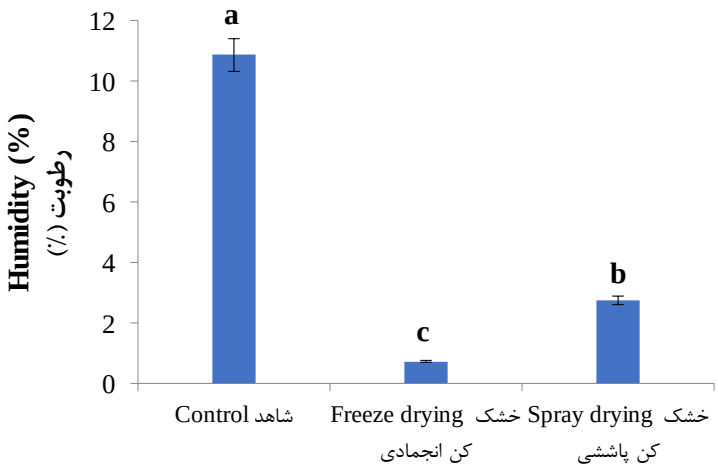
رطوبت

نتایج حاصل (شکل ۱) نشان داد که میزان رطوبت در نمونه‌های ریزپوشانی شده‌ی خشک شده با حامل مالتودکسترین به روش پاششی و انجمادی نسبت به نمونه‌ی شاهد کاهش معنی‌داری نشان داد ($p<۰/۰۵$). به طوری که میزان رطوبت در خشک کن انجمادی کمتر از خشک کن پاششی و در حدود ۰/۷ درصد بود.

در یک سیستم ریزپوشانی، محتوای رطوبت خوراک بر رطوبت نهایی پودرهای تولید شده تأثیرگذار است. افزودن مالتودکسترین به خوراک قبل از خشک کردن، محتوای جامد کل را افزایش و مقادیر آب آزاد برای تبخیر را کاهش می‌دهد. بنابراین منجر به کاهش رطوبت پودرهای تولیدی می‌شود (Shahidi et al., 2021 ؛ Grabowski et al., 2006؛ Mishra et al., 2013؛ Kha et al., 2010). نجف نجفی و همکاران (Najaf Najafi et al., 2011) تأثیر استفاده از فرآیند خشک کردن انجمادی و پاششی و همچنین دو نوع ماده کمک خشک‌کن (پودر شیر بدون چربی و نشاسته اصلاح شده) را روی محتوای رطوبت پودر اسانس هل مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج حاصل از مطالعه‌ی این محققین نشان داد که استفاده از خشک کن انجمادی در مقایسه با خشک کن پاششی به دلیل ایجاد ساختار متخلخل تر پودر منجر به افت بیشتر رطوبت شد و همچنین استفاده از نشاسته‌ی اصلاح شده به دلیل قابلیت نگهداری آب کمتر در ساختار پودر، محتوی رطوبت کمتری نسبت به پودر شیر بدون چربی را به دنبال داشت. در سیستم خشک کن پاششی، مقدار آب خوراک بر رطوبت نهایی پودر تولید شده تاثیرگذار است. افزودن حامل به خوراک قبل از خشک کردن پاششی، مقدار ماده جامد کل را افزایش و مقدار آب برای تبخیر را کاهش می‌دهد؛ بنابراین پودری با مقدار رطوبت کمتر تولید می‌شود که بدان معنی است پودرهایی با رطوبت کمتر از طریق افزایش مقدار حامل، تولید می‌شوند (Quek et al., 2007).

