

## بهینه‌سازی فرایند آب‌گیری اسمزی میوه نسترن کوهی با روش سطح پاسخ

عنایت‌الله نقوی<sup>۱\*</sup>، صادق ریگی<sup>۲</sup>، سمیرا باقرزاده<sup>۳</sup>

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

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 به دست آمده 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 به دست آمد.

2007). علاوه بر این، میوه این گیاه به دلیل داشتن مقادیر قابل توجه ویتامین‌های گوناگون (آ، ب و ث) و ترکیبات بالارزش دیگر مانند پلی‌فنول‌ها، کاروتونوئیدها، 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 بالارزش و ویژگی‌های کیفی در محصول نهایی فراوری شده داشته باشند، بسیار مفید است. در همین راستا، آب‌گیری اسمزی به عنوان یک روش فراوری اولیه که در آن از

### مقدمه

گیاه نسترن کوهی با نام علمی *Rosa canina*<sup>1</sup> متعلق به خانواده رُزاسه<sup>۲</sup> می‌باشد. میوه این گیاه سرشار از ویتامین ث بوده و در برخی از کشورهای اروپایی از آن داروهایی تحت عنوان ویروما<sup>۳</sup> و دی‌ویروما<sup>۴</sup> تهیه و به بازار دارویی عرضه شده است (امیدبیگی، ۱۳۸۴). این میوه بسیار پر طرفدار بوده و کاربرد آن به دلیل داشتن فعالیت پیشگیری‌کننده و درمانی<sup>۵</sup> در برابر تعداد زیادی از بیماری‌ها در حال افزایش است (Orhan et al., ۲۰۱۰).

<sup>1</sup> *Rosa canina* L.

<sup>2</sup> Rosaceae

<sup>3</sup> Viroma

<sup>4</sup> Diviroma

<sup>5</sup> Prophylactic and therapeutic activity

شرایط دماهای ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درجه سانتی گراد، 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  $20/6-36/4$ ،  $23/2-44/5$  و  $2/5-8/1$  درصد بود. علاوه بر این، در پژوهش انجام‌شده توسط Mokhtarian و همکاران (۲۰۱۴) روش سطح پاسخ برای بهینه‌سازی آب‌گیری اسمزی تکه‌های کدو‌حلوایی مورد استفاده قرار گرفت. در این مطالعه اثر پارامترهای گوناگون شامل دمای محلول اسمزی (۵-۵۰ درجه سانتی گراد)، 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 مقادیر WR، SG، WL و محتوای رطوبت نهایی مورد بررسی قرار گرفت. شرایط بهینه برای آب‌گیری اسمزی در دمای ۵ درجه سانتی گراد، 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  $70/7$ ،  $10/2$ ،  $59/06$  گرم به ازای ۱۰۰ گرم نمونه اولیه و  $0/64$  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 WL، SG و WR 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<sup>۱</sup> رطوبت از ماده غذایی، از طریق غوطه‌ور نمودن آن در محلول‌های هایپertonیک<sup>۲</sup> با فشار اسمزی بالا مانند محلول‌های قندی یا نمکی می‌باشد (Singh et al., 2010). طی این تیمار، اختلاف فشار اسمزی بین فشار اسمزی محلول هایپertonیک و بافت نمونه گیاهی به عنوان نیروی محركه باعث انتشار آب (انتقال جرم) از بافت نمونه گیاهی به سمت محلول اسمزی می‌گردد. علاوه بر این، انتشار مواد حل شده از سمت محلول اسمزی به داخل بافت نمونه (درجهت عکس Yadav & Singh, 2014) به‌طور همزمان اتفاق می‌افتد (Singh, 2014). مواد معمول مورد استفاده برای تهیه محلول اسمزی طی این فرایند شامل ساکارز، گلوکز، فروکتور، 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. درنهایت، شرایط بهینه فرایند به صورت دمای  $58/5$  درجه سانتی گراد، غلظت ۱۵ درصد نمک با زمان غوطه‌وری  $120$  دقیقه به دست آمد. همچنین، Jain و همکاران (۲۰۱۱) جهت بهینه‌سازی پارامترهای آب‌گیری اسمزی برش‌های مکعبی شکل (با ضخامت ۱ سانتی‌متر) پاپایا تحت

