پنجمین کنفرانس ملی خلأ ایران
پژوهشکده علوم و صنایع غذایی
مشهد مقدس ۱۰ و ۱۱ اسفند ۹۰
Archive of SID

بهینه‌سازی خشک کردن اسمز-خلأ گلابی با روش سطح پاسخ

امیری پور، مجتبی[۱]؛ حبیبی نجفی، محمدباقر[۱]؛ محبّی، محبّت[۱]؛ عمادی، باقر[۲]

[۱]گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه فردوسی، مشهد
[۲]گروه ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه فردوسی، مشهد

چکیده

روش سطح پاسخ برای بهینه‌سازی خشک کردن خلأ برش‌های گلابی پیش تیمار شده اسمزی مورد استفاده قرار گرفت. اثر دمای خشک کردن(۷۰-۵۰ درجه سانتی‌گراد)، فشار خلأ(۳۰-۱۰ کیلوپاسکال) و زمان خشک کردن(۳۰۰-۱۸۰ دقیقه) به عنوان متغیرهای مستقل بر میزان رطوبت، درصد چروکیدگی و نسبت آبگیری مجدد برش‌های گلابی به عنوان متغیرهای وابسته(پاسخ) مورد ارزیابی قرار گرفت. شرایط بهینه به دست آمده برای حداقل میزان رطوبت و درصد چروکیدگی و حداکثر نسبت آبگیری مجدد عبارت بود از: دمای ٥٦ درجه سانتی‌گراد، فشار خلأ ۱۰ کیلوپاسکال و زمان خشک کردن ۲۵۰ دقیقه. در شرایط بهینه به دست آمده میزان رطوبت٪ ۲۳، درصد چروکیدگی٪ ٦٧ و نسبت آبگیری مجدد ۱/٤٥ بود.

Optimization of Osmo-Vacuum Drying of Pear Using Response Surface Methodology

Amiripour, Mojtaba[1]; Habibi Najafi, Mohammad Bagher[1]; Mohebbi; Mohebbat[1]; Emadi, Bagher[2]

[1] *Department of Food Science and Technology, Ferdowsi University, Mashhad*
[2] *Department of Agricultural Machinery, Ferdowsi University, Mashhad*

Abstract

Response surface methodology was used for optimization of osmo-vacuum drying of pear. The effect of drying temperature(50-70°C), vacuum pressure(10-30 kPa) and drying time(180-300 min) as independent variables were investigated on the moisture content, shrinkage and rehydration ratio of pear slices as dependent variables(responses). The optimum osmo-vacuum drying conditions for minimum moisture content and shrinkage and maximum rehydration ratio were 56° C drying temperature, 10 kPa vacuum pressure and 250 min drying time. At this optimum conditions moisture content, shrinkage and rehydration ratio were found to be 23%, 67% and 1.45, respectively.

مقدمه

گلابی میوه‌ای از جنس پایروس و متعلق به خانواده رزاسه است. در مناطق معتدل کاشت می‌شود و منشأ آن به نواحی آسیایی برمی گردد. گلابی منبع تغذیه‌ای خوبی برای فیبر، ویتامین C، مس و ویتامین K می‌باشد. روش‌های فراوری گلابی بیشتر شامل تهیه کمپوت، به صورت پوره در تولید آب‌میوه و ماست‌های میوه‌ای و خشک کردن می‌باشد. گلابی خشک‌شده می‌تواند به صورت‌های مختلفی از جمله در فراورده‌های نانوایی، آبگوشت‌های مختلف و مصرف به صورت خشکبار مورد استفاده قرار گیرد[۱]. طبق آمار فائو(۲۰۰۸) کشور ایران با تولید ۱۱۵۸۱۲ تن انواع گلابی در رتبه بیستم تولیدکنندگان این میوه قرار دارد[۲]. آبگیری اسمزی میوه‌ها و سبزی‌ها با غوطه‌ور کردن آن‌ها در مایعات با فعالیت آبی پایین‌تر نسبت به ماده غذایی انجام