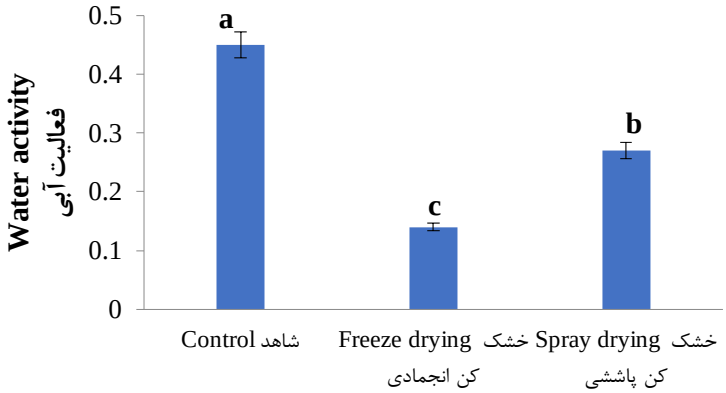
فعالیت آبی

براساس نتایج حاصل و طبق شکل۲، مقدار فعالیت آبی در نمونه‌ی خشک‌شده به روش پاششی بیشتر از نمونه خشک شده به روش انجمادی بود ($p<۰/۰۵$) و به طور معنی‌داری از نمونه‌ی شاهد که تا حدود ۰/۴۵ اندازه گیری شد، کمتر بود. این بدان معنی است که پودرهای خشک شده در هردو روش از نظر میکروبیولوژیکی پایدار بودند و قابلیت انبارمانی طولانی آنها در شرایط بسته‌بندی و نگه‌داری مناسب می باشد.



شکل ۱. میزان رطوبت در نمونه‌های ریزپوشانی شده به روش پاششی و انجمادی در مقایسه با شاهد.

Fig 1. The amount of moisture in capsulated samples by spray drying and freeze drying compared to the control.



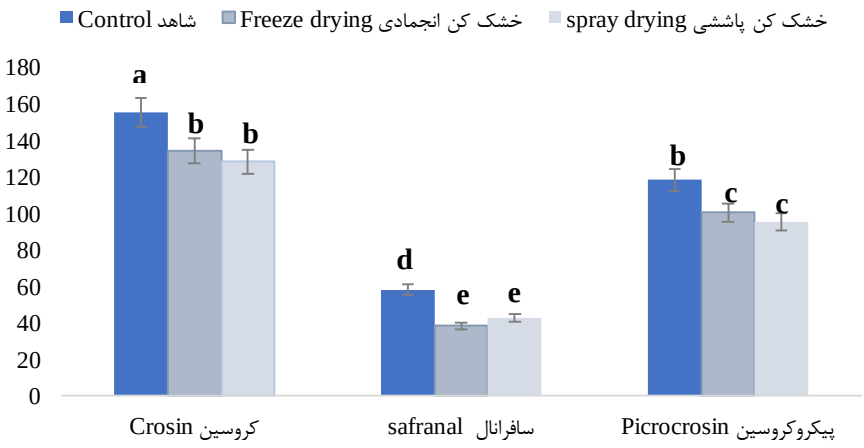
شکل ۲. میزان فعالیت آبی در نمونه‌های ریزپوشانی شده به روش پاششی و انجمادی در مقایسه با شاهد.

Fig 2. The amount of water activity in capsulated samples by spray drying and freeze drying compared to the control.

براساس نتایج، با افزودن مالتودکسترین مقدار فعالیت آبی نمونه‌ها کاهش یافت. چون با افزایش غلظت حامل، رطوبت پودرها کاهش می‌یابد، در نتیجه از مقدار آب آزاد و به تبع آن از فعالیت آبی نمونه‌ها کاسته خواهد شد. همچنین دلیل این کاهش را می توان به اتصالاتی که مالتودکسترین با آب برقرار می کند نسبت داد که سبب کاهش میزان آب آزاد در سیستم شده است (Zendeboodi et al., 2018).

مقدار مواد مؤثره‌ی زعفران

بر اساس نتایج بدست آمده مشخص شد که روش ریزپوشانی تاثیر معنی داری ($p<۰/۰۵$) بر مواد موثره زعفران دارد. مقدار هر سه ترکیب پیکروکروسین، کروسین و سافرانال در نمونه‌ی شاهد بیشتر از دو نمونه ریزپوشانی شده بود که به ترتیب در طول موج های مربوط به خود ۱۲۱، ۱۵۷ و ۶۰ بدست آمد. اما بین دو نمونه ریزپوشانی شده نیز اختلاف معنی‌داری وجود داشت. بطوریکه میزان پیکروکروسین و کروسین در نمونه‌ی خشک شده به روش انجمادی بیشتر از نمونه‌های خشک شده به روش پاششی و میزان سافرانال در نمونه پاششی بیشتر از نوع خشک شده به روش انجمادی بود (شکل ۳).



شکل ۳. میزان ترکیبات موثره در نمونه‌های ریزپوشانی شده به روش پاششی و انجمادی در مقایسه با شاهد.

Fig 3. The amount of saffron functional components in capsulated samples by spray drying and freeze drying compared to the control.