<sup>1</sup> Partial removal

<sup>2</sup> 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 نسترن کوهی و بهینه‌سازی فرایند، از روش سطح پاسخ (RSM) استفاده شد. بدین‌منظور، طرح مرکب مرکزی<sup>۱</sup> استفاده شده شامل متغیرهای مستقل دما (۲۰، ۳۰ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد) Lazarides *et al.*, 1995; Ozen *et al.*, 2002; Vieira (2012 *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; Singh *et al.*, 2010; Yadav *et al.*, 2012; Singh *et al.*, 2010; Vieira *et al.*, 2012) و زمان فرایند آب‌گیری (۲، ۳ و ۴ ساعت) (Vieira *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 انتخاب شده برای هر متغیر مستقل) با استفاده از رابطه (۴) تعیین شد (Singh *et al.*, 2010) رابطه (۴)

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

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

$R_i$ : اختلاف بین مقادیر بالا و پایین متغیر مستقل کدنشده  $i$  (ام).

<sup>۱</sup>Central composite design (CCD)

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

#### تجهیزات و وسائل مورد استفاده

تجهیزات و وسائل به کاررفته در این مطالعه شامل آون (مدل BM120، ساخت ایران، شرکت فن‌آزما گستر)، بن‌ماری (مدل 22 WB، ساخت ایران، شرکت فن‌آزما گستر)، کولیس (مدل U16، شرکت Mahr آلمان، با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر) و ترازوی دیجیتال (با دقت ۰/۰۰۰۰ گرم، مدل AND GR200، ژاپن) بودند.

#### آماده‌سازی نمونه‌ها

میوه‌های مورد نظر پس از بازرسی اولیه برای زدودن خاک سطحی آنها شست و شو داده شدند. پس از جداسازی پسمان‌ها، به کمک یک کاتر دستی تیز طراحی شده و یک کولیس، برش‌های یکسان مکعبی شکل با ضخامت ۵ میلی‌متر از آنها تهیه گردید و بلافتله 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)<sup>۲</sup>، جذب ماده جامد (SG)<sup>۳</sup> و کاهش وزن (WR)<sup>۴</sup> با استفاده از رابطه‌های Ozen *et al.*, 2002; (۱)، (۲) و (۳) محاسبه گردید (Kek *et al.*, 2013) رابطه (۱)

$$WL = \frac{W_i \cdot X_i - W_f \cdot X_f}{W_i} \times 100 \quad (\text{رابطه (۲)})$$

$$SG = \frac{W_f (1 - X_f) - W_i (1 - X_i)}{W_i} \times 100 \quad (\text{رابطه (۳)})$$

$$WR = WL - SG$$

<sup>1</sup> Water loss

<sup>2</sup> Solid gain

<sup>3</sup> Weight reduction

مستقل واقعی) به دست می‌آیند که در واقع، همان  
حالت نمای مرکزی<sup>۱</sup> در نرم‌افزار Design expert است.  
جدول (۲) نیز شرایط انجام آزمایش و مقدار  
پاسخ‌های به دست آمده برای طرح مرکب مرکزی مورد  
استفاده جهت آب‌گیری اسمزی میوه نسترن کوهی را  
آنچه ممکن است.

جدول (۱) مقادیر کدشده و سطوح گوناگون متغیرهای مستقل به کاررفته برای فرایند آبگیری اسمزی میوه نسترن کوهی را نشان می‌دهد. با توجه به جدول (۱)، با جایگزینی مقادیر واقعی انتخاب شده برای هر کدام از متغیرهای مستقل در رابطه (۴)، مقادیر ۰، ۰-۱ و ۱-۰ (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 کارفته برای فرایند آبگیری اسمزی میوه نسترن کوهی

متغیرهای مستقل	متغیرهایی مستقل کدگذاری شده و سطوح گوناگون آنها
+1	.
۴۰	۳۰
۶۰	۵۰
۴	۳
	-1
	۲۰
	۴۰
	۲

