

بهینه‌سازی فرایند آب‌گیری اسمزی میوه نسترن کوهی با روش سطح پاسخ

عنایت‌الله نقوی^{۱*}، صادق ریگی^۲، سمیرا باقرزاده^۳

۱- باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز
* نویسنده مسئول (Enayat.naghavi@gmail.com)

۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سبزوار

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

چکیده

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۴/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۴/۰۵

واژه‌های کلیدی

آب‌گیری اسمزی

بهینه‌سازی

روش‌شناسی سطح پاسخ

میوه نسترن کوهی

روش سطح پاسخ (RSM)، مجموعه‌ای از تکنیک‌های آماری و ریاضی برای طراحی آزمایش‌ها، مدل‌سازی، بهبود دادن و بهینه‌سازی فرایندها می‌باشد. هدف از مطالعه حاضر بهینه‌سازی فرایند آب‌گیری اسمزی میوه نسترن کوهی توسط RSM بود. بدین‌منظور، اثرات متغیرهای مستقل دما (۲۰، ۳۰ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد)، غلظت محلول اسمزی (۴۰، ۵۰ و ۶۰ درصد وزنی/وزنی) و زمان آب‌گیری (۲، ۳ و ۴ ساعت) روی پاسخ‌ها یا متغیرهای وابسته شامل از دست دادن آب (WL)، جذب ماده جامد (SG) و کاهش وزن (WR) ارزیابی شد. نتایج نشان داد که همه مدل‌های به‌دست‌آمده برای WL، SG و WR برای توصیف داده‌های آزمایشی مناسب بودند. علاوه بر این، تابع مطلوبیت نشان داد که شرایط بهینه فرایند آب‌گیری اسمزی میوه نسترن کوهی شامل دمای محلول اسمزی ۳۱/۷۸ درجه سانتی‌گراد، غلظت محلول ۶۰ (درصد، وزنی/وزنی) و زمان آب‌گیری ۳ ساعت و ۵۹ دقیقه بود. تحت این شرایط، مقدار پارامترهای WL، SG و WR به ترتیب ۲۷/۳۸، ۳/۵۳ و ۲۳/۸۵ گرم به ازای ۱۰۰ گرم نمونه به‌دست آمد.

مقدمه

2007). علاوه بر این، میوه این گیاه به دلیل داشتن مقادیر قابل توجه ویتامین‌های گوناگون (آ، ب و ث) و ترکیبات باارزش دیگر مانند پلی‌فنول‌ها، کاروتنوئیدها، کربوهیدرات‌ها و اسیدهای چرب از نظر غذایی و دارویی بسیار ارزشمند و مورد توجه است (Demir & Ozcan, 2001). از کاربردهای این میوه در صنایع غذایی می‌توان به تهیه مربا، مارمالاد، آب‌میوه و شربت از آن اشاره کرد (Cinar & Colakogilu, 2005). بنابراین، استفاده از تیمارهایی که اثر نامطلوب کمتری بر مقادیر ویتامین‌ها و سایر ترکیبات باارزش و ویژگی‌های کیفی در محصول نهایی فراوری شده داشته باشند، بسیار مفید است. در همین راستا، آب‌گیری اسمزی به‌عنوان یک روش فراوری اولیه که در آن از

گیاه نسترن کوهی با نام علمی *Rosa canina*^۱ متعلق به خانواده *Rosaceae*^۲ می‌باشد. میوه این گیاه سرشار از ویتامین ث بوده و در برخی از کشورهای اروپایی از آن داروهایی تحت عنوان ویروما^۳ و دی‌ویروما^۴ تهیه و به بازار دارویی عرضه شده است (امیدبیگی، ۱۳۸۴). این میوه بسیار پرطرفدار بوده و کاربرد آن به دلیل داشتن فعالیت پیشگیری‌کننده و درمانی^۵ در برابر تعداد زیادی از بیماری‌ها در حال افزایش است (Orhan et al.,

^۱ *Rosa canina* L.

^۲ *Rosaceae*

^۳ Viroma

^۴ Diviroma

^۵ Prophylactic and therapeutic activity

شرایط دماهای ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درجه سانتی‌گراد، غلظت محلول ۵۰، ۶۰ و ۷۰ درجه بریکس و زمان آب‌گیری ۴، ۵ و ۶ ساعت گزارش نمودند که شرایط بهینه شامل میزان WR، WL و SG به ترتیب برابر با ۲۰/۶-۳۶/۴، ۲۳/۲-۴۴/۵ و ۲/۵-۸/۱ درصد بود. علاوه بر این، در پژوهش انجام‌شده توسط Mokhtarian و همکاران (۲۰۱۴) روش سطح پاسخ برای بهینه‌سازی آب‌گیری اسمزی تکه‌های کدوخلوایی مورد استفاده قرار گرفت. در این مطالعه اثر پارامترهای گوناگون شامل دمای محلول اسمزی (۵۰-۵ درجه سانتی‌گراد)، زمان غوطه‌وری (۱۸۰-۰ دقیقه) و غلظت محلول اسمزی (از ۵ درصد نمک + ۵۰ درصد وزنی/حجمی شکر تا ۱۵ درصد نمک + ۵۰ درصد وزنی/حجمی شکر) روی WR، SG، WL و محتوای رطوبت نهایی مورد بررسی قرار گرفت. شرایط بهینه برای آب‌گیری اسمزی در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد، زمان غوطه‌وری ۱۸۰ دقیقه و دمای محلول اسمزی ۱۵ درصد نمک + ۵۰ درصد وزنی/حجمی شکر حاصل شد. در این شرایط بهینه، مقادیر WR، SG، WL و محتوای رطوبت نهایی به ترتیب برابر با ۷۰/۷، ۱۰/۲، ۵۹/۰۶ گرم به ازای ۱۰۰ گرم نمونه اولیه و ۰/۶۴ گرم آب (بر پایه خشک) بودند.

براساس کارهای پژوهشی انجام‌شده تاکنون، مطالعه‌ای درباره آب‌گیری اسمزی میوه نسترن کوهی جهت کاهش محتوای رطوبتی و افزایش مدت ماندگاری نسترن کوهی و همچنین بهینه‌سازی شرایط فرایند، انجام نشده است. بنابراین، پژوهش حاضر باهدف بررسی اثر متغیرهای مستقل (دما، غلظت محلول اسمزی و زمان آب‌گیری) روی پاسخ‌ها یا متغیرهای وابسته شامل WR، WL، SG و نیز یافتن شرایط بهینه فرایند آب‌گیری اسمزی میوه نسترن کوهی انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

مواد

مواد اولیه اصلی مورد استفاده در پژوهش حاضر شامل میوه نسترن کوهی (با رطوبت اولیه نزدیک به ۶۸ درصد بر پایه وزن مرطوب) و شکر (ساکارز) بودند. این دو ماده از بازار محلی شهرستان سمیرم (از توابع

دماهای کمابیش پایین استفاده می‌گردد، می‌تواند مورد توجه قرار گیرد.