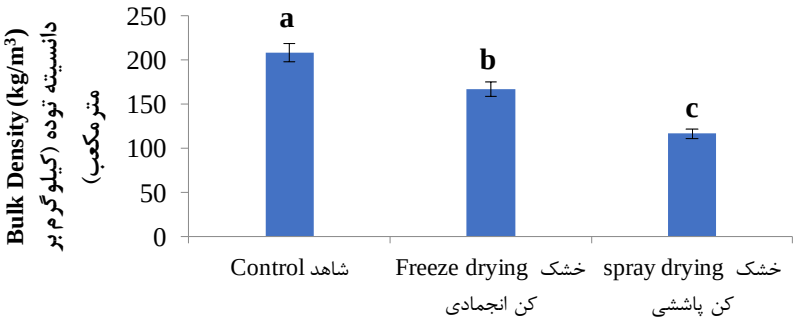
حکیم زاده و دلشاد (Hakimzadeh & Delshad., 2019) طی بهینه‌یابی روش خشک‌کردن زعفران به روش مایکروویو اذعان داشتند که با افزایش انرژی مایکروویو کمی بر میزان سافرانال افزوده شد، اما در انرژی‌های بالاتر مقدار سافرانال کاهش می‌یابد. چراکه پیکروکروسین در اثر گذشت زمان و در اثر حرارت به آلدهید سافرانال تجزیه می‌شود. اما با افزایش بیشتر دما یا افزایش انرژی مایکروویو میزان سافرانال کاهش یافت به دلیل آنکه سافرانال یک آلدهید فرار بوده و با افزایش بیشتر انرژی و به دنبال آن افزایش دما از مقدار این ماده کاسته شده است. همچنین بالا بودن میزان کروسین در روش انجمادی در مقایسه با روش سنتی را می‌توان به پایین بودن اکسیژن و دما در روش خشک کردن انجمادی نسبت داد (Alonso et al., 1993).

دانسیته‌ی توده

اندازه‌گیری دانسیته توده در صنعت عمدتاً در جهت تنظیم شرایط نگهداری، فرآوری، بسته‌بندی و توزیع صورت می‌گیرد. بدین شکل که در حجم اشغال شده توسط جرم مشخصی از ذرات پس از تولید، حمل و نقل و نگهداری، به عنوان معیاری برای بسته‌بندی مورد استفاده به کارگرفته می‌شود. در شرایط عدم تناسب ممکن است بسته‌بندی محصول خیلی خالی به نظر آمده (عدم تناسب ظاهری و رضایت مصرف‌کننده) و یا حجم بسته با وزن کمتری از محصول پر شده (عدم رعایت استاندارد) را در پی دارد (Peighambardoust & Sarabandi, 2017).

بر اساس نتایج حاصل (شکل۴)، اثر روش ریزپوشانی بر مقدار دانسیته توده معنی‌دار بود ($p<۰/۰۵$).با افزودن مالتودکسترین، مقدار دانسیته توده در هر دو نمونه‌ی خشک کن انجمادی و پاششی کاهش یافت و این کاهش در نمونه انجمادی بیشتر از پاششی بود. این مقادیر برای نمونه ی شاهد، نمونه ی خشک شده به روش انجمادی و نمونه بدست آمده از روش پاششی به ترتیب ۲۰۲، ۱۶۸ و ۱۲۴ کیلوگرم بر متر مکعب بود.

افزایش غلظت حامل به دلیل افزایش دادن اندازه ذرات و همچنین کاهش دادن مقادیر رطوبت و با توجه به دلایل توضیح داده شده در قسمت میزان رطوبت نمونه ها ، باعث کاهش دانسیته توده خواهد شد. از طرف دیگر با افزایش مقدار حامل، میزان هوای حبس شده در ساختار پودر افزایش می‌یابد. با توجه به اینکه حامل باعث تشکیل پوسته در سطح ذرات می‌شود، افزایش مقدار حامل باعث افزایش میزان هوای حبس شده در ذرات می‌شود و از آن جهت که آب دانسیته بیشتری نسبت به هوا دارد، هرچه مقدار رطوبت پودر کمتر باشد، دانسیته ظاهری پودر کاهش می‌یابد (AhmadiRad et al., 2016؛ Goula et al., 2010؛ Santhalakshmy et al., 2015). همچنین می‌توان این گونه بیان کرد که احتمالاً دلیل این پدیده می‌تواند خصوصیات مالتودکسترین باشد که سبب کاهش چسبندگی بین ذرات می‌شوند (Zendeboodi et al., 2018).



شکل ۴. میزان دانسیه توده در نمونه‌های ریزپوشانی شده به روش پاششی و انجمادی در مقایسه با شاهد.

