

## بهینه‌سازی خشک کردن اسمز-خلاء گلابی با روش سطح پاسخ

امیری پور، مجتبی<sup>۱</sup>؛ حبیبی نجفی، محمدباقر<sup>۱</sup>؛ محبّتی، عمادی، باقر<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه فردوسی، مشهد

<sup>۲</sup>گروه ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه فردوسی، مشهد

### چکیده

روش سطح پاسخ برای بهینه‌سازی خشک کردن خلاء برش‌های گلابی پیش تیمار شده اسمزی مورد استفاده قرار گرفت. اثر دمای خشک کردن (۷۰-۵۰ درجه سانتی‌گراد)، فشار خلاء (۳۰-۱۰ کیلوپاسکال) و زمان خشک کردن (۳۰۰-۱۸۰ دقیقه) به عنوان متغیرهای مستقل بر میزان رطوبت، درصد چروکیدگی و نسبت آبدگی 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 آبدگی مجدد عبارت بود از: دمای ۵۶ درجه سانتی‌گراد، فشار خلاء ۱۰ کیلوپاسکال و زمان خشک کردن ۲۵۰ دقیقه. در شرایط بهینه به دست آمده میزان رطوبت ۲۳٪، درصد چروکیدگی ۶۷٪ و نسبت آبدگی مجدد ۱/۴۵ بود.

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

Amiripour, Mojtaba<sup>1</sup>; Habibi Najafi, Mohammad Bagher<sup>1</sup>; Mohebbi; Mohebbat<sup>1</sup>; Emadi, Bagher<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Food Science and Technology, Ferdowsi University, Mashhad

<sup>2</sup> 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

ماست‌های میوه‌ای و خشک کردن می‌باشد. گلابی خشک شده می‌تواند به صورت‌های مختلفی از جمله در فرآورده‌های نانوائی، 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]. آبدگی اسمزی میوه‌ها و سبزی‌ها با غوطه‌ور کردن آن‌ها در مایعات با فعالیت آبی پایین‌تر نسبت به ماده غذایی انجام

گلابی میوه‌ای از جنس پاپروس و متعلق به خانواده رزاسه است. در مناطق معتدل کاشت می‌شود و منشأ آن به نواحی آسیای برمی گردد. گلابی منبع تغذیه‌ای خوبی برای فیبر، ویتامین C، مس و ویتامین K می‌باشد. روش‌های فرآوری گلابی بیشتر شامل تهیه کمپوت، به صورت پوره در تولید آب‌میوه و

همزن مغناطیسی دمای محلول اسمزی طی آبیگری در ۵۵ درجه سانتی‌گراد و دور هم زدن ۳۰۰ دور در دقیقه حفظ شد. پس از طی زمان مورد نظر نمونه‌های آبیگری 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 پیش‌ تیمار 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 پیش‌ تیمار 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 ۹۳۱.۰۴ [۷] و با استفاده از رابطه ۱ اندازه گیری شد [۸].

$$X_i = \frac{M_i - M_d}{M_d} \quad (1)$$

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)<sup>۱</sup>، تغییرات حجم نمونه‌ها با استفاده از روش جابجایی مایع تعیین گردید (رابطه ۲). در این

<sup>۱</sup> Shrinkage

می‌شود. با استفاده از آبیگری این روش به عنوان پیش‌ تیمار می‌توان آب مواد غذایی را به میزان ۳۰ تا ۷۰٪ محتوی اولیه آن کاهش داد. از جمله مزایای آبیگری 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 [۴]. 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 [۶]. 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 آبیگری اسمزی

گلابی مورد نیاز در این تحقیق از بازار محلی مشهد تهیه گردید. میانگین رطوبت اولیه گلابی‌های مورد استفاده ۸۵±۱٪ بود. گلابی‌های مورد استفاده در آزمایشات پس از پوستگیری با استفاده از یک دستگاه برش زن دستی و قالب به برش‌هایی با ضخامت ۹ میلی‌متر 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 ۱۱۴ دقیقه آبیگری اسمزی انجام شد. با استفاده از یک

از نتایج جداول آنالیز واریانس در مورد میزان رطوبت (جدول ۱)، نسبت آبیگری مجدد (جدول ۲) و درصد چروکیدگی (جدول ۳) مشاهده می‌شود تمام مدل‌های رگرسیونی از نظر آماری در سطح ۹۹٪ اطمینان معنی دارند. همچنین ضعف برآزش 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 آبیگری مجدد و عبارت درجه دوم زمان خشک کردن در مورد میزان رطوبت معنی‌دار بودند.