به‌طور کلی، آب‌گیری اسمزی فرایند حذف نسبی یا جزئی^۱ رطوبت از ماده غذایی، از طریق غوطه‌ور نمودن آن در محلول‌های هایپرتونیک^۲ با فشار اسمزی بالا مانند محلول‌های قندی یا نمکی می‌باشد (Singh *et al.*, 2010). طی این تیمار، اختلاف فشار اسمزی بین فشار اسمزی محلول هایپرتونیک و بافت نمونه گیاهی به‌عنوان نیروی محرکه باعث انتشار آب (انتقال جرم) از بافت نمونه گیاهی به سمت محلول اسمزی می‌گردد. علاوه بر این، انتشار مواد حل‌شده از سمت محلول اسمزی به داخل بافت نمونه (درجهت عکس انتشار آب) به‌طور هم‌زمان اتفاق می‌افتد (Yadav & Singh, 2014). مواد معمول مورد استفاده برای تهیه محلول اسمزی طی این فرایند شامل ساکارز، گلوکز، فروکتوز، شربت ذرت و سدیم کلرید می‌باشند که در بین این مواد، سدیم کلرید معمولاً برای سبزی‌ها و محلول ساکارز برای میوه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد (Alam *et al.*, 2010; Singh *et al.*, 2010; Yadav & Singh, 2014). آهنگ وقوع آب‌گیری اسمزی تحت تأثیر عوامل گوناگونی قرار می‌گیرد که مهم‌ترین آنها شامل دما، غلظت محلول اسمزی، نوع عامل اسمزی مورد استفاده، هم‌زدن، شکل هندسی نمونه، نسبت نمونه به محلول اسمزی و ویژگی فیزیکی و شیمیایی ماده غذایی می‌باشند (Chandra & Kumari, 2015).

در پژوهشی که توسط Singh و همکاران (۲۰۱۰) درباره بهینه‌سازی آب‌گیری اسمزی هویج به روش RSM صورت گرفت، متغیرهای مستقل فرایند شامل دمای محلول اسمزی، زمان آب‌گیری و غلظت محلول اسمزی و متغیرهای وابسته مورد بررسی نیز شامل از دست دادن آب (WL)، کاهش وزن (WR) و جذب ماده جامد (SG) نمونه‌ها بودند. در نهایت، شرایط بهینه فرایند به‌صورت دمای ۵۸/۵ درجه سانتی‌گراد، غلظت ۱۵ درصد نمک با زمان غوطه‌وری ۱۲۰ دقیقه به‌دست آمد. همچنین، Jain و همکاران (۲۰۱۱) جهت بهینه‌سازی پارامترهای آب‌گیری اسمزی برش‌های مکعبی شکل (با ضخامت ۱ سانتی‌متر) پاپایا تحت

¹ Partial removal

² Hypertonic solutions

W_i : جرم اولیه نمونه (گرم)؛ W_f : جرم نمونه بعد از آب‌گیری اسمزی (گرم)؛ X_i : رطوبت اولیه (درصد، بر پایه مرطوب)؛ X_f : رطوبت نمونه بعد از آب‌گیری اسمزی (درصد، بر پایه مرطوب)؛

WL: از دست دادن آب (درصد، گرم به ازای ۱۰۰ گرم نمونه اولیه)

SG: جذب ماده جامد (درصد، گرم به ازای ۱۰۰ گرم نمونه اولیه)

WL: کاهش وزن (درصد، گرم به ازای ۱۰۰ گرم نمونه اولیه)

اندازه‌گیری محتوای رطوبت و ماده جامد نمونه‌های تازه و فرایندشده با آب‌گیری اسمزی، طبق روش استاندارد AOAC شماره ۹۳۱/۰۴ انجام گرفت (AOAC, 1990).

طرح آزمایشی و آنالیز آماری

برای ارزیابی آثار آب‌گیری اسمزی بر پارامترهای WL، SG و WR میوه نسترن‌کوهی و بهینه‌سازی فرایند، از روش سطح پاسخ (RSM) استفاده شد. بدین‌منظور، طرح مرکب مرکزی^۴ استفاده‌شده شامل متغیرهای مستقل دما (۲۰، ۳۰ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد) (Lazarides *et al.*, 1995; Ozen *et al.*, 2002; Vieira *et al.*, 2012)، غلظت محلول اسمزی (۴۰، ۵۰ و ۶۰ درصد وزنی/وزنی) (Eren & Kaymak-Ertekin 2007; Noshad *et al.*, 2012; Vasconcelos *et al.*, 2012; Vieira *et al.*, 2012) و زمان فرایند آب‌گیری (۲، ۳ و ۴ ساعت) (Singh *et al.*, 2010; Yadav *et al.*, 2012; Vasconcelos *et al.*, 2012) با تعداد ۲۰ تیمار و ۶ تکرار در نقطه مرکزی بود. در طرح مرکب مرکزی مورد استفاده، مقدار آلفا (برای سه سطح گوناگون انتخاب‌شده برای هر متغیر مستقل) با استفاده از رابطه (۴) تعیین شد (Singh *et al.*, 2010):

رابطه (۴)

$$X_i = \frac{2(X_i - \bar{X}_i)}{R_i} \quad (X_i \text{ اعداد کد شده})$$

X_i : مقدار واقعی برای متغیر مستقل کدشده i ام؛
 \bar{X}_i : متوسط مقادیر بالا و پایین متغیر مستقل کدشده i ام؛

R_i : اختلاف بین مقادیر بالا و پایین متغیر مستقل کدشده i ام (X_i).

استان اصفهان) تهیه گردیدند. قابل ذکر است که میوه تهیه‌شده براساس درجه رسیدگی (باتوجه به رنگ و میزان سفتی یا نرمی بافت)، تازگی، رنگ، اندازه و شکل کم‌وبیش یکسان جداسازی شد و تا پایان انجام آزمایش‌ها در سردخانه (۴ درجه سانتی‌گراد) نگهداری شد.

تجهیزات و وسایل مورد استفاده

تجهیزات و وسایل به‌کاررفته در این مطالعه شامل آون (مدل BM120، ساخت ایران، شرکت فن‌آزما گستر)، بن‌ماری (مدل WB 22، ساخت ایران، شرکت فن‌آزما گستر)، کولیس (مدل U16، شرکت Mahr آلمان، با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر) و ترازوی دیجیتال (با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم، مدل AND GR200، ژاپن) بودند.

آماده‌سازی نمونه‌ها

میوه‌های مورد نظر پس از بازرسی اولیه برای زدودن خاک سطحی آنها شست‌وشو داده شدند. پس از جداسازی پسمان‌ها، به کمک یک کاتر دستی تیز طراحی‌شده و یک کولیس، برش‌های یکسان مکعبی‌شکل با ضخامت ۵ میلی‌متر از آنها تهیه گردید و بلافاصله با فرایند آب‌گیری اسمزی تیمار شدند. قابل ذکر است که متوسط طول، قطر و جرم نمونه‌ها به ترتیب ۲۲/۶ میلی‌متر، ۱۴/۴۲ میلی‌متر و ۴/۳۶ گرم بود.