Fig 4. The Bulk Density of capsulated samples by spray drying and freeze drying compared to the control.

حلالیت

انحلال‌پذیری پودر یکی از ویژگی‌های عملکردی مهم پودرهای غذایی می‌باشد که بر رفتار بازسازی و جذب آب پودر اثرگذار است. براساس آنالیز واریانس انجام گرفته و شکل ۵، اثر نوع روش خشک‌کردن بر روی حلالیت پودرهای ریزپوشانی شده معنی دار نبود و میزان حلالیت در هر دو نمونه تقریباً مشابه بود. اما این مقدار در نمونه شاهد با مقدار ۸۴درصد بسیار کمتر از دو نمونه ی ریزپوشانی شده بدست آمد. در بیشتر غذاهای پودر شده هدف انحلال سریع و کامل در آب، غوطه ور شدن (شناور نشدن)، پراکنده شدن و حل شدن بدون تشکیل کلوخه می‌باشد. لذا از نتایج مشاهده می‌شود که رابطه‌ی مثبتی بین انحلال پذیری و مقدار رطوبت پودرها وجود دارد. حصاری نژاد و همکاران (Hesarinejad et al., 2021) در بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و آنتی‌اکسیدانی پودر عصاره آبی ریزپوشانی شده خرفه با روش خشک-کردن پاششی بیان کردند که با افزایش غلظت مالتودکسترین انحلال پذیری به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. آنها بیان کردند که این پدیده احتمالاً به دلیل بالا بودن انحلال پذیری مالتودکسترین بوده که نشان می‌دهد افزودن این حامل باعث بهبود قابل توجه این شاخص می‌گردد. همچنین می‌توان این افزایش انحلال پذیری را به افزایش اندازه و فضاهای بین ذرات و متعاقب آن تسهیل نفوذ رطوبت به ساختار پودرها دانست که در اثر افزایش غلظت مالتودکسترین اتفاق می‌افتد (Sarabandi et al., 2018). علاوه براین، در فرآیند خشک کردن انجمادی به دلیل ایجاد ساختار متخلخل و پر از خلل و فرج، نمونه‌های تولید شده مانند یک اسفنج آب جذب می‌نمایند. همچنین بخشی از آب غیرمنجمد از طریق پیوند هیدروژنی به پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌ها متصل می‌باشد که در طول فرآیند خشک کردن انجمادی این بخش از آب تبخیر می‌گردد که با قرارگیری این نمونه‌ها در معرض آب، سبب جذب سریع آب توسط آنها برای جبران پیوندهای هیدروژنی از دست رفته خواهد شد. لذا این فرآیند سبب ایجاد ساختار باز و سطح بالا برای جذب آب می‌گردد. (Shefer & Shefer, 2003).

آنتوسیانین

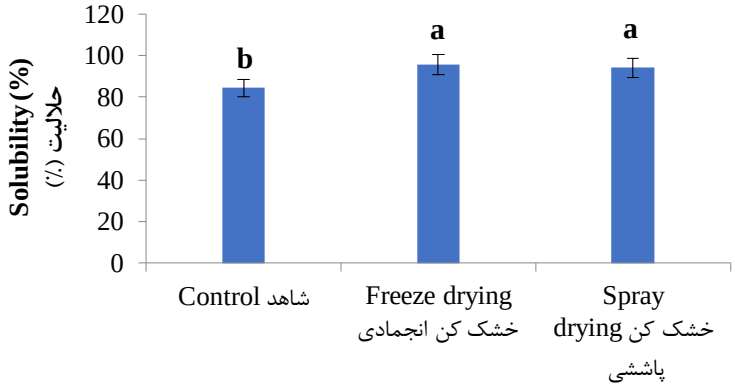
همانطور که در شکل ۶ نیز می‌توان دید نتایج نشان داد که میزان آنتوسیانین در پودرهای ریزپوشانی شده به روش خشک-کردن پاششی و انجمادی نسبت به نمونه‌ی شاهد (۱۶۴ میلی گرم در هر ۱۰۰ گرم نمونه) به طور معنی‌داری کمتر بود و مقدار آن در نمونه های بدست آمده از روش انجمادی از نمونه‌ی بدست آمده از روش پاششی بالاتر بود.

