



## بررسی خواص فیزیکوشیمیایی، حسی و رئولوژیکی (رفتار خزش) مربا آلبالو بر پایه استویا و بهینه سازی فرمولاسیون با روش سطح پاسخ

احمد نورمحمدی<sup>۱</sup>، ابراهیم احمدی<sup>۲\*</sup>، علی حشمتی<sup>۳</sup>

- ۱- دانشجوی دکتری تخصصی مهندسی بیوسیستم، دانشگاه بوعلی سینا، دانشکده کشاورزی، گروه مهندسی بیوسیستم، همدان، ایران.  
 ۲- دانشیار گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه بوعلی سینا، دانشکده کشاورزی، گروه مهندسی بیوسیستم، همدان، ایران.  
 ۳- دانشیار گروه تغذیه و بهداشت مواد غذایی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، دانشکده بهداشت، گروه تغذیه و بهداشت مواد غذایی، همدان، ایران.

### اطلاعات مقاله

### چکیده

#### تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۵/۱۶

#### کلمات کلیدی:

استویا،

بهینه سازی،

رنگ،

خزش، مربا.

از روش سطح پاسخ برای تولید مربای آلبالو حاوی شیرین کننده استویا و با خصوصیات فیزیکوشیمیایی، حسی و رئولوژی مطلوب استفاده شد. این آزمایشات با استفاده از طرح مرکب مرکزی (CCD) با سه متغیر مستقل که شامل شکر، پکتین و استویا بودند، برنامه ریزی شد. فرآیند تولید نمونه ها در پنج سطح ساکارز (۱۰-۵۰٪)، پکتین (۰/۱-۰/۵٪) و استویا (۰/۲-۰/۶٪) در مقدار ثابت میوه ۳۰۰g صورت گرفت. برای ارزیابی مربا، خصوصیات فیزیکوشیمیایی، حسی و رئولوژیکی مربا تعیین و بهینه شدند. غلظت ساکارز، پکتین و استویا بطور معنی داری بر روی شاخص های رنگی، حسی و خواص رئولوژیکی مربا تاثیر داشتند. نتایج نشان داد که هیچ یک از اثرات خطی و متقابل فاکتورهای مورد بررسی بر میزان pH مربا آلبالو معنی دار نبودند. مقادیر  $L^*$  (روشنایی) و  $b^*$  (زردی) با افزایش غلظت ساکارز و استویا افزایش یافت، همچنین افزایش پکتین سبب افزایش  $a^*$  (قرمزی) مربا شد. نتایج ارزیابی آزمون های حسی نشان داد که متغیر شکر نقش مهمی در بهبود پارامترهای حسی مربا ایفا می کند. بررسی تست های ناشی از آزمون خزش نشان داد که فاکتور شکر نقش مهمی در مقدار پارامترهای  $G_0$  و  $\eta_0$  دارد. نتایج نشان می دهد که ویسکوزیته نشان داده شده توسط داشپات ماکسول ( $\eta_0$ ) می تواند بیانگر خوبی از تاثیر غلظت ساکارز در مربا باشد. همچنین پارامترهای  $G_1$  و  $\eta_1$  نمی توانند شاخص های واضحی برای درک تغییرات ساختاری درون مربا با تغییرات در میزان غلظت شکر، پکتین و استویا باشند. نقطه بهینه فرمولاسیون مربای رژیمی در مقدار شکر ۰/۴٪، پکتین ۰/۴٪ و استویا ۰/۳٪ به دست آمد. به طور کلی نتایج مطالعه نشان داد که می توان با استفاده از پکتین و شیرین کننده استویا میزان ساکارز را در مربا کاهش داد و یک محصول کم کالری با کیفیت بهینه و شاخص مطلوبیت ۰/۶۹ در مقیاس تجاری تولید کرد.

DOI: 10.52547/fsct.18.09.30

\* مسئول مکاتبات:

eahmadi@basu.ac.ir

## ۱- مقدمه

مربا یک ماده غذایی رطوبت متوسط است که توسط جوشاندن پالپ میوه با قند (ساکارز)، پکتین، اسید و سایر مواد (مواد نگهدارنده، مواد طعم‌دهنده و رنگ‌دهنده) به یک قوام مناسب و قوی برای نگه داشتن بافت میوه می‌رسد [۱ و ۲]. طبق دستورالعمل‌های شورای اتحادیه اروپا در سال ۲۰۰۴، مربا مخلوطی از قندها، پالپ و یا پوره یک یا چند میوه است که به یک ژل با قوام مناسب رسیده‌اند [۳]. مرباهای سنتی معمولاً به‌طور گسترده‌ای توسط چندین گروه از مصرف‌کنندگان در صبحانه، در محصولات لبنی، محصولات نانوائی و شیرینی‌پزی مصرف می‌شوند [۴]. با توجه به افزایش نگرانی‌های سلامتی و بهداشتی، و بروز بیشتر چاقی، سندروم متابولیک و دیابت، افزایش علاقه به مصرف مواد غذایی با کالری کم در طی دهه‌های اخیر زیاد شده است [۲]. امروزه با توجه به رشد صنایع غذایی، کاهش میزان ساکارز در محصولات غذایی با جایگزینی کامل یا بخشی از ساکارز با استفاده از شیرین‌کننده‌های جایگزین، تبدیل به یک گزینه مناسب برای تولید محصولات غذایی کم‌کالری یا صفرکالری شده است، تا محصولات غذایی و نوشیدنی‌های متنوعی تولید گردد که در آنها میزان شکر دریافتی و کالری تولید شده در بدن انسان کاهش یابد و این محصولات برای افراد چاق و دیابتی مناسب باشد [۱]. برای تهیه مربا با مقادیر کمتر ساکارز، می‌توان با جایگزینی جزئی یا کامل ساکارز با شیرین‌کننده‌های کربوهیدرات‌دار و غیرکربوهیدرات دیگری همچون (زایلیتول<sup>۱</sup>، سوربیتول<sup>۲</sup>، آسبارتام<sup>۳</sup>، آسولفام پتاسیم<sup>۴</sup>، سیکلامات<sup>۵</sup>، استویا<sup>۶</sup>، سوکرالوز<sup>۷</sup> و با ترکیبی از این‌ها) استفاده کرد [۱ و ۵]. استویا یکی از شیرین‌کننده‌های طبیعی است که در سال‌های گذشته به‌طور گسترده‌ای رواج یافته است. استویا قدرت شیرین‌کنندگی بالایی دارد، از نظر اسید و گرما مقاوم است و می‌تواند برای تولید مربا، بدون ایجاد تغییر در طعم آن مورد استفاده قرار گیرد [۱]. برگ‌های استویا حاوی موادی به نام استویوزید و ربودیوزید A می‌باشد. این ترکیبات ۳۰۰ برابر از قند ساکارز موجود در چغندر قند، نیشکر و سایر منابع شیرین‌تر