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

متغیرهای وابسته			متغیرهای مستقل				تیمار
WR	SG	WL	زمان آبگیری (ساعت)	غلظت محلول (٪، وزنی/وزنی)	دما (°C)		
۲۱/۰۲	۳/۸۳	۲۴/۸۵	۴	۴۰	۴۰		۱
۲۲/۰۱	۳/۹۲	۲۵/۹۳	۲	۶۰	۴۰		۲
۶/۹۲	۱/۸۳	۸/۷۵	۲	۴۰	۲۰		۳
۱۵/۷۹	۲/۳۵	۱۸/۱۴	۳	۵۰	۳۰		۴
۱۶/۶۱	۲/۴۵	۱۹/۰۶	۳	۵۰	۳۰		۵
۱۳/۴۲	۲/۲۸	۱۵/۷	۲	۵۰	۳۰		۶
۱۲/۴۲	۲/۰۲	۱۴/۴۴	۳	۴۰	۳۰		۷
۱۲/۸۹	۲/۲۹	۱۵/۱۸	۲	۶۰	۲۰		۸
۲۱/۹۱	۳/۹۸	۲۵/۸۹	۳	۵۰	۴۰		۹
۳۱/۰۵	۴/۷۳	۳۵/۷۸	۴	۶۰	۴۰		۱۰
۱۹/۷۶	۳/۱۹	۲۲/۹۵	۴	۵۰	۳۰		۱۱
۱۲/۶۶	۲/۶۲	۱۵/۲۸	۴	۴۰	۲۰		۱۲
۱۹/۷۴	۳/۸۹	۲۳/۶۳	۴	۶۰	۲۰		۱۳
۲۰/۴۹	۳/۲۵	۲۳/۷۴	۳	۶۰	۳۰		۱۴
۱۵/۶۱	۳/۰۱	۱۸/۸۲	۲	۴۰	۴۰		۱۵
۱۱/۵۷	۲/۶۹	۱۴/۲۶	۳	۵۰	۲۰		۱۶
۱۵/۵۸	۳/۰۵	۱۸/۶۳	۳	۵۰	۳۰		۱۷
۱۷/۳۲	۲/۲۴	۱۹/۵۶	۳	۵۰	۳۰		۱۸
۱۶/۸۴	۲/۴۸	۱۹/۳۲	۳	۵۰	۳۰		۱۹
۱۶/۳۱	۲/۶۴	۱۸/۹۵	۳	۵۰	۳۰		۲۰

(٥) اطئه،

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

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 برآش شدند (Singh et al., 2010).

1 Face-Centred

$P<0.01$ ،  $A^2$ ) معنی‌دار میان متغیرهای مستقل، برهمنش 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 به کاررفته برای پیش‌بینی میزان WL براساس مقادیر کدشده را پس از حذف عوامل غیرمعنی‌دار نشان می‌دهد:

رابطه (۶)

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

در این حالت (پس از حذف عوامل غیرمعنی‌دار) نیز امکان استفاده از مدل جدید بررسی شد و معنی‌دار بودن مدل ( $F=356/43$  و  $P<0.0001$ ) و غیرمعنی‌دار بودن عدم برآشش ( $P=0.5175$ ) و همچنین معنی‌دار بودن آثار خطی (A، B و C)، درجه دوم ( $A^2$ ) و برهمنش‌ها (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 ( $b_1$ ،  $b_2$  و  $b_3$ )، ضریب اثر درجه دوم ( $b_{11}$ ،  $b_{22}$  و  $b_{33}$ ) و ضریب اثر متقابل ( $b_{12}$  و  $b_{13}$  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<sup>۱</sup> آن معنی‌دار نبود ( $P>0.05$ ) که بیانگر مناسب‌بودن مدل مورد استفاده برای پیش‌بینی اثر متغیرهای مستقل بر بود. همچنین، از بین عبارت‌های مربوط به برهمنش متغیر وابسته (WL) می‌باشد.علاوه بر این، همه جمله‌های خطی مدل به کاررفته (A، B و C) معنی‌دار بودند ( $P<0.01$ )؛ در حالی که از بین عبارت‌های درجه دوم، تنها عبارت درجه دوم دما