شهیدی و همکاران (Shahidi et al., 2014) طی مطالعه بهینه یابی شرایط خشک کردن پاششی آب انار با استفاده از روش سطح-پاسخ، بیان کردند که در مقادیر کم مالتودکسترین، افزایش دما سبب کاهش بیشتر مقدار کل آنتوسیانین می‌شود. زیرا مالتودکسترین نمی‌تواند به طور مؤثر سبب انکپسولاسیون آنتوسیانین‌ها شود که همین امر سبب کاهش سریع در مقدار کل آنتوسیانین می‌شود. از طرف دیگر، نتایج نشان داد که دمای کمتر سبب حفظ بیشتر میزان آنتوسیانین در روش خشک کن انجمادی نسبت به پاششی می‌شود، چون پودرهای تولید شده در دمای پایین‌تر به علت محتوای رطوبتی بالاتر تمایل به انباشت دارند. فرآیند آگلومریزاسیون باعث می‌شود که پودر به میزان کمتری در معرض اکسیژن قرار گیرد که همین امر سبب حفاظت آنتوسیانین‌ها در برابر اکسیداسیون می‌شود (Horuz et al., 2012; Quek et al., 2007).

تولید نوشیدنی و ارزیابی حسی

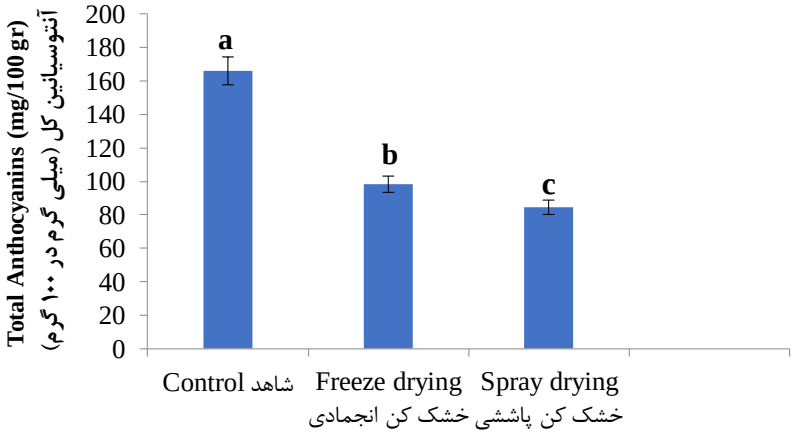
در این پژوهش عصاره آبی زعفران با حامل مالتودکسترین در دو خشک کن پاششی و انجمادی خشک گردید. در نهایت پس از انجام آزمون‌های فیزیکوشیمیایی، نوشیدنی زعفرانی تحت پارامترهای حسی شامل رنگ، طعم، عطر و بو، احساس دهانی و پذیرش کلی به روش هدونیک ۵ نقطه ای مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج (شکل۷) نشان داد که در کلیه پارامترها، ارزیابان امتیاز بالاتری به نمونه نوشیدنی تهیه شده با پودر خشک شده به روش انجمادی دادند.

احتمالاً نمونه های تهیه شده به روش خشک کردن انجمادی به دلیل ساختار متخلخل و حلالیت بهتر توانسته است عصاره‌ی به دام انداخته را بیشتر وارد نوشیدنی کنند و ارزیاب عطر و طعم و رنگ بهتری را از شربت احساس کند هرچند که از نظر آماری حلالیت نمونه های خشک شده به روش انجمادی و پاششی اختلاف معنی داری با هم نداشتند.



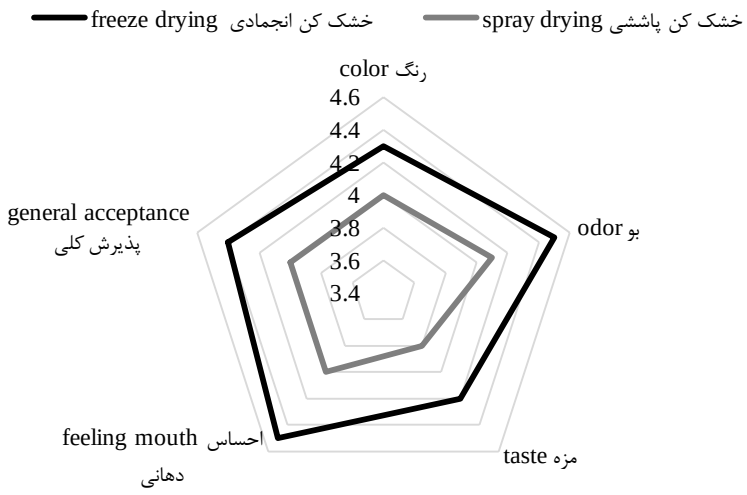
شکل۵. میزان حلالیت در نمونه‌های ریزپوشانی شده به روش پاششی و انجمادی در مقایسه با شاهد.