می‌باشند [۶]. علاوه بر خواص شیرین‌کنندگی، عصاره‌های استویا دارای فعالیت‌های آنتی اکسیدانی، ضد میکروبی و ضد قارچ نیز هستند [۲ و ۷]. شکرکی از مهم‌ترین مواد تشکیل دهنده مربا می‌باشد [۸]. حذف ساکارز از فرمولاسیون مربا نه تنها به شیرینی و طعم، بلکه بر کریستالیزاسیون، ساختار ویسکوزیته، رطوبت، فشار اسمزی، تخمیر و غیره نیز تاثیر می‌گذارد [۲]. مربای میوه که حاوی شیرین‌کننده جایگزین است، باید ویژگی‌های بافتی، رئولوژیکی و خواص حسی مشابه با محصولات سنتی و مرسوم داشته باشد [۱ و ۲]. مواد و غلظت آن‌ها، بر روی کیفیت مربا همچون ویژگی‌های ظاهری (رنگ، بافت، رئولوژی) تاثیر می‌گذارند [۹]. با انجام آزمایش‌های خزش و بازایی، می‌توان رفتار رئولوژیکی محصول را با استفاده از مدل‌های مکانیکی و معادلات سازه‌ای، با ترکیب معادله ویسکوزیته نیوتن و معادله کشش هوک توصیف کرد [۱۰]. به طور خاص، استفاده از آزمون‌های خزش و بازایی<sup>۸</sup> خزش برای ارزیابی محتمل‌ترین ساختار داخلی سیستم و همچنین تغییرات ساختاری ناشی از ترکیب آن توصیه شده است [۱۱]. در این راستا، متداول‌ترین روش‌هایی که استفاده می‌شود آزمون‌های خزش است که در آن ماده غذایی تحت یک تنش برشی ثابت برای یک دوره زمانی از پیش تعیین شده تغییر شکل می‌یابد و تغییر شکل اعمال شده به عنوان تابعی از زمان اندازه‌گیری می‌شود [۱۲]. مطالعات اندکی در مورد توسعه مربای میوه با استفاده از شیرین‌کننده‌های جایگزین انجام شده است [۱ و ۲ و ۵ و ۱۳]. همچنین مطالعات محدودی در مورد تغییر ویژگی‌های رئولوژیکی مربای میوه با غلظت‌های مختلف شیرین‌کننده و بهینه‌سازی ترکیب عناصر برای فرآیند تولید مربا وجود دارد. روش سطح پاسخ، تکنیکی کارا و نوین برای توسعه، بهبود و بهینه‌سازی فرایندها است که می‌تواند چندین متغیر را با یکدیگر و در یک زمان بررسی کند و پاسخ آن‌ها را بهینه نماید. این تکنیک در طراحی، توسعه و فرمولاسیون محصولات جدید و همچنین بهبود کیفیت فرآورده‌های موجود کاربرد دارد [۱۴]. در این پژوهش به بررسی امکان جایگزینی ساکارز با شیرین‌کننده جایگزین استویا در سطوح مختلف ساکارز، پکتین و استویا به‌وسیله تکنیک سطح پاسخ و بررسی تاثیر جایگزینی ساکارز با شیرین‌کننده جایگزین بر خواص رئولوژی، بافتی، رنگی و شیمیایی مربای آلبالو پرداخته شده است.

1. xylitol
2. sorbitol
3. aspartame
4. acesulfame-K
5. cyclamate
6. stevioside
7. sucralose

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- مواد مصرفی

در این پژوهش تمامی مواد مورد نیاز برای تولید مربا، از کارخانه صنایع غذایی سحر همدان فراهم شد. عصاره گیاه استویا تهیه شد. از پکتین با متوکسی (LM) کم برای تولید مربا استفاده شد. آلبالوی منجمد شده از سردخانه تهیه و پس از هسته‌گیری به مدت ۶ ساعت در دمای اتاق قرار گرفت. از شکر سفید تجاری برای تولید مربا استفاده گردید.