رطوبت سطحی نمونه‌ها توسط کاغذ صافی گرفته شد. سپس، نمونه‌ها توزین شده و پارامترهای مورد نظر شامل از دست دادن آب (WL)^۱، جذب ماده جامد (SG)^۲ و کاهش وزن (WR)^۳ با استفاده از رابطه‌های (۱)، (۲) و (۳) محاسبه گردید (Ozen *et al.*, 2002; Kek *et al.*, 2013):

رابطه (۱)

$$WL = \frac{W_i \cdot X_i - W_f \cdot X_f}{W_i} \times 100$$

رابطه (۲)

$$SG = \frac{W_f(1 - X_f) - W_i(1 - X_i)}{W_i} \times 100$$

رابطه (۳)

$$WR = WL - SG$$

¹ Water loss

² Solid gain

³ Weight reduction

⁴ Central composite design (CCD)

مستقل واقعی) به دست می‌آیند که در واقع، همان حالت نمای مرکزی^۱ در نرم افزار Design expert است. جدول (۲) نیز شرایط انجام آزمایش و مقادیر پاسخ‌های به دست آمده برای طرح مرکب مرکزی مورد استفاده جهت آب‌گیری اسمزی میوه نسترن کوهی را ارائه می‌دهد.

جدول (۱) مقادیر کدشده و سطوح گوناگون متغیرهای مستقل به کاررفته برای فرایند آب‌گیری اسمزی میوه نسترن کوهی را نشان می‌دهد. باتوجه به جدول (۱)، با جایگزینی مقادیر واقعی انتخاب شده برای هرکدام از متغیرهای مستقل در رابطه (۴)، مقادیر ۱، ۰ و ۱- (به ترتیب به عنوان سطوح گوناگون کدشده برای مقادیر بالا، متوسط و پایین متغیرهای

جدول ۱ - مقادیر کدگذاری شده و سطوح گوناگون متغیرهای مستقل به کاررفته برای فرایند آب‌گیری اسمزی میوه نسترن کوهی

متغیرهای مستقل			مقادیر کدگذاری شده و سطوح گوناگون آنها
دما (A, درجه سانتی‌گراد)	۲۰	۳۰	۴۰
غلظت محلول اسمزی (B, درصد وزنی/وزنی)	۴۰	۵۰	۶۰
زمان آب‌گیری اسمزی (C, ساعت)	۲	۳	۴

جدول ۲ - مقادیر کدگذاری شده و سطوح گوناگون متغیرهای مستقل به کاررفته برای فرایند آب‌گیری اسمزی میوه نسترن کوهی

تیمار	دما (°C)	غلظت محلول (%، وزنی/وزنی)		زمان آب‌گیری (ساعت)		متغیرهای وابسته		
		WR	SG	WL	WR	SG	WL	
۱	۴۰	۴۰	۴۰	۴	۲۱/۰۲	۳/۸۳	۲۴/۸۵	
۲	۴۰	۶۰	۶۰	۲	۲۲/۰۱	۳/۹۲	۲۵/۹۳	
۳	۲۰	۴۰	۴۰	۲	۶/۹۲	۱/۸۳	۸/۷۵	
۴	۳۰	۵۰	۵۰	۳	۱۵/۷۹	۲/۳۵	۱۸/۱۴	
۵	۳۰	۵۰	۵۰	۳	۱۶/۶۱	۲/۴۵	۱۹/۰۶	
۶	۳۰	۵۰	۵۰	۲	۱۳/۴۲	۲/۲۸	۱۵/۷	
۷	۳۰	۴۰	۴۰	۳	۱۲/۴۲	۲/۰۲	۱۴/۴۴	
۸	۲۰	۶۰	۶۰	۲	۱۲/۸۹	۲/۲۹	۱۵/۱۸	
۹	۴۰	۵۰	۵۰	۳	۲۱/۹۱	۳/۹۸	۲۵/۸۹	
۱۰	۴۰	۶۰	۶۰	۴	۳۱/۰۵	۴/۷۳	۳۵/۷۸	
۱۱	۳۰	۵۰	۵۰	۴	۱۹/۷۶	۳/۱۹	۲۲/۹۵	
۱۲	۲۰	۴۰	۴۰	۴	۱۲/۶۶	۲/۶۲	۱۵/۲۸	
۱۳	۲۰	۶۰	۶۰	۴	۱۹/۷۴	۳/۸۹	۲۳/۶۳	
۱۴	۳۰	۶۰	۶۰	۳	۲۰/۴۹	۳/۲۵	۲۳/۷۴	
۱۵	۴۰	۴۰	۴۰	۲	۱۵/۶۱	۳/۰۱	۱۸/۶۲	
۱۶	۲۰	۵۰	۵۰	۳	۱۱/۵۷	۲/۶۹	۱۴/۲۶	
۱۷	۳۰	۵۰	۵۰	۳	۱۵/۵۸	۳/۰۵	۱۸/۶۳	
۱۸	۳۰	۵۰	۵۰	۳	۱۷/۳۲	۲/۲۴	۱۹/۵۶	
۱۹	۳۰	۵۰	۵۰	۳	۱۶/۸۴	۲/۴۸	۱۹/۳۲	
۲۰	۳۰	۵۰	۵۰	۳	۱۶/۳۱	۲/۶۴	۱۸/۹۵	

رابطه (۵)

$$Y = b_0 + b_1A + b_2B + b_3C + b_{11}A^2 + b_{22}B^2 + b_{33}C^2 + b_{12}AB + b_{13}AC + b_{23}BC$$

آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Design expert 6.0.2 انجام شد. داده‌های تجربی یا آزمایشی نیز با کمک معادله چند جمله‌ای درجه دوم ذیل برازش شدند (Singh et al., 2010):

¹ Face-Centered

A^2 ، $(P < 0.01)$ معنی‌دار میان متغیرهای مستقل، برهم‌کنش دما-غلظت (AB) و $(P < 0.05)$ و غلظت‌زمان آب‌گیری (BC) و $(P < 0.01)$ معنی‌دار بودند. نتایج به‌دست‌آمده برای ضرایب همبستگی مدل $(R^2 = 0.9958, R^2_{adjusted} = 0.9920)$ نیز بیانگر تطابق بسیار خوب مدل رگرسیونی مورد استفاده با نقاط آزمایش‌شده و دقت بالای آن در پیش‌بینی مقدار متغیر وابسته (WL) می‌باشد. رابطه (۶)، مدل چندجمله‌ای درجه دوم به‌کاررفته برای پیش‌بینی میزان WL براساس مقادیر گذشته را پس از حذف عوامل غیرمعنی‌دار نشان می‌دهد:

$$Y_1(WL) = +18.98 + 5.4 \times A + 4.23 \times B + 3.38 \times C + 1.28 \times A^2 + 0.43 \times A \times B + 0.69 \times B \times C$$

در این حالت (پس از حذف عوامل غیرمعنی‌دار) نیز امکان استفاده از مدل جدید بررسی شد و معنی‌دار بودن مدل $(P < 0.0001)$ و $F = 356/43$ و غیرمعنی‌دار بودن عدم برازش $(P = 0.5175)$ و همچنین معنی‌دار بودن آثار خطی (A، B و C)، درجه دوم (A^2) و برهم‌کنش‌ها (AB و BC) تأیید شد. مقدار R^2 به‌دست‌آمده نیز 0.9836 بود که در تطابق معقول با مقدار $R^2_{adjusted} = 0.9920$ است.

b_n : ضرایب رگرسیون برای عامل‌های ضریب ثابت (b_0) ، ضریب اثر خطی (b_1, b_2, b_3) ، ضریب اثر درجه دوم (b_{11}, b_{22}, b_{33}) و ضریب اثر متقابل (b_{12}, b_{13}) و (b_{23}) .

