رساله‌ی دکتری: موسی الرضا هوشمنددلیر، ۱۳۹۹

طراحی و ساخت یک خشک‌کن بستر سیال به منظور خشک کردن گلبرگ زعفران و مطالعه عملکرد، ویژگی‌های ترمودینامیکی و خصوصیات کیفی محصول نهائی

زعفران یکی از مهمترین محصولات کشاورزی و از اقلام صادراتی در ایران محسوب میشود. در طی فرایند برداشت گلبرگ زعفران به عنوان ضایعات مورد استفاده قرار نمیگیرد. به منظور بررسی تغییرات کمی و کیفی گلبرگ زعفران در طی خشک کردن و طراحی و ساخت خشک کن مناسب جهت حفظ خصوصیات کمی و کیفی آزمایشی به صورت فاکتوریل در دانشگاه آزاد اسلامی واحد سبزوار در سال 1398 انجام شد. فاکتورهای مورد بررسی دمای هوای خشک‌کننده(35، 45 و 55 درجه سلسیوس)، روش خشک کردن (بستر ثابت با سرعت هوای معادل 2/0 متر بر ثانیه)، بستر نیمه سیال(با سرعت هوای معادل 7/0 متر بر ثانیه) و بستر سیال (با سرعت هوای معادل 7/1 متر بر ثانیه) بود. مدلسازی ریاضی سینتیک خشک کردن با استفاده از توابع و با استفاده از نرم افزار مطلب انجام شد و مناسبترین مدل بر اساس R2 بیشتر و SSE و RMSEکمتر انتخاب شد. از عصاره متانولی برای تعیین قدرت آنتی اکسیدانی، ترکیبات فنلی کل و قدرت مهار کنندگی رادیکال آزاد استفاده شد. نتایج نشان داد بیشترین زمان خشک کردن مربوط به روش بستر ثابت در دمای 35 درجه و کمترین زمان مربوط به روش بستر سیال در دمای 55 درجه سانتی گراد بود. در دمای 35 درجه بهترین مدل نیمه تجربی برازش شده برای خشک کردن به روش بستر ثابت مدل پیج، بستر نیمه سیال مدل اصلاح شده هندرسون و پابیس و روش بستر سیال مدل لگاریتمی بود. در دمای 45 درجه سانتیگراد بهترین مدل نیمه تجربی برازش شده در روش بستر ثابت مدل سیلوا، روش بستر نیمه سیال مدل دوجمله ای و روش بستر سیال مدل لگاریتمی بود. اما در دمای 55 درجه سانتیگراد در روش بستر ثابت مدل اصلاح شده هندرسون و پابیس، بستر نیمه سیال مدل دو جمله ای و بستر سیال مدل اصلاح شده هندرسون و پابیس بهترین مدلها با کمترین میزان SSE و RMSE و بیشترین ضریب تبین (R2) بوده اند. پارامتر ضریب نفوذ موثر تحت تاثیر دما و سرعت هوای خشک‌کن از (11-)^10×9/32776 تا (10-)^10×3/5328 متر مربع بر ثانیه در روش بستر ثابت، (10-)^10×3/7583 تا (9-)^10×2/455 متر مربع بر ثانیه در روش بستر نیمه سیال و (9-)^10×5/0826 تا (9-)^10×1/963 متر مربع بر ثانیه در روش بستر سیال متغیر بود و با افزایش دما و سرعت خشک کردن، مقدار این ضریب افزایش یافت.

بیشترین میزان ترکیبات فنلی، میزان درصد مهارکنندگی رادیکال آزاد، میزان بازآبپوشی، میزان*b، میزان E?، کمترین میزان*a و کمترین دانسیته ظاهری را نمونه های خشک شده در روش بسترسیال دارا بودند، در حالی که نمونه های خشک شده در بستر نیمه سیال بیشترین میزان آنتوسیانین، کمترین قابلیت انحلال در الکل، بیشترین میزان *a و روشنایی (L*) و کمترین E? را دارا بودند. و در روش بسترثابت نمونه ها بیشترین قابلیت انحلال در آب و بیشترین میزان E? را دارا بودند.

نمونه های خشک شده در دمای 35 درجه سانتیگراد بیشترین میزان ترکیبات آنتوسیانینی و بیشترین میزان *b و کمترین میزان روشنایی و میزان *a را دار بودند. بیشترین میزان ترکیبات فنلی، قدرت

مهارکنندگی رادیکال آزاد، قابلیت انحلال در آب، بیشترین میزان *a و کمترین میزان *b را نمونه های خشک شده در دمای 45 درجه داشتند. بیشترین میزان بازآبپوشی، قابلیت انحلال در الکل و میزان روشنایی و کمترین دانسیته ظاهری در نمونه های خشک شده در دمای 55 درجه سانتیگراد به دست آمد. در مجموع نتایج این آزمایش نشان داد استفاده از حرارت 55 درجه سانتیگراد و روش بستر سیال با داشتن پارامترهای بهتر فرآیند خشک کردن نظیر زمان کمتر، انرژی فعال سازی پایین تر و ضریب نفوذ موثر رطوبت بیشتر میتواند نتایج بهتری را در حفظ ترکیبات مفید گلبرگ زعفران به دنبال داشته باشد. از نظر ویژگیهای کیفی، دمای 35 درجه به روش بستر سیال و از نظر ویژگیهای فیزیکی، استفاده از دمای 45 درجه سانتیگراد در روش بستر نیمه سیال مناسب ترین روش معرفی شدند. در ارتباط با تغییرات رنگ محصول، محصول خشک شده در دمای 55 درجه به روش بستر نیمه سیال دارای کمترین میزان ?E بود.