### ۲-۲- آماده‌سازی مربا

ابتدا سطوح مختلف ساکارز (۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درصد)، پکتین (۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴ و ۰/۵ درصد) و استویا (۰/۳، ۰/۴، ۰/۵ و ۰/۶ درصد) توسط ترازو AND مدل EK30001 با دقت اندازه‌گیری دو رقم اعشار وزن شدند. پس از اندازه‌گیری جرم، مواد بروی ظروف یک بار مصرف قرار گرفته و با یکدیگر مخلوط شدند. مقدار جرم میوه آلبالو برای تمامی نمونه‌ها ثابت (۳۰۰ گرم) در نظر گرفته شد، عصاره استویا در هنگام پخت به نمونه‌ها اضافه شد. سپس مخلوط به یک قابلمه استیل ضد زنگ رو باز منتقل شد و بر روی شعله گاز در دمای شعله کم حرارت داده شد. مقدار TSS در حین جوش کنترل شد و مخلوط به‌طور مداوم در حین جوش با میله شیشه‌ای هم زده شد. حرارت برای مربا هنگامی که TSS به ۶۵ الی ۶۸ درجه بریکس رسیده بود متوقف شد و مخلوط در ظرف‌های شیشه‌ای ۵۰۰ گرمی ریخته و در شرایط محیطی سرد شد [۱ و ۱۵]. از طرف دیگر، حرارت در نمونه‌های دیگری که به TSS مطلوب نرسیده بودند، زمانی که شروع به تغییر رنگ کردند متوقف شدند. برای جلوگیری از رشد میکروبی، ظروف شیشه‌ای در یک دیگ پر از آب جوش به مدت دو ساعت قرار گرفتند. مربای آلبالو در سطوح مختلف شکر، پکتین و استویای انتخاب شده، تولید و برای اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، حسی و رئولوژیکی آماده شد.

### ۲-۳- اندازه‌گیری پی اچ

پی اچ نمونه‌های مربا با استفاده از دستگاه پی اچ متر مدل WTW که توسط بافرهای ۴ و ۷ کالیبره شده بود در سه تکرار اندازه‌گیری شد.

## ۲-۴- اندازه‌گیری رنگ

به منظور ارزیابی رنگ و تعیین فاکتورهای رنگ سنجی  $L^*$ ،  $a^*$ ،  $b^*$  از دستگاه رنگ سنج هانتز لب<sup>۹</sup> مدل HP ساخت کشور چین استفاده گردید. رنگ تمامی نمونه‌ها در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد. برای ایجاد شرایط یکسان برای کل نمونه‌ها و کاهش خطای اندازه‌گیری، در تمامی مراحل آزمون لامپ‌های روشنایی اتاق خاموش شدند. رنگ سنج در برابر پلیت سفید و سیاه کالیبره شد. اندازه‌گیری رنگ در تمامی نمونه‌ها در سه تکرار و با چرخاندن فنجان نمونه در سه وضعیت مختلف انجام شد و مقادیر میانگین ثبت شد.

### ۲-۵- ارزیابی حسی

نمونه‌ها توسط ۱۰ نفر ارزیاب زن و مرد از کارشناسان کنترل کیفیت کارخانه‌ی صنایع غذایی سحر همدان که با اصول ارزیابی حسی آشنا بودند، مورد ارزیابی قرار گرفتند. عطر و بو، طعم و مزه، رنگ، بافت و پذیرش کلی با نمونه شاهد توسط گروه ارزیاب حسی با استفاده از آزمایش تمایل مصرف‌کننده (آزمون هدونیک ۵ نقطه‌ای) تعیین شدند. ارزیابی حسی مربای آلبالو ۳ روز پس از تولید مربا انجام شد. تمام نمونه‌ها در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد و ۳ ساعت قبل از انجام ارزیابی برای هم دما شدن با محیط بیرون آورده شد. قبل از آمدن ارزیاب‌ها تمام نمونه‌ها در دمای اتاق و در شرایط نور معمولی در ظروف شیشه‌ای کد گذاری شده قرار داده شدند. قاشق در اختیار ارزیاب‌ها قرار گرفت. آب آشامیدنی برای شست‌وشوی دهان ارائه شد. مربای آلبالو و شاهد تهیه و همراه بافرم مخصوصی به داوران داده شد. داوران با توجه به ذائقه خود فرم‌ها را تکمیل کردند. در هر جلسه، ارزیاب‌ها ۶ تا ۸ نمونه را ارزیابی کردند. مقادیر متوسط نمرات حسی (رنگ، طعم، بافت، بو و پذیرش کلی) در تجزیه و تحلیل مورد استفاده قرار گرفت [۵]. برای این منظور امتیاز ۵ کیفیت مطلوب و امتیاز یک برای کیفیت نامطلوب اختصاص داده شد. آزمون هدونیک<sup>۱۰</sup>، متداولترین روش در ارزیابی حسی است. اساس آن تعیین میزان درک آنی و احساس ارزیاب نسبت به ماده غذایی مورد ارزیابی است. در این روش نمونه‌ها بر حسب شدت و ضعف یک ویژگی درجه‌بندی می‌شوند. در واقع میزان پذیرش یا دوست داشتن یک محصول توسط مصرف‌کنندگان

9. Hunter Lab  
10. Hedonic test

$$J(t) = \frac{1}{G_0} + \frac{1}{G_1} \left[ 1 - \exp\left(\frac{-tG_1}{\eta_1}\right) \right] + \frac{t}{\eta_0} \quad (2)$$

J(t): خزش در هر زمان (Pa)

t: زمان (s)

G<sub>0</sub>: مدول الاستیک در مدل ماکسول

η<sub>0</sub>: ویسکوزیته مایع پرکننده داشپات در مدل ماکسول

(Pa.s)

G<sub>1</sub>: مدول برشی در مدل کلونین

η<sub>1</sub>: ویسکوزیته مایع پرکننده داشپات در مدل کلونین (Pa.s)