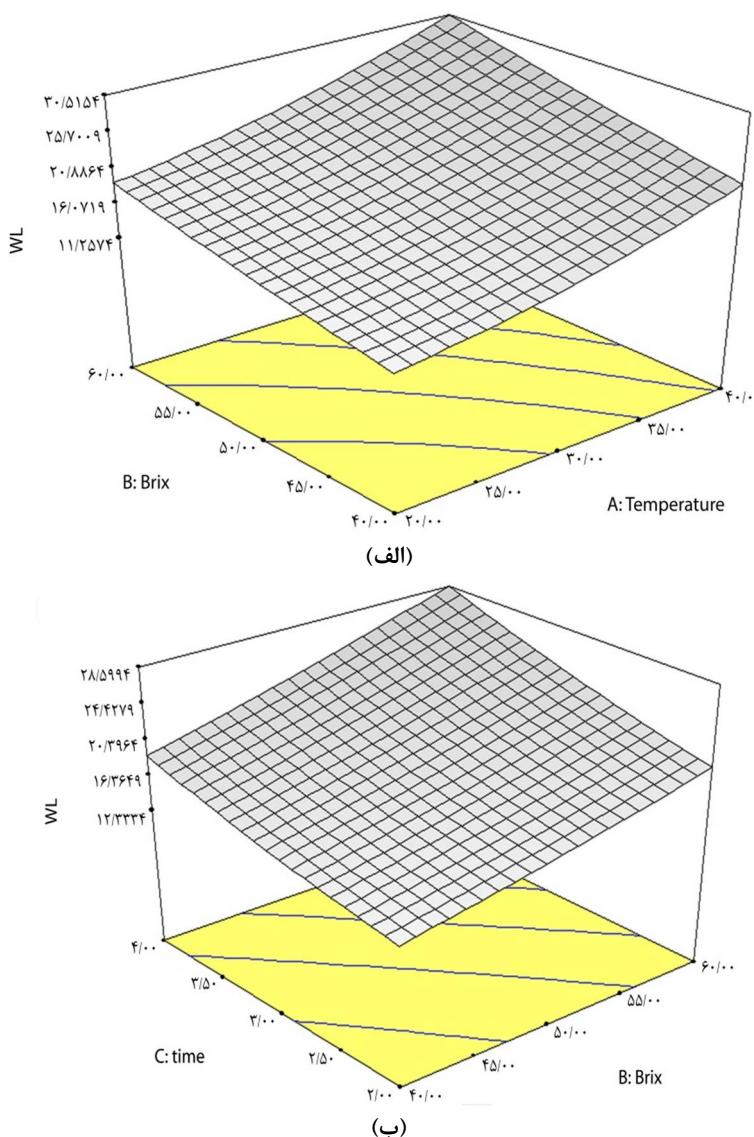
جدول ۳ - نتایج تجزیه و تحلیل واریانس برای از دست دادن آب (WL) نمونه‌های نسترن‌کوهی بعد از انجام آب‌گیری اسمزی

منبع تغییرات	مجموع مربیات (SS)	درجه آزادی (df)	F Value	Prob>F
مدل	۶۳۹/۷۸	۹	۲۶۴/۲۸	< 0.0001
A	۲۹۱/۲۸	۱	۱۰.۸۲/۸۸	< 0.0001
B	۱۷۹/۱	۱	۶۶۵/۸۴	< 0.0001
C	۱۴۶/۷۷	۱	۵۴۵/۶۳	< 0.0001
$A^2$	۴/۴۸	۱	۱۶/۶۷	0.0022
$B^2$	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
باقي مانده	۲/۶۹	۱۰	-	-
عدم برازش	۱/۴۱	۵	۱/۱	۰/۴۵۸۷
خطای خالص	۱/۲۸	۵	-	-
کل	۶۴۲/۴۷	۱۹	-	-