www.SID.ir

Archive of SID

می‌شود. با استفاده از آبگیری این روش به عنوان پیش‌تیمار می‌توان آب مواد غذایی را به میزان ۳۰ تا ٪۷۰ محتوی اولیه آن کاهش داد. از جمله مزایای آبگیری اسمزی می‌توان به کوتاه کردن زمان مرحله خشک کردن ثانویه به میزان ٪۶۰ و صرفه جویی در مصرف انرژی به میزان ٪۲۰ اشاره کرد[۳]. خشک کردن خلأ روشی جایگزین برای روش خشک کردن مرسوم اتمسفری است. در این روش خارج شدن رطوبت از محصول در فشارهای پایین انجام می‌شود. وجود خلأ سبب منبسط شدن هوا و بخار آب موجود در ماده غذایی شده، ساختاری کف مانند و پف کرده در ماده غذایی ایجاد کرده، نسبت سطح به حجم بیشتری برای انتقال جرم و حرارت به وجود می‌آورد. در نتیجه با استفاده از خشک کردن خلأ می‌توان به سرعت خشک کردن بالاتر، دمای خشک کردن پایین‌تر و محیط فرایند با اکسیژن کمتر دست پیدا کرد[٤]. واکنش‌های اکسیداسیون به دلیل عدم وجود هوا به حداقل رسیده و رنگ، طعم و بافت محصولات خشک‌شده تا حدی حفظ می‌شود[۵]. روش سطح پاسخ تکنیکی مفید برای ارزیابی چند متغیر ورودی است که بر مقیاس‌های کارایی یا خصوصیات کیفی محصول یا فرایند مورد بررسی اثر می‌گذارند. همچنین این روش ابزاری مفید در مطالعات بهینه‌سازی است[٦]. در این تحقیق روش سطح پاسخ برای بهینه‌سازی شرایط خشک کردن اسمز–خلأ گلابی مورد استفاده قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

آماده سازی نمونه‌ها و آبگیری اسمزی

گلابی مورد نیاز در این تحقیق از بازار محلی مشهد تهیه گردید. میانگین رطوبت اولیه گلابی‌های مورد استفاده ٪۱±۸۵ بود. گلابی‌های مورد استفاده در آزمایشات پس از پوستگیری با استفاده از یک دستگاه برش زن دستی و قالب به برش‌هایی با ضخامت ۹ میلی متر و قطر ۳۵ میلی‌متر برش داده شدند. محلول‌های اسمزی ساکارز با غلظت٪ ۵۰ تهیه شدند. برش‌های گلابی در محلول اسمزی درون بشرهای ۱ لیتری غوطه‌ور شده و به مدت ۱۱٤ دقیقه آبگیری اسمزی انجام شد. با استفاده از یک همزن مغناطیسی دمای محلول اسمزی طی آبگیری در ۵۵ درجه سانتی‌گراد و دور هم زدن ۳۰۰ دور در دقیقه حفظ شد. پس از طی زمان مورد نظر نمونه‌های آبگیری شده از درون محلول اسمزی خارج گردیدند و به منظور حذف محلول اسمزی باقی‌مانده در سطح آن‌ها با آب مقطر شسته، توسط کاغذ صافی خشک و سپس وزن شدند.

خشک کردن خلأ

خشک کردن نمونه‌های گلابی پیش‌تیمار شده اسمزی با استفاده از خشک‌کن خلأ ساخته شده در گروه ماشین‌های کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. قبل از آغاز آزمایشات دستگاه به مدت یک ساعت تا رسیدن به شرایط دمایی پایدار روشن می‌شد. پس از رسیدن دستگاه به دمای مورد نظر برش‌های گلابی پیش‌تیمار شده اسمزی به صورت یک لایه بر روی سینی قرار داده شده و درون دستگاه قرار می‌گرفتند. خشک‌کردن خلأ در محدوده دمای ۷۰–۵۰ درجه سانتی‌گراد، فشار خلأ ۳۰–۱۰ کیلوپاسکال و زمان ۳۰۰–۱۸۰ دقیقه انجام شد. برش‌های گلابی پس از طی زمان خشک کردن از دستگاه خارج شده، وزن می‌شدند.

اندازه گیری میزان رطوبت

میزان رطوبت نمونه‌های خشک‌شده با روش AOAC ۹۳۱.۰٤ [۷] و با استفاده از رابطه ۱ اندازه گیری شد[۸].

$$X_i = \frac{M_i - M_d}{M_d} \qquad (۱)$$

که در این رابطه M_i وزن نمونه ها در زمان i و M_d وزن نمونه های خشک شده است.