Fig 5. The amount of solubility of capsulated samples by spray drying and freeze drying compared to the control.



شکل ۶. میزان آنتوسیانی کل در نمونه‌های ریزپوشانی شده به روش پاششی و انجمادی در مقایسه با شاهد.

Fig 6. The number of Total anthocyanins of capsulated samples by spray drying and freeze drying compared to the control.



شکل ۷. ارزیابی حسی نوشیدنی زعفران تهیه شده از پودرهای ریزپوشانی شده به روش پاششی و انجمادی

Fig 7. evaluation of organoleptic properties of saffron drinks by capsulated samples by spray drying and freeze drying.

نتیجه‌گیری

هدف از این پژوهش استفاده از فرآیندهای خشک‌کردن پاششی و انجمادی با درصد ثابت مالتودکسترین به عنوان ماده دیواره جهت ریزپوشانی عصاره آبی زعفران بود. نتایج حاصل نشان داد که میزان رطوبت در نمونه‌های خشک شده به روش پاششی و انجمادی نسبت به نمونه شاهد کاهش معنی‌داری نشان داد. مقدار رطوبت در محدوده ۰/۷۴ الی ۲/۷۶ درصد بود که در این شرایط تجزیه اکسیداتیو و فعالیت میکروبی بشدت کاهش می‌یابد. همچنین، رطوبت کمتر نمونه‌ها سبب کاهش چسبندگی می‌گردد. همچنین میزان رطوبت در خشک کن انجمادی کمتر از خشک کن پاششی بود. مقدار فعالیت آبی در نمونه پاششی بیشتر از نمونه انجمادی بود. مقدار فعالیت آبی در پودرهای خشک شده عصاره زعفران به هردو روش پاششی و انجمادی در محدوده ۰/۱۰ تا ۰/۳۰ بود. این بدین معنی ست که پودرهای خشک شده در هردو روش از نظر میکروبیولوژیکی پایدار بودند و قابلیت انبارمانی طولانی آنها در شرایط بسته‌بندی و نگه‌داری مناسب می‌باشد. اثر روش ریزپوشانی بر مقدار دانسیته توده معنی‌دار بود. با افزودن مالتودکسترین، مقدار دانسیته توده در هردو نمونه خشک کن انجمادی و پاششی کاهش یافت و این کاهش در نمونه انجمادی بیشتر از پاششی بود. اثر روش خشک‌کردن بر روی حلالیت پودرهای خشک شده معنی دار نبود و تقریباً در هر دو نمونه مشابه بود. میزان آنتوسیانین در نمونه خشک شده به روش انجمادی بیشتر از روش پاششی بوده و این اختلاف معنی دار بود. نتایج ارزیابی حسی نشان داد که در کلیه پارامترها، ارزیابان امتیاز بالاتری به نمونه نوشیدنی با پودر خشک شده در خشک کن انجمادی دادند. به طور کلی می توان گفت که در این بررسی نمونه های ریزپوشانی شده به روش خشک کردن انجمادی خصوصیات مناسب تری نسبت به نمونه های بدست آمده به روش خشک کن پاششی داشتند. اگرچه در برخی خصوصیات مانند میزان آنتوسیانین و ترکیبات موثره نمونه ی شاهد از نمونه های ریزپوشانی شده امتیاز بالاتری داشت اما با توجه به اینکه هدف از ریزپوشانی حفظ ترکیبات موثره ی زعفران و پایداری آن بود، می توان ریزپوشانی به روش خشک کن انجمادی را در این تحقیق برتر از روش پاششی دانست.

منابع

Ahamdi Rad, M. A., Emam-Djomeh, Z., & Asadi, H. (2016). Effect of spray drying conditions on the physicochemical properties of cornelian pherry juice powder. *Journal of Food Science & Technology (2008-8787)*, 12(50).

Alonso, G. L., Varon, R., Gomez, R., Navarro, F., & Salinas, M. R. (1990). Auto-oxidation in Saffron at 40 C and 75% Relative Humidity. *Journal of food science*, *55(2)*, 595-596.

Amirghasemi, T. (2001). Iranian red gold saffron. Ayendag Publishing House 13, 14 and 17.