<sup>1</sup> Lack of Fit

حاصل می‌شود. در این رابطه، با افزایش غلظت محلول اسمزی، فعالیت آبی کاهش یافته و نیروی حرکت لازم برای خروج آب از نمونه افزایش می‌یابد که بهنوبه 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 حداقل 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. با توجه به نتایج به دست آمده، معادله چندجمله‌ای درجه دوم مورد استفاده برای پیش‌بینی SG از نظر آماری معنی‌دار بود ( $P < 0.01$ )؛ در حالی که آزمون عدم برآش آن معنی‌دار نبود ( $P > 0.05$ ) که همانند متغیر مستقل WL، بیانگر کفايت مدل مورد استفاده برای پیش‌بینی اثر متغیرهای مستقل بر متغیر وابسته (SG) می‌باشد. علاوه بر این، همه عبارت‌های درجه اول مدل به تنها‌ی (A)، B و C معنی‌دار بودند ( $P < 0.01$ )؛ در حالی که از بین عبارت‌های درجه دوم، تنها اثر عبارت درجه دوم دما ( $A^2$ ) معنی‌دار بود. مطابق جدول (۴)، بهوضوح 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 برآش یافته به ترتیب برابر  $0.9478$  و  $0.9009$  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.

شكل (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 پلاستیکی‌شدن غشاء سلولی و نیز بهبود ویژگی‌های انتقال آب در سطح محصول، به علت ویسکوزیتۀ 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

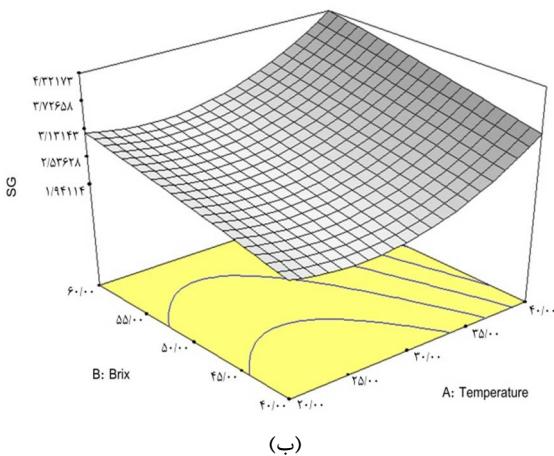
منبع تغییرات	مجموع مربعات (SS)	درجه آزادی (df)	F Value	Prob>F
مدل	۱۰/۹۹۲۴۱	۹	۲۰/۱۸۷۸۱	< 0.0001
A	۳/۷۸۲۲۵	۱	۶۲/۵۱۵۶۸	< 0.0001
B	۳/۲۷۵۲۹	۱	۳۷/۶۰۷۵۹	0.0001
C	۲/۴۳۰۴۹	۱	۴۰/۱۷۲۸۵	< 0.0001
$A^2$	۱/۲۱۷۷۸۲	۱	۲۰/۱۲۸۳۵	0.0012
$B^2$	۰/۰۰۳۲۸۲	۱	۰/۰۵۴۲۴۴	0.8205
$C^2$	۰/۰۱۱۷۸۲	۱	۰/۱۹۴۷۳۸	0.6684
AB	۰/۰۰۰۸	۱	۰/۰۱۳۲۲۳	0.9107
AC	۰/۰۷۲۲	۱	۱/۱۹۳۳۷۲	0.3003
BC	۰/۰۸	۱	۱/۳۲۲۲۹۶	0.2769
باقي مانده	۰/۶۰۵۰۰۸	۱۰	-	-
عدم برآش	۰/۱۹۷۲۵۸	۵	۰/۴۸۳۷۷۲	0.7778
خطای خالص	۰/۴۰۷۷۵	۵	-	-
کل	۱۱/۵۹۷۴۲	۱۹	-	-

رابطه (۷)