اندازه گیری درصد چروکیدگی

برای اندازه گیری چروکیدگی (sh)[1]، تغییرات حجم نمونه‌ها با استفاده از روش جابجایی مایع تعیین گردید(رابطه ۲). در این

[1] *Shrinkage*

www.SID.ir

Archive of SID

پژوهش برای کاهش جذب مایع توسط نمونه‌ها از تولوئن به جای آب استفاده شد[۷].

$$Sh = \frac{V_0 - V}{V_0} \qquad (۲)$$

در این رابطه V_0 و V به ترتیب حجم اولیه و حجم نهایی نمونه بودند.

اندازه گیری نسبت آبگیری مجدد

برای اندازه گیری نسبت آبگیری مجدد، نمونه‌ها پس از خارج شدن از خشک‌کن و توزین (W_d) در درون آب با دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد غوطه‌ور شدند. پس از ۳۰ دقیقه نمونه‌ها از درون آب خارج و سطح خارجی آن‌ها با کاغذ صافی خشک گردید و مجدداً وزن شدند(W_d). نسبت آبگیری مجدد RR[۲] با استفاده از رابطه ۳ محاسبه شد[۷].

$$RR = \frac{W_r}{W_d} \qquad (۳)$$

طراحی آزمایشات

روش سطح پاسخ برای پیش‌بینی تأثیر متغیرهای فرایند بر میزان رطوبت، درصد چروکیدگی و نسبت آبگیری مجدد برش‌های گلابی به کار برده شد. آزمایشات بر طبق طرح درجه دوم مرکب مرکزی مرکز پر با سه سطح برای هر متغیر انجام شد[۸]. روش سطح پاسخ با استفاده از نرم افزار Design Expert ویرایش ۶.۰.۲ در مورد داده‌های آزمایشگاهی به کار برده شد.

نتیجه‌گیری

تجزیه واریانس برای ارزیابی اثرات معنی‌دار متغیرهای فرایند بر روی هر یک از پاسخ‌ها انجام شد. با انجام آنالیز رگرسیون چند متغیره، مدل‌های چند جمله‌ای درجه دوم برای پیش‌بینی هر یک از پاسخ‌ها به دست آمد. برازش داده‌های به دست آمده برای میزان رطوبت، درصد چروکیدگی و نسبت آبگیری مجدد بر اساس مدل چند جمله‌ای درجه دوم صورت گرفت. همان‌طور که از نتایج جداول آنالیز واریانس در مورد میزان رطوبت(جدول ۱)، نسبت آبگیری مجدد(جدول ۲) و درصد چروکیدگی(جدول ۳) مشاهده می‌شود تمام مدل‌های رگرسیونی از نظر آماری در سطح ۹۹٪ اطمینان معنی دارند. همچنین ضعف برازش برای تمامی مدل‌های سطح پاسخ در سطح اطمینان ۹۵٪ بی‌معنی بود. از نظر آماری تمامی متغیرهای فرایند به صورت خطی برای تمام پاسخ‌ها معنی‌دار بودند. علاوه بر این عبارت درجه دوم فشار خلأ در مورد میزان رطوبت و نسبت آبگیری مجدد و عبارت درجه دوم زمان خشک کردن در مورد میزان رطوبت معنی‌دار بودند.

جدول۱ : تجزیه واریانس (ANOVA) و ضرایب مدل‌های پیشگویی کننده مربوط به میزان رطوبت

منبع	ضریب	درجه آزادی	مجموع مربعات	احتمال P
مدل	۰/٤۷	۵	۰/۳۲	<۰/۰۰۰۱**
خلأ A	۰/۱۱	۱	۰/۱۲	<۰/۰۰۰۱**
دما B	-۰/۰۷۲	۱	۰/۰۵۲	۰/۰۰۰۷*
زمانC	-۰/۰۹۲	۱	۰/۰۸٤	<۰/۰۰۰۱**
A^2	-۰/۱٤	۱	۰/۰٦٤	۰/۰۰۰۳**
C^2	۰/۸۰	۱	۰/۰۲۰	۰/۰۱٦۰*
خطا		۵	$۹/٤۸\times۱۰^{-۳}$	
ضعف برازش		۹	۰/۰۲۹	۰/۲۹۳ns

جدول۲ : تجزیه واریانس (ANOVA) و ضرایب مدل‌های پیشگویی کننده مربوط به نسبت آبگیری مجدد