## ۷-۲- طراحی آزمایش و تجزیه و تحلیل آماری

به منظور بررسی آماری اثر متغیرهای مستقل بر متغیرهای پاسخ مورد مطالعه و همچنین تعیین شرایط بهینه فرآیند تولید مربای رژیمی آلبالو از روش سطح پاسخ به شیوه طرح مرکب مرکزی استفاده شد [۱۴]. برای این منظور از نرم افزار دیزاین اکسپرت نسخه ۱۰ استفاده شد، و تجزیه و تحلیل واریانس بر روی ضرایب مدل درجه دوم با این نرم افزار انجام گرفت. هر فاکتور در طرح مرکب مرکزی در پنج سطح مختلف (+۲، +۱، ۰، -۱، -۲)، دو نقطه محوری (+α و -α) و شش تکرار در نقطه مرکزی مورد مطالعه قرار گرفت و شرایط نقاط بهینه بر اساس تابع مطلوبیت تعیین شدند. شکل کلی معادله مرتبه دوم سطوح پاسخ در رابطه ۳ نشان داده شده است.

$$y = \beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j x_j + \sum_{i < j} \sum \beta_{ij} x_i x_j + \sum_{j=1}^k \beta_{jj} x_j^2 \quad (3)$$

که Y پاسخ متغیرهای وابسته مورد مطالعه (pH، شاخص روشنایی (L<sup>\*</sup>)، شاخص قرمزی (a<sup>\*</sup>)، شاخص زردی (b<sup>\*</sup>)، طعم و مزه، بو، رنگ، پذیرش کلی، G<sub>0</sub> (مدول الاستیک آنی)، G<sub>1</sub> (مدول برشی)، η<sub>0</sub> (ویسکوزیته داشپات ماکسول) و η<sub>1</sub> (ویسکوزیته داشپات کلونین))، β<sub>0</sub> عرض از مبدا، β<sub>j</sub> و β<sub>ij</sub> به ترتیب ضرایب خطی، درجه دو و اثر متقابل رابطه، و X<sub>i</sub> و X<sub>j</sub> متغیرهای مستقل مورد بررسی هستند. جداول ۱ و ۲ به ترتیب، متغیرهای مستقل به همراه سطوح کدبندی شده آن‌ها و تعداد آزمایش‌ها را نشان می‌دهند.

برای تعیین شرایط بهینه با توجه به اهداف مورد مطالعه، به دلیل اهمیت بالای بافت و رنگ در تولی مربای آلبالو، ضریب اهمیت متغیرهای پذیرش کلی، رنگ، بافت، G<sub>0</sub> و a<sup>\*</sup> برابر ۵ (بیشترین اهمیت)، طعم و مزه، عطر و بو، L<sup>\*</sup>، b<sup>\*</sup> و η<sub>0</sub> برابر ۳ و G<sub>1</sub>، η<sub>1</sub> برابر ۱ (کمترین اهمیت) انتخاب شدند.

مورد ارزیابی واقع می‌شود. این آزمون می‌تواند ۵ یا ۹ نقطه باشد. به مطلوب‌ترین حالت بیشترین امتیاز داده می‌شود. بعد از تبدیل پارامترها به عدد به وسیله آزمون آنالیز واریانس (ANOVA) می‌توان تفاوت را در بین محصولات مختلف بدست آورد.

## ۶-۲- آزمون خزش

اندازه‌گیری آزمون خزش توسط دستگاه رئومتر مدل Physica MCR301 ساخت شرکت ANTON Paar اتریش مجهز به سیستم تنظیم دما Peltier Plate با حساسیت ±۰.۱ درجه سانتی‌گراد انجام گرفت. سیستم هندسی، صفحه- صفحه با قطر ۲۰ میلی‌متر استفاده شد و اندازه‌گیری فاصله ۰/۵ میلی‌متر بین صفحات در طول تمام اندازه‌گیری‌ها حفظ شد. تجزیه و تحلیل خزش در تنش ثابت یک پاسکال انجام شد. تنش اعمال شد و برای ۱۸۰ ثانیه حفظ شد، سپس آزاد شد تا امکان بازیابی نمونه برای ۱۸۰ ثانیه بیشتر فراهم شود [۱۶]. پارامترهای خزش با محاسبه تنش ثابت (σ)، در طی زمان (t) تعیین شد و با استفاده از تابع انطباق خزش (J) مطابق با معادله (۱) از نظر تغییر شکل برشی بیان شد (۷).

$$J(t) = \frac{\gamma_t}{\sigma} \quad (1)$$

مدل برگرز<sup>۱۱</sup> از یک مدل ماکسول<sup>۱۲</sup> و یک مدل کلونین<sup>۱۳</sup> تشکیل شده است که با سری همراه است. تغییر شکل سیستم در واحد تنش، خزش نامیده می‌شود (J) که تابعی از زمان است و با استفاده از معادله (۲) محاسبه می‌شود [۱۱].

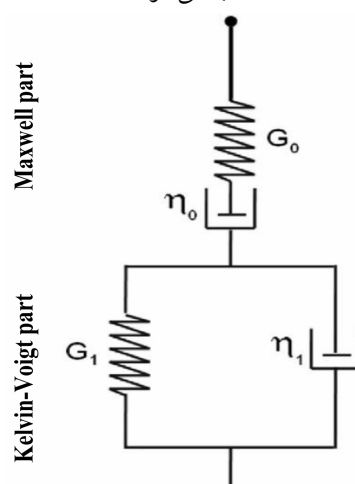


Fig 1 Schematic of the four element Burgers model consisted of Maxwell and Kelvin-Voigt models in series.