Caparino, O. A., Tang, J., Nindo, C. I., Sablani, S. S., Powers, J. R., & Fellman, J. K. (2012). Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (Philippine 'Carabao'var.) powder. *Journal of Food Engineering*, *111(1)*, 135-148.

Dzieza, J. D. (1998). Microencapsulation and encapsulated ingredients. *Food Technol. 42*, 136-151.

Kaushik, V., & Roos, Y. H. (2007). Limonene encapsulation in freeze-drying of gum Arabic–sucrose–gelatin systems. *LWT-Food Science and Technology, 40(8)*, 1381-1391.

Fang, Z., and Bhandari, B. (2010). Encapsulation of polyphenols-a review. *Trends in Food Science & Technology*. 21:510-523.

Faridi Esfanjani, A., Jafari, S. M., Assadpour, E., & Mirzaee, H. (2016). Release modeling of Nano-encapsulated bioactive compounds of saffron from inner phase of W/O/W double emulsions. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, *12(2)*, 308-317.

Faridnia, M., Mohamadi Sani, A., & Najaf Najafi, M. (2020). Encapsulation of red beetroot extract using spray drying and freeze drying by malto-dexterin and whey protein isolate carriers. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, *16(2)*, 313-322.

Goula, A.M., Adamopoulos, K.G. (2010). A new technique for spray drying orange juice concentrate. *Innovative Food Science and Emerging Technologies 11*: 342-351.

Grabowski, J.A., Truong, V.D., Daubert, C.R. (2006). Spray-drying of amylase hydroluzed sweetpotato puree and physicochemical properties of powder. *Journal of food science*, *71*: 209-217.

Hakimzadeh, V., & Delshad, S. (2018). Optimization of saffron drying parameters by using oven and microwave using response surface methodology. *Journal of Saffron Research*, *5(2)*, 151-162.

Hesarinejad, M. A., Abdollahi Moghaddam, M. R., Jafarzadeh, M., & Rezaee Oghazi, M. (2021). The study of physicochemical and antioxidant properties of encapsulated Portulaca oleracea aqueous extract prepared by spray drying method. *Innovative Food Technologies, 8(3)*, 325-335.

Heydari, Z., Amiri, R., Esnaashari, M., & Gol, Z. (2018). Optimization of watermelon powder production in a spray dryer. *Journal of Food Research, 28(4)*, 89-102.

Horuz, E., Altan, A., & Maskan, M. (2012). Spray drying and process optimization of unclarified pomegranate (Punica granatum) juice. *Drying Technology, 30 (7)*: 787-798.

Hosseinpour chermahini, S., Adibah, A., Majid, F., Roji sarmidi, M., Taghizadeh, E. & Saleh nezhad, S. (2010). *Impact of saffron as an anti-cancer and anti-tumor herb, 4*: 834-840.

Iranian National Standard Organization. (2001). Total criteria of saffron and test methods 259. *Institute of Standards and Industrial Research of Iran*. [in Persian].

Jayasundera, M., Adhikari, B., Howes, T., & Aldred, P. (2011). Surface protein coverage and its implications on spraydrying of model sugar-rich foods: solubility, powder production and characterization. *Food Chemistry, 128.4*, 1003- 1016.

Kha, C.T., Nguyen, H.M., Roach, D.P. (2010). Effects of spray drying conditions on the physicochemical and antioxidant properties of the Gac (Momordica cochinchinensis) fruit aril powder. *Journal of Food Engeeniring, 98*: 385–392.

Lakkis, J. M. (2016). Encapsulation and controlled release technologies in food systems. *John Wiley & Sons*.

Mani, S., Jaya, S., & Das, H. (2002). Sticky issues on spray drying of fruit juices. *Paper presented at the ASAE/CSAEC*.

Mishra, P., Mishra, S., Mahanta, C. L. (2013). Effect of maltodextrin concentration and inlet temperature during spray drying on physicochemical and antioxidant properties of amla (Emblica officinalis) juice powder. *Food and bioproducts processing, 92(3)*: 252–258.

Mollafilabi, A., Khorramdel, S., & Shabahang, J. (2020). Effects of different drying methods on moisture content, drying time and qualitative criteria of saffron stigma. *Journal of Saffron Research, 7(2)*, 177-188.

Mortazavi, S.A., Sharifi, A. and Ayouz, M. (2011). Microencapsulation of barberry anthocyanin by drying, *20th National Congress of Food Science and Industry, Sharif University of Technology*, 4-7.