Y: متغیرهای وابسته یا پاسخ‌های مورد نظر شامل از دست دادن آب (WL)، جذب ماده جامد (SG) و کاهش وزن (WR).

نتایج و بحث

از دست دادن آب (WL)

نتایج تجزیه و تحلیل واریانس برای میزان آب‌گیری اسمزی برش‌های میوه نسترن‌کوهی در جدول (۳) ارائه شده است. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده (جدول ۳)، معادله چندجمله‌ای درجه دوم مورد استفاده برای پیش‌بینی WL نمونه‌های میوه نسترن‌کوهی از نظر آماری معنی‌دار بود $(P < 0.01)$ ؛ اما آزمون عدم برازش^۱ آن معنی‌دار نبود $(P > 0.05)$ که بیانگر مناسب بودن مدل مورد استفاده برای پیش‌بینی اثر متغیرهای مستقل بر بود. همچنین، از بین عبارات‌های مربوط به برهم‌کنش متغیر وابسته (WL) می‌باشد. علاوه بر این، همه جمله‌های خطی مدل به‌کاررفته (A، B و C) معنی‌دار بودند $(P < 0.01)$ ؛ درحالی‌که از بین عبارات‌های درجه دوم، تنها عبارت درجه دوم دما

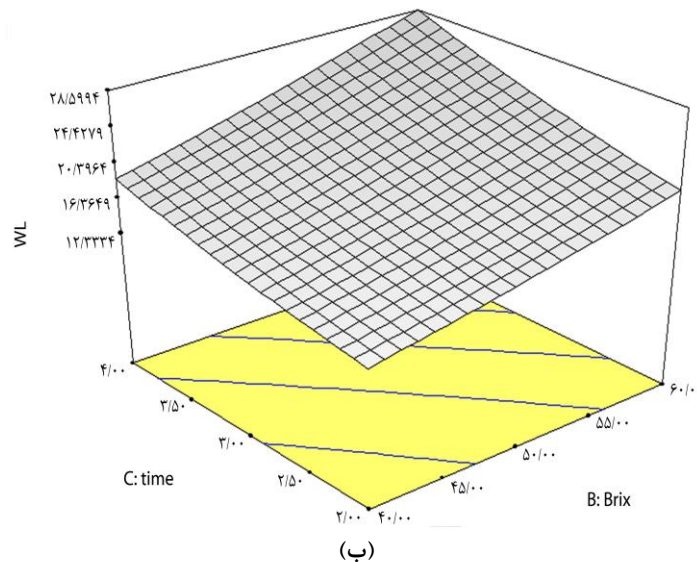
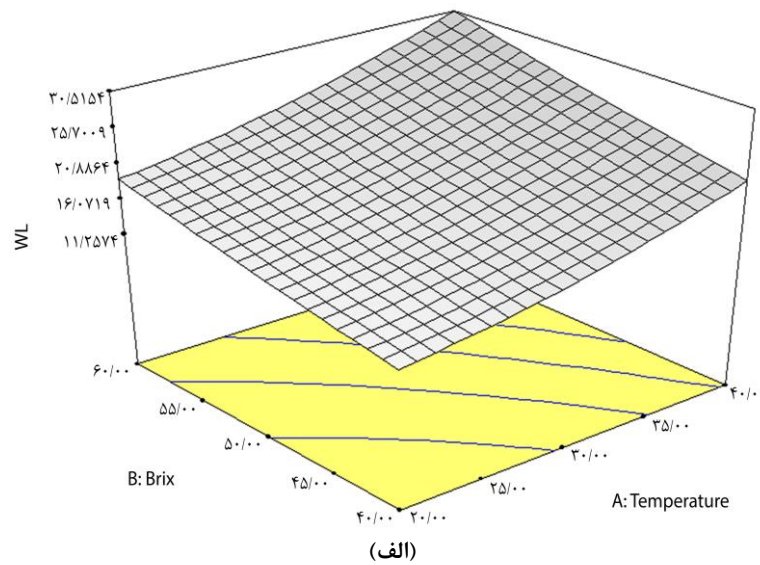
جدول ۳ - نتایج تجزیه و تحلیل واریانس برای از دست دادن آب (WL) نمونه‌های نسترن‌کوهی بعد از انجام آب‌گیری اسمزی

منبع تغییرات	مجموع مربعات (SS)	درجه آزادی (df)	F Value	Prob>F
مدل	۶۳۹/۷۸	۹	۲۶۴/۲۸	< ۰/۰۰۰۱
A	۲۹۱/۲۸	۱	۱۰۸۲/۸۸	< ۰/۰۰۰۱
B	۱۷۹/۱	۱	۶۶۵/۸۴	< ۰/۰۰۰۱
C	۱۴۶/۷۷	۱	۵۴۵/۶۳	< ۰/۰۰۰۱
A ²	۴/۴۸	۱	۱۶/۶۷	۰/۰۰۲۲
B ²	۰/۲۳	۱	۰/۸۷	۰/۳۷۲۸
C ²	۰/۷۶	۱	۲/۸۴	۰/۱۲۳
AB	۱/۵	۱	۵/۵۶	۰/۰۴
AC	۰/۱۵	۱	۰/۵۶	۰/۴۷۰۶
BC	۳/۸۴	۱	۱۴/۲۶	۰/۰۰۳۶
باقی‌مانده	۲/۶۹	۱۰	-	-
عدم برازش	۱/۴۱	۵	۱/۱	۰/۴۵۸۷
خطای خالص	۱/۲۸	۵	-	-
کل	۶۴۲/۴۷	۱۹	-	-

¹ Lack of Fit

حاصل می‌شود. در این رابطه، با افزایش غلظت محلول اسمزی، فعالیت آبی کاهش یافته و نیروی محرکه لازم برای خروج آب از نمونه افزایش می‌یابد که به نوبه خود منجر به افزایش WL می‌گردد (Eren & Kaymak- 2007). همچنین، در این حالت اختلاف فشار اسمزی در زمان طولانی‌تری حفظ می‌شود که باعث بهبود انتقال جرم یا WL می‌گردد. علاوه بر این، در هر غلظت به کاررفته از محلول اسمزی، با افزایش دما، میزان WL به صورت خطی و درجه دوم (انحنای کم منحنی) افزایش می‌یابد.