منبع	ضرایب	درجه آزادی	مجموع مربعات	احتمال P
مدل	۱/۳۳	٤	۰/۲۵	<۰/۰۰۰۱**
خلأ A	-۰/۰۹۲	۱	۰/۰۸۵	<۰/۰۰۰۱**
دما B	۰/۰۸۸	۱	۰/۰۷۷	<۰/۰۰۰۱**
زمانC	۰/۰۸۹	۱	۰/۰۷۸	<۰/۰۰۰۱**
A^2	۰/۰۵۰	۱	۰/۰۱۳	۰/۰۱۵۹*
خطا		۵	$۲/۹۹\times۱۰^{-۳}$	
ضعف برازش		۱۰	۰/۰۲۳	۰/۰۷۷ ns

[2] *Rehydration Ratio*

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۳: تجزیه واریانس (ANOVA) و ضرایب مدل‌های پیشگویی کننده مربوط به درصد چروکیدگی

منبع	ضرایب	درجه آزادی	مجموع مربعات	احتمال P
مدل	۰/٦۷	۳	۰/۰۷۰	<۰/۰۰۰۱**
خلأ A	-۰/۰۲۳	۱	۵/٤۵×۱۰$^{-۳}$	۰/۰۳۹۲*
دما B	۰/۰۵۸	۱	۰/۰۳٤	<۰/۰۰۰۱**
زمانC	۰/۰۵۵	۱	۰/۰۳۱	<۰/۰۰۰۱**
خطا		۵	٦/۲۷×۱۰$^{-۳}$	
ضعف برازش		۱۱	۰/۰۱۱	۰/٦٤۹ ns

**معنی داری در سطح ۹۹٪، *معنی داری در سطح ۹۵٪، nsبی معنی در سطح ۹۵٪

شرایط بهینه به دست آمده برای خشک کردن اسمز-خلأ به صورت دمای خشک کردن ٥٦ درجه سانتی‌گراد، فشار خلأ ۱۰ کیلو پاسکال و زمان خشک کردن ۲۵۰ دقیقه به دست آمد. خشک کردن گلابی در شرایط بهینه به دست آمده منجر به تولید محصولی با رطوبت٪ ۲۳، چروکیدگی٪٦۷، و نسبت باز جذب آب ۱/٤۵ می‌شود نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که برای بهینه‌سازی خشک کردن اسمز-خلأ گلابی در محدوده دمای ۷۰-۵۰ درجه سانتی‌گراد، فشار خلأ ۳۰-۱۰ کیلو پاسکال، و زمان خشک کردن ۳۰۰-۱۸۰ دقیقه روش سطح پاسخ روشی کارامد بود.

مرجع‌ها

[۱] Park, K. J., Bin, A., Brod, F. P. R; "Drying of pear d'Anjou with and without osmotic dehydration". *Journal of Food Engineering*, **56(1)** (2003), 97-103.

[۲] FAO. (2011) http://faostat.fao.org/

[۳] González-Martínez, C.; Cháfer, M.; Xue, K.; and Chiralt, A. "Effect of the osmotic pretreatment on the convective air drying kinetics of pear var. blanquilla". *International Journal of Food Properties*, **9 (3)**, (2006) 541-549.

[٤] Lee, J. H., Kim, H. J; "Vacuum drying kinetics of Asian white radish (Raphanus sativus L.) slices". *LWT - Food Science and Technology*, **42**, (2009) 180-186.

[٥] Madamba, P. S., Liboon, F. A; "Optimization of the Vacuum Dehydration of Celery (Apium Graveolens) Using the Response Surface Methodology". *Drying Technology*, **19(3)**, (2001) 611- 626.

[٦] Giri, S.K. Prasad, S.; "Optimization of Microwave-Vacuum Drying of Button Mushrooms Using Response-Surface Methodology". *Drying Technology*, **25(5)** (2007) 901-911.

[۷] AOAC. "*Official methods of analysis; Association of Official Analytical Chemists*"; Washington, DC, 1990.

[۸] Noshad, M., Mohebbi, M., Shahidi, F., and Mortazavi, S.A. "Multi-Objective Optimization of Osmotic–Ultrasonic Pretreatments and Hot-Air Drying of Quince Using Response Surface Methodology". *Food Bioprocess Technology*. (2011) Doi: 10.1007/s11947-011-0577-8.

[۹] Chauhan, A. K. S., Srivastava, A. K. "Optimizing Drying Conditions for Vacuum-Assisted Microwave Drying of Green Peas (Pisum sativum L.)". *Drying Technology*, **27(6)**, (2009) 761-769.

www.SID.ir