11. Burgers  
12. Maxwell  
13. Kelvin

**Table 1** Process independent variables and their measurement levels

Independent variables	symbol	The relevant code and level				
		-2	-1	0	1	2
Sugar (%)	X <sub>1</sub>	10	20	30	40	50
Pectin (%)	X <sub>2</sub>	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
Stevia (%)	X <sub>3</sub>	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6

**Table 2** Experiments designed to investigate the effect of response variables on stevia-based sour cherry diet jam production processes using Design Expert software version 10

Run	Levels of independent variables		
	Sugar (%)	Pectin (%)	Stevia (%)
1	10	0.3	0.4
2	20	0.4	0.3
3	20	0.2	0.3
4	20	0.4	0.5
5	20	0.2	0.5
6	30	0.3	0.4
7	30	0.3	0.2
8	30	0.3	0.6
9	30	0.1	0.4
10	30	0.5	0.4
11	40	0.2	0.5
12	40	0.4	0.5
13	40	0.4	0.3
14	40	0.2	0.3
15	50	0.3	0.4

جدول ۳ مشاهده شد که هیچ یک از اثرات خطی، متقابل و عبارات درجه دوم فاکتورهای مورد بررسی بر میزان pH مربا آلبالو معنی‌دار نبودند. مقادیر ضریب تبیین ( $R^2$ ) و فاکتور عامل عدم برازش برای pH به ترتیب برابر با ۰/۳۸ و ۰/۰۱۱ به دست آمدند.

### ۳- نتایج و بحث

#### ۳-۱- اندازه‌گیری pH

مقدار pH برای نمونه‌ها در محدوده ۳/۴۲ - ۳/۵۵ بود. با توجه به نتایج حاصل از مدل برازش شده به داده‌های آزمایش

**Table 3** Regression coefficients of coded factors and ANOVA data for the responses in the optimization of sour cherry jam preparation with stevioside sweeteners.

Coefficients	L*	a*	b*	G <sub>0</sub>	G <sub>1</sub>	$\eta_{sp}$ (Pa.s)	$\eta_{sp}/c$ (Pa.s)	pH
Intercept	27.54	10.33	-2.89	53.28	77.67	3.06	-10.05	3.44
X <sub>1</sub>	1.15***	0.47**	-0.043**	16.94***	-182.1 <sup>ns</sup>	261.26**	192.34**	0.0006 <sup>ns</sup>
X <sub>2</sub>	0.15 <sup>ns</sup>	1.02**	0.35**	2.92 <sup>ns</sup>	-197 <sup>ns</sup>	72.54 <sup>ns</sup>	24.71 <sup>ns</sup>	0.002 <sup>ns</sup>
X <sub>3</sub>	0.98***	0.08 <sup>ns</sup>	0.028 <sup>ns</sup>	-1.20 <sup>ns</sup>	-204.7 <sup>ns</sup>	68.15 <sup>ns</sup>	0.61 <sup>ns</sup>	0.007 <sup>ns</sup>
X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	-0.14 <sup>ns</sup>	-0.17 <sup>ns</sup>	0.064 <sup>ns</sup>	3.81 <sup>ns</sup>	407.72 <sup>ns</sup>	144.89 <sup>ns</sup>	22.49 <sup>ns</sup>	0.013 <sup>ns</sup>
X <sub>1</sub> X <sub>3</sub>	-0.09 <sup>ns</sup>	0.043 <sup>ns</sup>	-0.22**	0.49 <sup>ns</sup>	394.23 <sup>ns</sup>	136.28 <sup>ns</sup>	-6.68 <sup>ns</sup>	0.013 <sup>ns</sup>
X <sub>2</sub> X <sub>3</sub>	-0.27 <sup>ns</sup>	-0.22 <sup>ns</sup>	0.28**	-1.30 <sup>ns</sup>	397.94 <sup>ns</sup>	137.23 <sup>ns</sup>	11.80 <sup>ns</sup>	0.014 <sup>ns</sup>
X <sub>1</sub> <sup>2</sup>	0.28 <sup>ns</sup>	-0.05 <sup>ns</sup>	-0.051**	4.42*	50.02 <sup>ns</sup>	170.20**	159.58**	0.006 <sup>ns</sup>
X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	0.09 <sup>ns</sup>	0.37**	-0.41**	-1.16 <sup>ns</sup>	34.58 <sup>ns</sup>	1.52 <sup>ns</sup>	-10.79 <sup>ns</sup>	-0.0002 <sup>ns</sup>
X <sub>3</sub> <sup>2</sup>	0.21 <sup>ns</sup>	0.013 <sup>ns</sup>	-0.13**	-0.75 <sup>ns</sup>	36.18 <sup>ns</sup>	1.48 <sup>ns</sup>	-14.86 <sup>ns</sup>	-0.0006 <sup>ns</sup>
Model (p-value)	0.0004	0.001	<0.0001	0.0032	0.2385	0.029	0.0476	0.704
Lack of fit (p-value)	0.15	0.0047	0.099	0.0009	-	0.0006	-	0.0011
R <sup>2</sup>	0.90	0.88	0.95	0.85	0.58	0.86	0.73	0.38

Notes: \* Significant at  $p \leq 0.05$ . \*\* Significant at  $p \leq 0.01$ . \*\*\* Significant at  $p \leq 0.0001$ . ns not significant.

X<sub>1</sub>: sucrose.