تأثیر متغیرهای مستقل بر روی میزان WL طی فرایند آب‌گیری اسمزی میوه نسترن کوهی به صورت رویه سطح پاسخ و کنتور در شکل (۱) نشان داده شده است. مطابق شکل (۱)، با افزایش هر دو متغیر مستقل (دما-غلظت یا غلظت-زمان)، میزان WL افزایش پیدا می‌کند. جدول (۳) نیز معنی‌دار بودن اثر متقابل این متغیرها (AB و BC) روی میزان آب‌گیری را تأیید می‌کند. مطابق شکل (۱-الف)، با افزایش غلظت محلول اسمزی، در هر دمای مورد استفاده میزان WL به صورت خطی افزایش می‌یابد و حداکثر میزان آب‌گیری نیز در بالاترین غلظت و دمای مورد استفاده



شکل ۱- نمودار سطح پاسخ و کنتور برای میزان آب‌گیری یا از دست دادن آب (WL) نمونه‌های نسترن کوهی به عنوان تابعی از سطح گوناگون متغیرهای مستقل دما (درجه سانتی‌گراد)، غلظت (بریکس) و زمان آب‌گیری اسمزی (ساعت)

(SG) برای برش‌های میوه نسترن کوهی بعد از آبگیری اسمزی را نشان می‌دهد. باتوجه به نتایج به دست آمده، معادله چندجمله‌ای درجه دوم مورد استفاده برای پیش‌بینی SG از نظر آماری معنی‌دار بود ($P < 0.01$)؛ درحالی‌که آزمون عدم برازش آن معنی‌دار نبود ($P > 0.05$) که همانند متغیر مستقل WL، بیانگر کفایت مدل مورد استفاده برای پیش‌بینی اثر متغیرهای مستقل بر متغیر وابسته (SG) می‌باشد. علاوه بر این، همه عبارت‌های درجه اول مدل به تنهایی (A، B و C) معنی‌دار بودند ($P < 0.01$)؛ درحالی‌که از بین عبارت‌های درجه دوم، تنها اثر عبارت درجه دوم دما (A^2)، معنی‌دار بود. مطابق جدول (۴)، به وضوح مشاهده می‌گردد که هیچ‌کدام از عبارت‌های مربوط به اثر متقابل بین متغیرهای مستقل، دارای اثر معنی‌دار نیستند ($P > 0.05$). همچنین، مقادیر R^2 و $R^2_{adjusted}$ برای مدل برازش یافته به ترتیب برابر ۰/۹۴۷۸ و ۰/۹۰۰۹ بودند که نشان می‌دهد مدل ارائه شده برای SG به خوبی توانسته است دگرگونی‌های مشاهده شده در پاسخ (SG) را در اثر متغیرهای مستقل توضیح دهد.

شکل (۱-الف) که جدول (۳) نیز آن را تأیید می‌کند (معنی‌دار بودن عبارت درجه دوم دما، A^2). علت تأثیر مثبت افزایش دما در افزایش میزان WL را می‌توان به تورم و پلاستیکی شدن غشاء سلولی و نیز بهبود ویژگی‌های انتقال آب در سطح محصول، به علت ویسکوزیته کمتر محیط اسمز در دماهای بالاتر نسبت داد (Lazarides et al., 1995).

از طرف دیگر، شکل (۱-ب) نشان می‌دهد که با افزایش هر دو متغیر مستقل (غلظت یا زمان)، میزان WL به صورت خطی افزایش می‌یابد و نمودار به صورت بالارونده است. حداکثر میزان آبگیری در این حالت نیز در بالاترین غلظت و زمان مورد استفاده حاصل شد. به طور کلی، عبارت‌های درجه اول مدل و همچنین، عبارت درجه دوم دما (A^2) بیشترین تأثیر را روی میزان WL طی فرایند آبگیری اسمزی داشتند. اثر متقابل غلظت-زمان آبگیری (BC) و دما-غلظت (AB) نیز در درجه بعدی اهمیت، قرار داشتند (جدول ۳).

جذب ماده جامد (SG)

جدول (۴) نتایج تجزیه و تحلیل میزان جذب ماده جامد

جدول ۴ - نتایج تجزیه و تحلیل واریانس برای میزان جذب ماده جامد (SG) نمونه‌های نسترن کوهی بعد از انجام آبگیری اسمزی

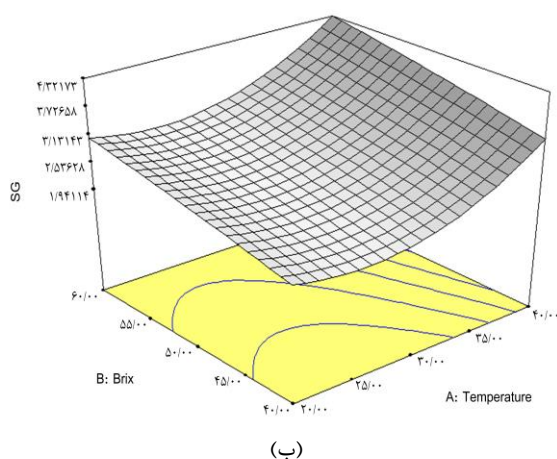
منبع تغییرات	مجموع مربعات (SS)	درجه آزادی (df)	F Value	Prob>F
مدل	۱۰/۹۹۲۴۱	۹	۲۰/۱۸۷۸۱	< ۰/۰۰۰۱
A	۳/۷۸۲۲۵	۱	۶۲/۵۱۵۶۸	< ۰/۰۰۰۱
B	۳/۲۷۵۲۹	۱	۳۷/۶۰۷۵۹	۰/۰۰۰۱
C	۲/۴۳۰۴۹	۱	۴۰/۱۷۲۸۵	< ۰/۰۰۰۱
A^2	۱/۲۱۷۷۸۲	۱	۲۰/۱۲۸۳۵	۰/۰۰۱۲
B^2	۰/۰۰۳۲۸۲	۱	۰/۰۵۴۲۴۴	۰/۸۲۰۵
C^2	۰/۰۱۱۷۸۲	۱	۰/۱۹۴۷۳۸	۰/۶۶۸۴
AB	۰/۰۰۰۰۸	۱	۰/۰۱۳۲۲۳	۰/۹۱۰۷
AC	۰/۰۰۷۲۲	۱	۱/۱۹۳۳۷۲	۰/۳۰۰۳
BC	۰/۰۰۸	۱	۱/۳۲۲۲۹۶	۰/۲۷۶۹
باقی مانده	۰/۶۰۵۰۰۸	۱۰	-	-
عدم برازش	۰/۱۹۷۲۵۸	۵	۰/۴۸۳۷۷۲	۰/۷۷۷۸
خطای خالص	۰/۴۰۷۷۵	۵	-	-
کل	۱۱/۵۹۷۴۲	۱۹	-	-

رابطه (۷)