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

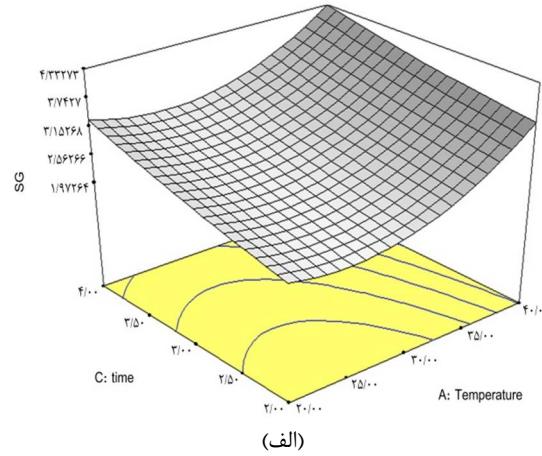
رابطه (۷) نیز مدل چندجمله‌ای مورد استفاده براساس مقادیر کدشده برای پیش‌بینی مقادیر SG بعد از حذف عبارت‌های دارای اثر غیرمعنی‌دار را نشان می‌دهد:

در نقطه مرکزی غلظت محلول (شکل ۲-ب) را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، هردو 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 انحنا یا سطح مقعر با لبه‌های بالارونده در منحنی شکل ۲) این مشاهده را تأیید می‌کند (جدول ۴).



(ب)

در این حالت نیز امکان استفاده از مدل جدید (پس از حذف عوامل غیرمعنی‌دار) بررسی شد و معنی‌دار بودن مدل  $(1) P<0.0001$  و  $F=52/72$  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 دست‌آمده نیز  $0.8923$  بود که در تطبیق معقول با مقدار  $R^2_{adjusted}=0.909$  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



(الف)

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

آثار مشاهده شده در مورد غلظت و دمای مورد استفاده روى افزایش جذب ماده جامد را می‌توان به ترتیب به اثر غلظت‌های بالاتر روی چروکیدگی غشای سلولی در اثر خروج آب و کاهش ویسکوزیته در افزایش دما نسبت داد. Rastogi و Ragavarao (۲۰۰۴) نیز دوگانگی فشار اسمزی را نیروی محركه انتقال جرم برای حذف رطوبت و دوگانگی غلظت را نیروی محركه انتقال جرم برای جذب ساکارز گزارش نمودند.

#### کاهش وزن (WR)

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

این افزایش، در دمای‌های 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. به طور 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، گواوا، کدو‌حلوایی و آنولا<sup>۱</sup> گزارش شده است (Alam et al., 2010; Singh et al., 2010).

<sup>۱</sup> Aonla

معنی دار بود ( $P<0.05$ ). نتایج به دست آمده برای ضرایب همبستگی مدل ( $R^2=0.9923$ ,  $R^2_{adjasted}=0.9853$ ) نیز بیانگر تطابق بسیار خوب مدل مورد استفاده با نقاط آزمایش شده و دقّت بالای مدل می‌باشد.

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

(۸)  
رابطه (۸)

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

جدول نشان می‌دهد که معادله چندجمله‌ای درجه دوم مورد استفاده برای پیش‌بینی WR از نظر آماری معنی دار است ( $P<0.01$ ): اما آزمون عدم برازش آن معنی دار 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) معنی دار بودند ( $P<0.01$ ): در حالی که هیچ‌کدام از عبارت‌های درجه دوم مدل، دارای اثر معنی دار 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