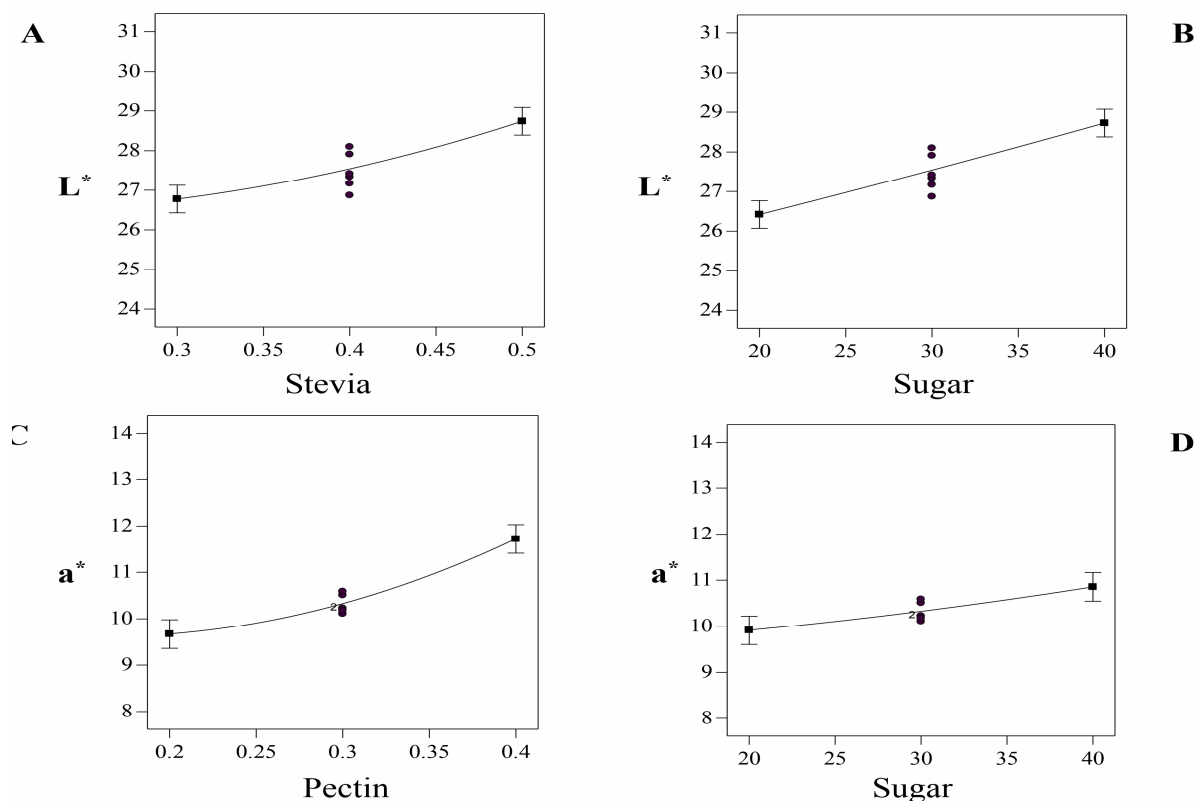
X<sub>2</sub>: pectin.

X<sub>3</sub>: stevioside.

## ۳-۲-رنگ

بیشترین تاثیر را بر شاخص رنگی  $a^*$  داشت. نتایج حاصل از تجزیه واریانس جدول ۳ نشان داد که اثرات خطی شکر و پکتین و عبارت درجه دوم پکتین ( $x_1^2$ ) بر شاخص رنگی  $a^*$  معنی‌دار بودند. مرباهای به‌دست آمده با درصد میوه بیشتر، شاخص قرمزی بالاتری داشتند که می‌تواند ناشی از تجزیه آنتوسیانین‌ها در هنگام پخت و پز باشد. طبق تحقیقات آنتوسیانین‌ها نقش مهمی در کیفیت رنگ بسیاری از میوه‌ها دارند، با این حال، آن‌ها هنگام پردازش و ذخیره سازی کاملاً ناپایدار هستند در واقع، در حین گرمایش، تخریب و پلیمریزاسیون معمولاً به تغییر رنگ آن‌ها منجر می‌شود [۳]. همچنین مشخص شد با افزایش غلظت پکتین میزان شاخص قرمزی محصول افزایش می‌یابد شکل ۲ (C). پکتین‌های مختلف و غلظت آن‌ها به‌طور قطعی بر رنگ محصولات تأثیر می‌گذارند [۳ و ۱۸]. عبید و همکاران، ۲۰۱۷ به‌طور مشابه گزارش دادند که افزایش غلظت پکتین، ارزش  $a^*$  را در محصولات میوه افزایش می‌دهد [۳]. مقدار  $a^*$  نشان‌دهنده تغییرات در قرمزی است و عمدتاً توسط آنتوسیانین‌ها اداره می‌شود. این را می‌توان با این واقعیت توضیح داد که در بعضی موارد پکتین به عنوان رنگ‌دانه عمل می‌کند [۱۹ و ۲۰].

یکی از مهمترین پارامترهایی که مصرف‌کنندگان در هنگام انتخاب مواد غذایی به آن حساس هستند، رنگ است. واحدهای موجود در سیستم  $L^*$ ،  $a^*$  و  $b^*$  درک مساوی از تفاوت رنگ به یک ناظر انسانی می‌دهند [۳]. شاخص رنگی  $L^*$  (روشنایی) نمونه‌ها در محدوده ۲۴/۷۹ و ۳۰/۴۳ بود. نتایج حاصل از تجزیه واریانس جدول ۳ نشان داد که اثر خطی ساکارز ( $x_1$ ) و استویا ( $x_3$ ) بر شاخص رنگی  $L^*$  مربای رژیمی آلپالو معنی‌دار ( $P < 0.0001$ ) بود. نتایج حاکی از شکل ۲ (A و B) نشان داد که با افزایش ساکارز و استویا میزان شاخص روشنایی نمونه‌ها افزایش یافت [۱]. به‌نظر می‌رسد که با افزایش نسبت میوه‌ها در فرمولاسیون مربا مقدار  $L^*$  کاهش یافته است. در واقع مرباهای تهیه شده با درصد میوه بیشتر، تیره‌تر بودند. دلیل این را می‌توان به فرآیند قهوه‌ای غیر آنزیمی (مایلارد) در طی فرآیند تلغیظ نسبت داد، زیرا غلظت بیشتر میوه‌ها باعث طولانی‌تر شدن زمان پخت و پز می‌شود [۱۷]. مقدار تغییرات  $a^*$  در محدوده ۱۳/۵۸ (شکر ۰/۳۰٪، پکتین ۰/۵ و استویا ۰/۴) و ۸/۰۵ (شکر ۰/۲۰٪، پکتین ۰/۲ و استویا ۰/۳) بود. مقدار ضرایب نشان‌دهنده این بود که تیمار پکتین