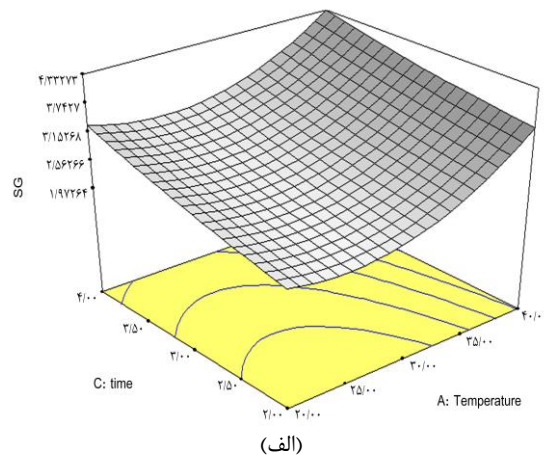
$$Y_2(SG) = +2.59 + 0.61 \times A + 0.48 \times B + 0.49 \times C + 0.67 \times A^2$$

رابطه (۷) نیز مدل چندجمله‌ای مورد استفاده براساس مقادیر گذشته برای پیش‌بینی مقادیر SG بعد از حذف عبارت‌های دارای اثر غیرمعنی‌دار را نشان می‌دهد:

در نقطه مرکزی غلظت محلول (شکل ۲-ب) را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، هر دو نمودار دارای لبه بالارونده است و در هر دمای مورد استفاده، با افزایش غلظت محلول اسمزی (شکل ۲-الف) و زمان آب‌گیری (شکل ۲-ب)، میزان SG به صورت خطی افزایش پیدا می‌کند. علاوه بر این، در هر غلظت محلول اسمزی یا زمان آب‌گیری به کاررفته، با افزایش دما، میزان SG به صورت خطی و غیرخطی (درجه دوم) افزایش می‌یابد که در این حالت نیز معنی‌دار بودن اثر عبارتهای خطی و درجه دوم دما (وجود انحنای یا سطح مقعر با لبه‌های بالارونده در منحنی شکل ۲) این مشاهده را تأیید می‌کند (جدول ۴).



در این حالت نیز امکان استفاده از مدل جدید (پس از حذف عوامل غیرمعنی‌دار) بررسی شد و معنی‌دار بودن مدل ($F=52/72$ و $P<0/0001$) و غیرمعنی‌دار بودن عدم برازش ($P=0/8712$) و همچنین معنی‌دار بودن بودن آثار خطی (A، B و C) و درجه دوم (A^2) تأیید شد. مقدار R^2 به دست آمده نیز $0/8923$ بود که در تطابق معقول با مقدار $R^2_{adjusted}=0/9009$ است. برای مشاهده رابطه بین متغیرهای مستقل و SG، نمودارهای سه‌بعدی رویه پاسخ و کنتور رسم شدند. شکل (۲) تأثیر سطوح گوناگون دما و غلظت محلول در نقطه مرکزی زمان فرایند (شکل ۲-الف) و اثر سطوح گوناگون دما و زمان



شکل ۲ - نمودار سطح پاسخ و کنتور برای جذب ماده جامد (SG) نمونه‌های نسترن کوهی بعد از انجام آب‌گیری اسمزی به عنوان تابعی از سطح گوناگون متغیرهای مستقل دما (درجه سانتی‌گراد)، غلظت (بریکس) و زمان آب‌گیری اسمزی (ساعت)

این افزایش، در دماهای بالاتر بیشتر است که دلیلی بر تأثیرگذاری دما به همراه غلظت یا زمان بالاتر آب‌گیری اسمزی می‌باشد. Singh و همکاران (۲۰۱۰) نیز نتیجه مشابهی را در رابطه با افزایش SG برش‌های هویج با افزایش زمان آب‌گیری و دمای محلول اسمزی گزارش نمودند. به‌طور کلی، عبارتهای درجه اول مدل بیشترین تأثیر را روی SG داشتند و عبارت درجه دوم دما (A^2) نیز در درجه بعدی تأثیرگذاری قرار داشت (جدول ۴). براساس پژوهش‌های گوناگون انجام شده، اثر مثبت این متغیرها در افزایش SG در مورد آب‌گیری اسمزی نمونه‌های هویج، گواو، کدو حلواپی و آنولا^۱ گزارش شده است (Alam et al., 2010; Singh et al., 2010;)

کاهش وزن (WR)

نتایج تجزیه و تحلیل واریانس میزان WR برای نمونه‌های میوه نسترن کوهی بعد از آب‌گیری اسمزی در جدول (۵) ارائه شده است. نتایج این

¹ Aonla

معنی‌دار بود ($P < 0.05$). نتایج به‌دست‌آمده برای ضرایب همبستگی مدل ($R^2 = 0.9923$ ، $R^2_{\text{adjusted}} = 0.9853$) نیز بیانگر تطابق بسیار خوب مدل مورد استفاده با نقاط آزمایش‌شده و دقت بالای مدل می‌باشد.

علاوه بر این، رابطه (۸) مدل چندجمله‌ای درجه دوم مورد استفاده براساس مقادیر گذشته را بعد از حذف عبارتهای دارای اثر غیرمعنی‌دار جهت پیش‌بینی میزان WR نشان می‌دهد:

$$Y_3(WR) = +16.30 + 4.78 \times A + 3.76 \times B + 3.34 \times C + 0.59 \times B \times C$$

جدول نشان می‌دهد که معادله چندجمله‌ای درجه دوم مورد استفاده برای پیش‌بینی WR از نظر آماری معنی‌دار است ($P < 0.01$)؛ اما آزمون عدم برازش آن معنی‌دار نمی‌باشد ($P > 0.05$) که مناسب بودن مدل مورد استفاده برای پیش‌بینی اثر متغیرهای مستقل بر متغیر وابسته (WR) را تأیید می‌کند. علاوه بر این، همه جمله‌های خطی مدل (A، B و C) معنی‌دار بودند ($P < 0.01$)؛ درحالی‌که هیچ‌کدام از عبارتهای درجه دوم مدل، دارای اثر معنی‌دار روی میزان WR نبودند ($P > 0.05$). از بین عبارتهای مربوط به برهم‌کنش میان متغیرهای مستقل نیز تنها برهم‌کنش غلظت‌زمان آب‌گیری (BC) دارای اثر

جدول ۵- نتایج تجزیه و تحلیل واریانس برای میزان کاهش وزن (WR) نمونه‌های نسترن کوهی بعد از آب‌گیری اسمزی

Prob>F	F Value	درجه آزادی (df)	مجموع مربعات (SS)	منبع تغییرات
< 0.0001	۱۴۲/۹۸۶۹	۹	۴۹۳/۰۲۵۵	مدل
< 0.0001	۵۹۶/۸۸۱۹	۱	۲۲۸/۶۷۵۲	A
< 0.0001	۳۶۸/۰۳۵	۱	۱۴۱/۰۰۰۳	B
< 0.0001	۲۹۰/۸۳۱۸	۱	۱۱۱/۴۲۲۴	C
0.1325	۲/۶۸۲۸۸	۱	۱/۰۲۷۸۵۵	A ²
0.4024	0.764549	۱	0.292911	B ²
0.2447	۱/۵۲۷۸۷۸	۱	0.5۸۵۳۵۵	C ²
0.0۸۲۳	۳/۷۲۷۴۵۸	۱	۱/۴۲۸۰۵	AB
0.3۱۳	۱/۱۲۸۷۶۹	۱	0.۴۳۲۴۵	AC
0.0۲۲	۷/۳۳۰۵۴	۱	۲/۸۰۸۴۵	BC
-	-	۱۰	۳/۸۳۱۱۶۴	باقی‌مانده
0.۵۹۷۱	0.793378	۵	۱/۶۹۴۸۸	عدم برازش
-	-	۵	۲/۱۳۶۲۸۳	خطای خالص
-	-	۱۹	۴۹۶/۸۵۶۷	کل