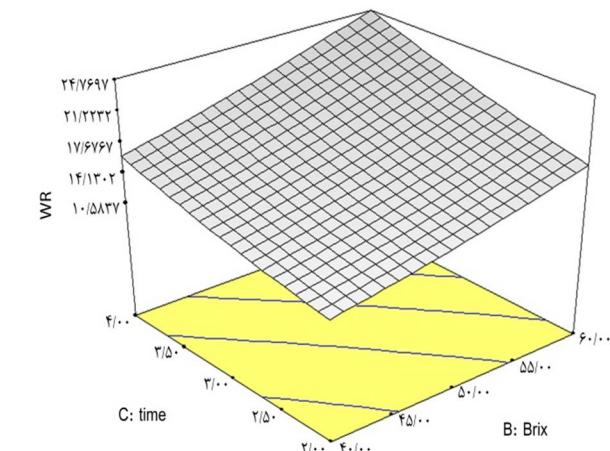
منبع تغییرات	مجموع مربعات (SS)	درجه آزادی (df)	F Value	Prob>F
مدل	۴۹۳/۰۲۵۵	۹	۱۴۲/۹۸۶۹	< 0.0001
A	۲۲۸/۶۷۵۲	۱	۵۹۶/۸۸۱۹	< 0.0001
B	۱۴۱/۰۰۰۳	۱	۳۶۸/۰۳۳۵	< 0.0001
C	۱۱۱/۴۲۲۴	۱	۲۹۰/۸۳۱۸	< 0.0001
A <sup>2</sup>	۱/۰۲۷۸۵۵	۱	۲/۶۸۲۸۸	۰/۱۳۲۵
B <sup>2</sup>	۰/۲۹۲۹۱۱	۱	۰/۷۶۴۵۴۹	۰/۴۰۲۴
C <sup>2</sup>	۰/۵۸۵۳۵۵	۱	۱/۵۲۷۸۷۸	۰/۲۴۴۷
AB	۱/۴۲۸۰۵	۱	۳/۷۲۷۴۵۸	۰/۰۸۲۳
AC	۰/۴۳۲۴۵	۱	۱/۱۲۸۷۶۹	۰/۳۱۳
BC	۲/۸۰۸۴۵	۱	۷/۳۳۰۵۴	۰/۰۲۲
باقي مانده	۳/۸۳۱۱۶۴	۱۰	-	-
عدم برازش	۱/۶۹۴۸۸	۵	۰/۷۹۳۳۷۸	۰/۵۹۷۱
خطای خالص	۲/۱۳۶۲۸۳	۵	-	-
کل	۴۹۶/۸۵۶۷	۱۹	-	-

زمان آب‌گیری، میزان WR به صورت خطی افزایش یافته و بیشترین میزان WR نیز در بالاترین میزان غلظت و زمان آب‌گیری به کاررفته حاصل می‌شود. به طور کلی، 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 به عنوان تفاضل مقادیر دو پارامتر WL و SG تعریف می‌شود، بنابراین مشابه با اثر مشاهده شده 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 غیرمعنی دار) در این حالت نیز بررسی شد و معنی دار بودن مدل ( $F=193/84$  و  $P<0.0001$ ) و غیرمعنی دار بودن عدم برازش ( $P=0.4108$ ) و همچنین معنی دار بودن آثار خطی (A, B و C) و برهم‌کنش (BC) تأیید شد. مقدار  $R^2$  به دست آمده نیز  $0.9663$  بود که در تطابق معقول با مقدار  $R^2_{adjasted}=0.9853$  است.

شکل (۳) نمودار سه‌بعدی سطح پاسخ و کنتور رسم شده 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

(Vieira *et al.*, 2012; Mokhtarian *et al.*, 2014) این هدف برای افزایش کارایی فرایند آب‌گیری اسمزی انتخاب شد (Eren & Kaymak-Ertekin, 2007). درنهایت، با استفاده از روش تابع مطلوبیت<sup>۲</sup>، 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 ۲/۳۸، 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.



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<sup>۱</sup> استفاده شد. به طور کلی تصمیم نهایی در مورد انتخاب شرایط بهینه وابسته به درنظر گرفتن برخی عوامل اقتصادی (هزینه)، صنعتی و کیفیت محصول است (Eren & Kaymak-Ertekin, 2007). با این 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). در پژوهش حاضر نیز دما (۲۰، ۳۰ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد)، زمان فرایند (۲، ۳ و ۴ ساعت) و غلظت محلول اسمزی (۴۰ 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 حداقل رساندن میزان WL و WR و همچنین به حداقل رساندن مقدار SG بود (Kaymak-Ertekin, 2007; Noshad *et al.*, 2012;

#### 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 مقرر 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، مدل چندجمله‌ای درجه دوم مورد استفاده قابلیت بالایی را درجهت 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.

<sup>2</sup> Desirability function method

<sup>1</sup> Numerical optimization

## منابع

- ۱- امیدبیگی، 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., & Colakogilu, 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., & Nickolaidis, 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<sup>1\*</sup>, Sadegh Rigi<sup>2</sup>, Samira Bagherzadeh<sup>3</sup>

- 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