**Fig 2** (a and b) Linear effect of sugar and stevia on the color index  $L^*$  of cherry jam. (C and D) Linear effect of sugar and pectin on the color index  $a^*$  of cherry jam

میوه برای غلظت مواد جامد محلول از سطح اولیه تا حدود  $68/5Bx$  تهیه می‌شود. عملیات حرارتی طولانی مدت چندین واکنش فیزیکوشیمیایی از جمله قهوه‌ای مایلارد و تخریب اسید اسکوریک را آغاز می‌کند که در تغییر رنگ مخلوط ظاهر می‌شود. به نظر می‌رسد عدم وجود ساکارز کافی که برای انجام واکنش مایلارد ضروری است، باعث افزایش فاکتور  $b^*$  در مربا می‌شود [۱]. به‌طور کلی ساکارز و استویا عامل افزایش شاخص روشنایی ( $L^*$ ) بودند و متغیر پکتین بر شاخص قرمزی و زردی مربا اثر مثبت داشت.

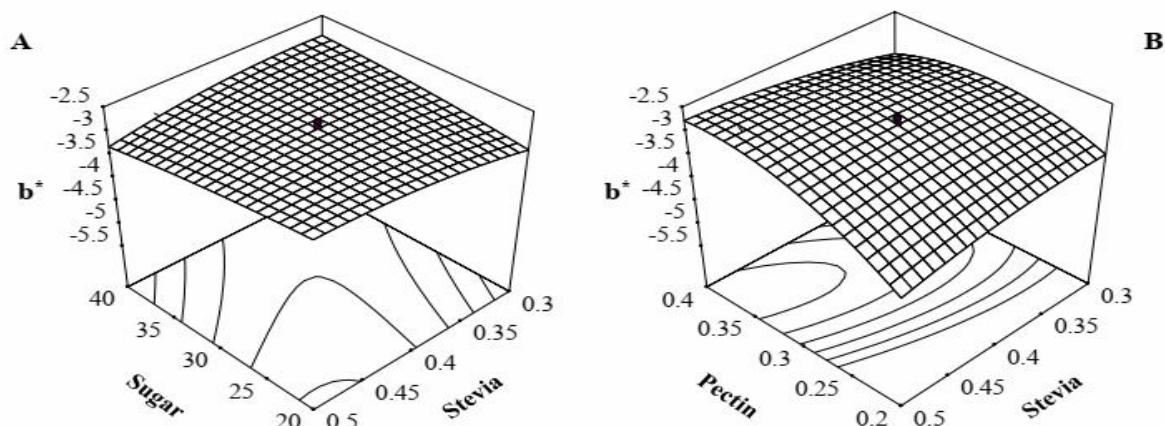


Fig 3 Interaction effect of sugar and stevia (a) and pectin and stevia (b) on the color index  $b^*$  Cherry jam

تکامل خزش بین ۰ تا ۱۸۰ ثانیه برای نمونه‌های مربا در غلظت‌های مختلف ساکارز است. پارامترهای مدل برگزیده منعکس کننده ساختار هر سیستم هستند و کاهش یا افزایش این پارامترها ساختار تضعیف شده / تقویت شده را نشان می‌دهد که با افزایش / کاهش پارامترهای مدل برگزیده برقرار می‌شود.  $G_0$  مدول الاستیک آنی مدل ماکسول است و نشانگر استحکام و قدرت ژل می‌باشد و با واحد ماکسول ارتباط نزدیکی دارد و رفتار پیوندهای اولیه قوی از قبیل پیوندهای یونی و کووالانسی که به صورت برگشت ناپذیری آسیب دیدند را نشان می‌دهد [۱۶]. نتایج جدول تجزیه واریانس ۳-۵ نشان داد که اثر شکر بر مقدار  $G_0$  معنی دار ( $P < 0/05$ ) بود. با توجه به نتایج مشخص شد که افزایش غلظت شکر باعث افزایش مقدار  $G_0$  در نمونه‌های مربا می‌شود، بدین معنا که شکر تاثیر مثبتی (افزایشی) بر مدول الاستیک آنی در مربا داشت.  $G_1$  منعکس کننده نیروی چسبنده ژل و مقاومت در برابر تغییر شکل ناشی از ساختار شبکه سه بعدی است، با توجه به واحد کلون-ویت نشان دهنده رفتار ضعیف ثانویه مرزی شبیه به وان در والس است [۲۲]. همان طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، هیچ یک از اثرات خطی