جدول ۱: تجزیه واریانس (ANOVA) و ضرایب مدل‌های پیشگویی کننده مربوط به میزان رطوبت

منبع	ضریب	درجه آزادی	مجموع مربعات	احتمال P
مدل	۰/۴۷	۵	۰/۳۲	<۰/۰۰۰۱**
خلأ A	۰/۱۱	۱	۰/۱۲	<۰/۰۰۰۱**
دما B	-۰/۰۷۲	۱	۰/۰۵۲	۰/۰۰۰۷*
زمان C	-۰/۰۹۲	۱	۰/۰۸۴	<۰/۰۰۰۱**
A <sup>2</sup>	-۰/۱۴	۱	۰/۰۶۴	۰/۰۰۰۳**
C <sup>2</sup>	۰/۸۰	۱	۰/۰۲۰	۰/۰۱۶*
خطا		۵	۹/۴۸×۱۰ <sup>-۳</sup>	
ضعف برآزش		۹	۰/۰۲۹	۰/۲۹۳ <sup>ns</sup>

جدول ۲: تجزیه واریانس (ANOVA) و ضرایب مدل‌های پیشگویی کننده مربوط به نسبت آبیگری مجدد

منبع	ضرایب	درجه آزادی	مجموع مربعات	احتمال P
مدل	۱/۳۳	۴	۰/۲۵	<۰/۰۰۰۱**
خلأ A	-۰/۰۹۲	۱	۰/۰۸۵	<۰/۰۰۰۱**
دما B	۰/۰۸۸	۱	۰/۰۷۷	<۰/۰۰۰۱**
زمان C	۰/۰۸۹	۱	۰/۰۷۸	<۰/۰۰۰۱**
A <sup>2</sup>	۰/۰۵۰	۱	۰/۰۱۳	۰/۰۱۵۹*
خطا		۵	۲/۹۹×۱۰ <sup>-۳</sup>	
ضعف برآزش		۱۰	۰/۰۲۳	۰/۰۷۷ <sup>ns</sup>

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

$$Sh = \frac{V_0 - V}{V_0} \quad (2)$$

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

### اندازه گیری نسبت آبیگری مجدد

برای اندازه گیری نسبت آبیگری 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 آبیگری مجدد  $RR^2$  با استفاده از رابطه ۳ محاسبه شد [۷].

$$RR = \frac{W_r}{W_d} \quad (3)$$

### طراحی آزمایشات

روش سطح پاسخ برای پیش‌بینی تأثیر متغیرهای فرایند بر میزان رطوبت، درصد چروکیدگی و نسبت آبیگری 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.

### نتیجه گیری

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. برآزش داده‌های به دست آمده برای میزان رطوبت، درصد چروکیدگی و نسبت آبیگری مجدد بر اساس مدل چند جمله‌ای درجه دوم صورت گرفت. همان‌طور که

<sup>2</sup> Rehydration Ratio

- [۶] 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.

جدول ۳: تجزیه واریانس (ANOVA) و ضرایب مدل‌های پیشگویی کننده مربوط به درصد چروکیدگی

منبع	ضرایب	درجه آزادی	مجموع مربعات	احتمال P
مدل	۰/۶۷	۳	۰/۰۷۰	<۰/۰۰۰۱**
خطا A	-۰/۰۲۳	۱	$5/45 \times 10^{-3}$	۰/۰۳۹۲*
خطا B	۰/۰۵۸	۱	۰/۰۳۴	<۰/۰۰۰۱**
خطا C	۰/۰۵۵	۱	۰/۰۳۱	<۰/۰۰۰۱**
خطا		۵	$6/37 \times 10^{-3}$	
ضعف برازش		۱۱	۰/۰۱۱	۰/۶۴۹ <sup>ns</sup>

\* معنی داری در سطح ۰/۰۵، \*\* معنی داری در سطح ۰/۰۱، <sup>ns</sup> بی معنی در سطح ۰/۰۵

شرایط بهینه به دست آمده برای خشک کردن اسمز-خلاق به صورت دمای خشک کردن ۵۶ درجه سانتی‌گراد، فشار خلاق 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 ۶۷٪، و نسبت باز جذب آب ۱/۴۵ می‌شود. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که برای بهینه‌سازی خشک کردن اسمز-خلاق گلابی در محدوده دمای ۷۰-۵۰ درجه سانتی‌گراد، فشار خلاق ۱۰-۳۰ کیلو پاسکال، و زمان خشک کردن ۱۸۰-۳۰۰ دقیقه روش سطح پاسخ روشی کارآمد 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.
- [۴] 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.
- [۵] 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.