زمان آب‌گیری، میزان WR به‌صورت خطی افزایش یافته و بیشترین میزان WR نیز در بالاترین میزان غلظت و زمان آب‌گیری به‌کاررفته حاصل می‌شود. به‌طورکلی، عبارات درجه اول مدل و نیز برهم‌کنش غلظت-زمان آب‌گیری (BC) بیشترین تأثیر را روی WR داشتند (جدول ۵). از آنجاکه در آب‌گیری اسمزی پارامتر WR به‌عنوان تفاضل مقادیر دو پارامتر WL و SG تعریف می‌شود، بنابراین مشابه با اثر مشاهده‌شده برای جمله‌های خطی دما، غلظت و زمان و نیز جمله برهم‌کنش غلظت-زمان آب‌گیری (BC) در افزایش WL، افزایش میزان WR را می‌توان ناشی از افزایش WL نمونه‌ها طی آب‌گیری اسمزی دانست.

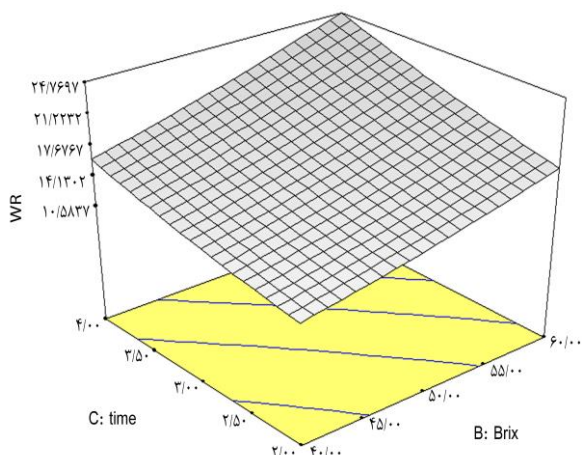
امکان استفاده از مدل جدید (پس از حذف عوامل غیرمعنی‌دار) در این حالت نیز بررسی شد و معنی‌دار بودن مدل ($P < 0.0001$ و $F = 193/84$) و غیرمعنی‌دار بودن عدم برازش ($P = 0.4108$) و همچنین معنی‌دار بودن آثار خطی (A، B و C) و برهم‌کنش (BC) تأیید شد. مقدار R^2 به‌دست‌آمده نیز 0.9663 بود که در تطابق معقول با مقدار $R^2_{\text{adjusted}} = 0.9853$ است.

شکل (۳) نمودار سه‌بعدی سطح پاسخ و کنتور رسم‌شده برای مشاهده تأثیر سطوح گوناگون متغیرهای مستقل (زمان و غلظت محلول) در نقطه مرکزی از دما روی میزان کاهش وزن (WR) را نشان می‌دهد. مطابق شکل (۳)، با افزایش میزان غلظت و

این هدف برای افزایش کارایی فرایند آب‌گیری اسمزی انتخاب شد (Eren & Kaymak-Ertekin, 2007). در نهایت، با استفاده از روش تابع مطلوبیت^۲، شرایط بهینه برای آب‌گیری اسمزی میوه نسترن کوهی شامل غلظت محلول ۶۰ (درصد وزنی/وزنی)، دمای محلول اسمزی ۳۱/۷۸ درجه سانتی‌گراد و زمان آب‌گیری ۳ ساعت و ۵۹ دقیقه به دست آمد. تحت این شرایط، میزان پارامترهای WL، SG و WR به ترتیب برابر با ۲۷/۳۸، ۳/۵۳ و ۲۳/۸۵ درصد بود. مطلوبیت به دست آمده در شرایط بهینه برای متغیرها و پاسخ‌های مورد آنالیز، ۰/۹۰ بود. در مجموع، نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که آب‌گیری اسمزی برش‌های میوه نسترن کوهی می‌تواند در دمای کمابیش پایین (۳۱/۷۸ درجه سانتی‌گراد) با کارایی فرایند خوب (مقادیر WL بالا و SG پایین) حاصل گردد.

نتیجه‌گیری

به منظور کاهش زمان و میزان اثر تخریبی فرایند بر کیفیت محصول نهایی، تعیین شرایط بهینه در طی آب‌گیری یا خشک کردن مواد غذایی می‌تواند مفید و از لحاظ اقتصادی نیز مقرون به صرفه باشد. در این پژوهش، تأثیر متغیرهای مستقل دما، غلظت محلول اسمزی و زمان آب‌گیری میوه نسترن کوهی روی پاسخ‌های مورد مطالعه ارزیابی شد و شرایط بهینه فرایند نیز تعیین گردید. نتایج بهینه‌سازی فرایند آب‌گیری اسمزی نشان داد که تحت شرایط دمای محلول اسمزی ۳۱/۷۸ درجه سانتی‌گراد، غلظت محلول ۶۰ (درصد وزنی/وزنی) و زمان آب‌گیری ۳ ساعت و ۵۹ دقیقه، می‌توان میزان WL، SG و WR به ترتیب ۲۷/۳۸، ۳/۵۳ و ۲۳/۸۵ درصد را به دست آورد. در مجموع، مدل چندجمله‌ای درجه دوم مورد استفاده قابلیت بالایی را در جهت پیش‌بینی میزان متغیرهای وابسته مورد مطالعه با توجه به تأثیر متغیرهای مستقل به کار گرفته شده نشان داد. بنابراین، داده‌های حاصل از مدل فوق می‌تواند جهت به دست آوردن میوه نسترن کوهی فراوری شده با محتوای رطوبت پایین و مدت ماندگاری بالاتر مورد استفاده قرار گیرد.



شکل ۳ - نمودار سطح پاسخ و کنتور برای میزان کاهش وزن (WR) نمونه‌های نسترن کوهی بعد از انجام آب‌گیری اسمزی به عنوان تابعی از سطح گوناگون متغیرهای مستقل دما (درجه سانتی‌گراد)، غلظت (بریکس) و زمان آب‌گیری اسمزی (ساعت)

بهینه‌یابی

برای دستیابی به شرایط بهینه برای فرایند آب‌گیری اسمزی میوه نسترن کوهی، از تکنیک بهینه‌سازی عددی^۱ استفاده شد. به طور کلی تصمیم نهایی در مورد انتخاب شرایط بهینه وابسته به در نظر گرفتن برخی عوامل اقتصادی (هزینه)، صنعتی و کیفیت محصول است (Eren & Kaymak-Ertekin, 2007). باین حال، باید توجه داشت از آنجاکه مدل‌های رگرسیونی تنها در ناحیه و شرایط مورد بررسی معتبر هستند، معمولاً محدودیت‌های اقتصادی و کیفی اندکی برای تعیین شرایط عملیاتی در نظر گرفته می‌شود (Eren & Kaymak-Ertekin, 2007; Noshad et al., 2012). پژوهش حاضر نیز دما (۲۰، ۳۰ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد)، زمان فرایند (۲، ۳ و ۴ ساعت) و غلظت محلول اسمزی (۴۰، ۵۰ و ۶۰) در محدوده مورد استفاده انتخاب شد (Eren & Kaymak-Ertekin, 2007; Singh et al., 2010; Noshad et al., 2012; Mokhtarian et al., 2014). مطابق پژوهش‌های انبوه انجام شده درباره آب‌گیری اسمزی میوه‌ها و سبزی‌های گوناگون، در این مطالعه نیز هدف از بهینه‌سازی فرایند، به حداکثر رساندن میزان WL و WR و همچنین به حداقل رساندن مقدار SG بود (Eren & Kaymak-Ertekin, 2007; Noshad et al., 2012; Mokhtarian et al., 2014).