کلیدواژه‌ها: گلبرگ زعفران، سینتیک خشک کردن، ضریب نفوذ موثر، انرژی فعالسازی، ترکیبات فنلی، آنتوسیانین

شماره‌ی پایان‌نامه: ۱۲۷۴۸۰۶۳۹۳۹۴۸۷۶۱۳۹۵۱۶۲۲۷۶۲۲۲
تاریخ دفاع: ۱۳۹۹/۰۸/۰۵
رشته‌ی تحصیلی: علوم و صنایع غذایی - تکنولوژی مواد غذایی
دانشکده: کشاورزی و دامپزشکی
استادان راهنما: دکتر حمید توکلی‌پور و دکتر حسین چاجی
استادان مشاور: دکتر احمد کلباسی اشتری و پروین شرایعی

Ph.D. Dissertation:

Design and fabrication of a fluidized bed dryer for drying of saffron petals and study on its performance and thermo-dynamical properties and also quality indicators of final product

Saffron is one of the most important agricultural products and export items in Iran. Saffron petals considered as waste during the harvesting process. In order to investigate the quantitative and qualitative changes of saffron petals during drying and design and construction of a suitable dryer to maintain quantitative and qualitative characteristics, a factorial experiment was conducted in Islamic Azad University (Sabzevar Branch), in 2018. Factors were drying air temperature (35, 45 and 55 °C), drying method (fixed bed, with air velocity equal to 0.2 m / s), semi-liquid bed (with air velocity equal to 0.7 m / s) and the fluid bed (with an air velocity of 1.7 m / s). MATLAB software was used for mathematical modeling of drying kinetics and the most suitable model was selected based on the highest R2 and the lowest SSE and RMSE. Methanolic extract was used to

determine antioxidant activity, total phenolic compounds and free radical scavenging activity. The results showed that the highest drying time was obtained in the fixed bed method at 35 °C and the lowest time was obtained in the fluidized bed method at 55 °C. At 35 °C, the best semi-experimental model fitted for drying by the fixed bed method was the Page model, the semi-fluid bed was the modified Henderson and Pubis model, and the fluidized bed method was the logarithmic model. At 45 °C, the best semi-experimental model fitted to the fixed bed method was the Silva model, the semi-fluid bed method was the binomial model , and fluid bed method was the logarithmic model. But at 55 °C in the fixed bed method, Henderson and Pubis modified model, the semi-fluid bed, the binomial model and in the fluid bed method Henderson and Pubis model were the best models with the lowest amount of SSE and RMSE and the highest coefficient of determination (R2).
Effective diffusion coefficient under the influence of temperature and speed of air in the dryer were inconsistent from 9.32776×10^(-11) to 3.5328×10^(-10) m2/s and in fixed bed method, 3.7583×10^(-10) to 2.455×10^(-9) m2/s in the semi-fluid bed method, and 5.0826×10^(-9) to 1.963×10^(-9) m2/s in the fluid bed method. Also, with increasing temperature and drying speed, the value of this coefficient was increased.
Dried samples in fluidized bed method had the highest amount of phenolic compounds, the percentage of free radical scavenging, the amount of rehydrating, the amount of b *and ?E, the lowest amount of a * and bulk density, while the samples dried in the semi-bed, had the highest anthocyanin content, the lowest alcohol solubility, the highest a* and luminosity (L *), and the lowest ?E. In the fixed bed method, the samples had the highest solubility in water and the highest amount of ?E.

The highest amount of anthocyanin compounds, the highest amount of b * and the lowest amount of brightness and the amount of a * were observed at drying in 35° C. The highest amount of phenolic compounds, free radical scavenging activity, solubility in water, the highest amount of a * and the lowest amount of b * were obtained in the samples dried at 45 °C. The highest rehydration, solubility in alcohol and the brightness and the lowest apparent density were obtained in samples dried at 55 °C. Overall, the results of this experiment showed that the use of 55 ° C temperature and fluidized bed method with better drying process parameters such as less time, lower activation energy(Ea) and effective moisture penetration coefficient can provide better results in maintaining Saffron petals compounds. In terms of qualitative characteristics, 35 °C temperature by the fluidized bed method and in terms of physical characteristics, 45 ° C temperature in the semi-fluidized bed method could introduced as the most appropriate drying method. In relation to product color changes, the product dried at 55 ° C by semi-fluidized bed method had he lowest ?E.