Najaf Najafi, M., Kadkhodaee, R., & Mortazavi, S. A. (2011). Effect of drying process and wall material on the properties of encapsulated cardamom oil. *Food biophysics, 6(1)*, 68-76.

Peighambardoust, S.H., Sarabandi, Kh. (2017). Effect of spray drying conditions on physicochemical, functional properties and production yield of malt extract powder. *J. Food Res., 27 (2)*, 75-90. [In Persian].

Peter, K. V. 2006. Handbook of Herbs and Spices. *Woodhead Pub.*

Quek, S. Y., Chok, N. K., and Swedlund, P. (2007). The physicochemical properties of spray-dried watermelon powders. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*. 46:386-392.

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. *Science of Food and Agriculture, 71*: 27-32.

Rezaeinia, H., Ghorani, B., Emadzadeh, B., & Tucker, N. (2019). Electrohydrodynamic atomization of Balangu (Lallemantiaroyleana) seed gum for the fast-release of Menthalongifolia L. essential oil: Characterization of nanocapsules and modeling the kinetics of release. *Food Hydrocolloids, 93*, 374-385.

Rios, J., Recio, M., Giner, R., and Manez, S. (1996). An update review of saffron and its active constituents. *Phytother. Res. 10(3)*, 189-93.

Robert, P., Gorena, T., Romero, N., Sepulveda, E., Chavez, J., & Saenz, C. (2010). Encapsulation of polyphenols and anthocyanins from pomegranate (Punica granatum) by spray drying. International Journal of Food Science & Technology, 45 (7): 1386-1394.

Roos, Y. H. (1995). Phase transitions in foods. CA: Academic Press. San Diego.

Sablani, S. S., Shrestha, A. K., & Bhandari, B. R. (2008). A new method of producing date powder granules: Physicochemical characteristics of powder. *Journal of Food Engineering, 87(3)*, 416-421.

Salari, R., Habibi Najafi, M. B., Karajian, H., Vazirzadeh, B. (2010). Evaluation of physicochemical and microbial changes of saffron during a one-year storage period. *Food science and technology Journal.* 1, 35-43.

Santhalakshmy, S., Bosco, S. J. D., Francis, S., & Sabeena, M. (2015). Effect of inlet temperature on physicochemical properties of spray-dried jamun fruit juice powder. Powder Technology, 274, 37-43.

Sarabandi, Kh., Sadeghi Mahoonak, A.R., Mohammadi, M., Akbarbagloo, Z. (2018). Effect of spray drying process on physicochemical and microstructure properties of malt extract powder. *Innov. Food Sci. Technol., 10 (2)*, 1-12. [In Persian].

Shahidi, B., Sharifi, A., Roozbehnasiraii, L., Niakousari, M., & Ahmadi, M. (2021). Phytochemical properties evaluation of drink powder of flixweed (Descurainia Sophia) extract produced by ohmic heating. *Innovative Food Technologies, 8(3)*, 309-324.

Shefer, A., & Shefer, S. (2003). Novel encapsulation system provides controlled release of ingredients. *Food Technology*.

Van casteren, M.R., Bissonnette, M.C., Comier, F., Dufresne, C., Ichi, T., Leblanc, J.C., Perreault, D. & Roewer, I. (1997). Spectroscopic characterization of crocetin derivatives from crocus sativus L. and gardenia jasminoides. *Agricultural and Food Chemistry, 45:* 1055-1061.

Yaghoubnezhad, N., Hemmati, K., & Hemmati, N. (2022). Studying the Effect of Seaweed, Lignin and Tea Compost on the Amount of Crocin, Picrocrocin, Safranal and Some Phytochemical Traits in Petals and Stigmas of Saffron Plant (Crocus Sativus L.). *Journal of Saffron Research, 10(2)*, 358-345.

Yancheshmeh, B. S., Hesarinejad, M. A., Zamani, Z., Yousefi, N., Abdolshahi, A., & Javan, A. J. (2021). Evaluation the physical properties of Vicia Villosa seed and Study the effect of defatting and pH on the physicochemical and functional properties of its flour. *Iranian Food Science & Technology Research Journal*, 17(4).

Zendeboodi, F., Yeganehzad, S., Sadeghian, A.R. (2018). Production of carbohydrate-protein based soft drink powder containing date syrup by spray dryer: evaluation effect of drying carriers on physical properties of the powdered drink. J. Food Sci. Technol, 15 (78), 43-54. [In Persian].

COPYRIGHTS
© 2023-2024 by the authors. Published by University of Birjand – Saffron Research Group. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)