² Desirability function method

¹ Numerical optimization

منابع

- ۱- امیدبگی، ر. ۱۳۸۴. تولید و فراوری گیاهان دارویی. جلد اول و سوم، انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد، صفحات ۳۴۷ و ۳۹۷.
- 2- Alam, M.S., Amarjit, S., & Sawhney, B. 2010. Response surface optimization of osmotic dehydration process for aonla slices. *Journal of Food Science and Technology*, 47(1):47-54.
- 3- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1990. AOAC official method 931.04. Washington, DC, USA.
- 4- Chandra, S., & Kumari, D. 2015. Recent development in osmotic dehydration of fruit and vegetables: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55(4):552-561.
- 5- Cinar, I., & Colakoglu, S. 2005. Potential health benefits of rose hip products. *Acta Horticulturae*, 690:253-257.
- 6- Demir, F., & Özcan, M. 2001. Chemical and technological properties of rose (*Rosa canina* L.) fruits grown wild in Turkey. *Journal of Food Engineering*, 47(4):333-336.
- 7- Eren, I., & Kaymak-Ertekin, F. 2007. Optimization of osmotic dehydration of potato using response surface methodology. *Journal of Food Engineering*, 79(1):344-352.
- 8- Jain, S., Verma, R., Murdia, L., Jain, H., & Sharma, G. 2011. Optimization of process parameters for osmotic dehydration of papaya cubes. *Journal of Food Science and Technology*, 48(2):211-217.
- 9- Kek, S.P., Chin, N.L., & Yusof, Y.A. 2013. Direct and indirect power ultrasound assisted pre-osmotic treatments in convective drying of guava slices. *Food and Bioproducts Processing*, 91(4):495-506.
- 10- Lazarides, H.N., Katsanidis, E., & Nikolaidis, A. 1995. Mass transfer kinetics during osmotic pre-concentration aiming at minimal solid uptake. *Journal of Food Engineering*, 25(2):151-166.
- 11- Mokhtarian, M., Heydari-Majd, M., Koushki, F., Bakhshabadi, H., Daraei Garmakhany, A., & Rashidzadeh, S. 2014. Optimisation of pumpkin mass transfer kinetic during osmotic dehydration using artificial neural network and response surface methodology modeling. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 6(2):201-214.
- 12- Noshad, M., Mohebbi, M., Shahidi, F., & Mortazavi, S.A. 2012. Multi-objective optimization of osmotic-ultrasonic pretreatments and hot-air drying of quince using response surface methodology. *Food and Bioprocess Technology*, 5(6):2098-2110.
- 13- Orhan, D., Hartevioglu, A. Küpeli, E., & Yesilada, E. 2007. In vivo anti-inflammatory and antinociceptive activity of the crude extract and fractions from *Rosa canina* L. fruits. *Journal of Ethnopharmacology*, 112:394-400.
- 14- Ozen, B.F., Dock, L.L., Ozdemir, M., & Floros, J.D. 2002. Processing factors affecting the osmotic dehydration of diced green peppers. *International Journal of Food Science & Technology*, 37(5):497-502.
- 15- Rastogi, N.K., & Raghavarao, K.S.M.S. 2004. Mass transfer during osmotic dehydration of pineapple: considering Fickian diffusion in cubical configuration. *LWT-Food Science and Technology*, 37:43-47.
- 16- Singh, B., Panesar, P.S., Nanda, V., & Kennedy, J. F. 2010. Optimisation of osmotic dehydration process of carrot cubes in mixtures of sucrose and sodium chloride solutions. *Food Chemistry*, 123(3):590-600.
- 17- Vasconcelos, J.I., Andrade, S.A., Maciel, M.I., Guerra, N.B., & Vasconcelos, M.A. 2012. Osmotic dehydration of the Indian fig (*Opuntia ficus indica*) with binary and ternary solutions. *International Journal of Food Science & Technology*, 47(11):2359-2365.
- 18- Vieira, G.S., Pereira, L. M., & Hubinger, M.D. 2012. Optimisation of osmotic dehydration process of guavas by response surface methodology and desirability function. *International Journal of Food Science & Technology*, 47(1):132-140.
- 19- Yadav, B.S., Yadav, R.B., & Jatain, M. 2012. Optimization of osmotic dehydration conditions of peach slices in sucrose solution using response surface methodology. *Journal of Food Science and Technology*, 49(5):547-555.
- 20- Yadav, A., & Singh, S. 2014. Osmotic dehydration of fruits and vegetables: A review. *Journal of Food Science and Technology*, 51(9):1654-1673.

Optimization of Osmotic Dehydration Process of *Rosa canina* L. Fruit by Response Surface Methodology

Enayat-Allah Naghavi^{1*}, Sadegh Rigi², Samira Bagherzadeh³

- 1- Young Researchers and Elite Club, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran
* Corresponding author (Enayat.naghavi@gmail.com)
- 2- M.Sc. Graduated Student, Department of Food Science and Technology, Islamic Azad University, Sabzevar Branch, Iran
- 3- M.Sc. Student, Department of Food Science and Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources, University of Sari, Iran

Abstract

Response surface methodology (RSM) is a collection of statistical and mathematical techniques for designing experiments, modeling, improving, and optimizing processes. The aim of the present study was to optimize osmotic dehydration process of *Rosa canina* L. fruit by RSM. For this purpose, the effects of independent variables including temperature (20, 30 and 40 °C), concentration of osmotic solution (40, 50 and 60% w/w) and dehydration time (2, 3 and 4 h) on the responses or dependent variables including water loss (WL), solid gain (SG), and weight reduction (WR) were evaluated. The results showed that all models obtained for WL, SG and WR were suitable to describe the experimental data. Moreover, the desirability function showed that optimum conditions of osmotic dehydration process of *Rosa canina* L. fruit were osmotic solution temperature of 31.78 °C, solution concentration of 60 (% w/w) and dehydration time of 3.59 h. Under these conditions, the amount of parameters of WL, SG, and WR were obtained to be 27.38, 3.53 and 23.85 g per 100 g of sample, respectively.

Keywords: Optimization, Osmotic dehydration, Response surface methodology, *Rosa canina* L. fruit