شاخص رنگی  $b^*$  (زردی) نمونه‌ها در محدوده ۲/۵۴- و ۵/۳۷- متغیر بود. نتایج حاصل از تجزیه واریانس جدول ۳ نشان داد که اثر متقابل ساکارز و استویا ( $X_1X_3$ )، پکتین و استویا ( $X_2X_3$ ) و همچنین اثر خطی ساکارز و پکتین بر شاخص رنگی  $b^*$  معنی دار ( $P < 0/001$ ) بود. مقدار ضرایب نشان دهنده این بود که تیمار پکتین بیشترین تاثیر را بر شاخص رنگی  $b^*$  داشت. نتایج نشان داد که با افزایش سطح استویا و پکتین میزان شاخص زردی مربا بیشتر شد شکل ۳ (A و B). مربا با جوشاندن مخلوط پالپ-پکتین-ساکارز-اسید

### ۳-۳-آزمون‌های خزش

در این مطالعه اندازه‌گیری خزش برای مربا انجام شد. زیرا محلول‌های غلیظ و متمرکز ساکارز، مانند شربت ساکارز، شیر، انواع عسل و مربا در حالت ناپایدار و متمایل به تبلور هستند [۱۱ و ۲۱]. برش باعث افزایش برخورد مولکول‌ها می‌شود و این واقعت در تولید کریستال قند، بر اندازه‌گیری رفتارهای رئولوژیکی تاثیر می‌گذارد [۱۱]. حضور کریستال‌ها بر اندازه‌گیری پارامترهای رئولوژیکی تاثیر می‌گذارد زیرا کریستال‌های قند، میزان برشی که اعمال شده است را افزایش می‌دهد [۱۶]. بنابراین، علاوه بر اندازه‌گیری‌های برشی پایدار و دینامیکی، آزمون‌های خزش نیز در این مطالعه انجام شد تا نتایج دیگر آزمایش‌های رئولوژیکی را تأیید کند.

آزمایش‌های خزش نمونه‌های مربا در شکل ۳ به عنوان تابعی از خزش در مقابل زمان ارائه شده است. فاز خزش را می‌توان در فاصله ۰-۱۸۰ ثانیه مشاهده کرد. در جدول ۳ پارامترهای مدل برگزیده از فاز خزش به شرح زیر است:  $G_0$ ،  $G_1$ ،  $\eta_0$ ،  $\eta_1$  و  $R^2$ . ضرایب رگرسیون برای همه نمونه‌ها بالاتر از ۰/۹۸۳ بود که نشان دهنده مناسب بودن مدل برگزیده برای مدل سازی سیر



نمونه‌هایی که ساکارز کمتری در آن‌ها استفاده شده است، مقدار  $J(t)$  بالاتری نسبت به سایر نمونه‌های با غلظت ساکارز بالا دارند. همچنین افزایش ساکارز باعث کاهش نقطه شروع خزش شد [۱۶].

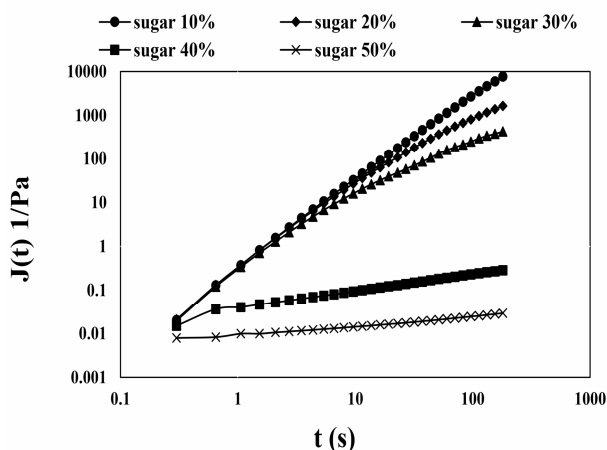


Fig 4 Creep curves in different concentrations of sugar for cherry jam

و متقابل بر مقدار  $G_1$  و  $\eta_1$  معنی‌دار نبودند. مقادیر ضریب تبیین ( $R^2$ )، فاکتور عامل عدم برازش و ضریب تغییرات، بیانگر مناسب نبودن مدل به‌دست‌آمده از روش سطح پاسخ برای  $G_1$  و  $\eta_1$  می‌باشند. به این معنی که غلظت شکر، پکتین و استویا هیچگونه تأثیری بر میزان نیروی چسبنده ژل نداشت. این نتایج نشان داد که  $G_1$  و  $\eta_1$  نمی‌توانند شاخص‌های واضحی برای درک تغییرات ساختاری درون مربا با تغییرات در میزان غلظت شکر، پکتین و استویا باشند [۱۶]. با این حال، اثر ساکارز بر ویسکوزیته نشان داده شده توسط پارامتر داشپات ( $\eta_0$ ) معنی‌دار ( $P < 0.0001$ ) بود. نتایج تجزیه واریانس جدول ۳ حاکی از آن است که غلظت ساکارز تأثیر مثبتی بر مقدار  $\eta_0$  دارد. این نتایج نشان می‌دهد که ویسکوزیته نشان داده شده توسط داشپات ماکسول ( $\eta_0$ ) می‌تواند بیانگر خوبی از تأثیر غلظت ساکارز در مربا باشد [۱۱]. شکل ۳ مقادیر  $J(t)$  در سطوح مختلف ساکارز را نشان می‌دهد. با توجه به شکل مشخص شد.

Table 4 Regression coefficients of coded factors and ANOVA data for the responses in the optimization of sour cherry jam preparation with stevioside sweeteners.

Overall acceptability	Texture	Colour	Odour	Taste	Coefficients
2.78	2.71	3.11	2.59	2.75	Intercept
0.42***	0.51***	0.40***	0.36***	0.47***	$X_1$
0.039 <sup>ns</sup>	0.072 <sup>ns</sup>	0.026 <sup>ns</sup>	0.071 <sup>ns</sup>	-0.054 <sup>ns</sup>	$X_2$
-0.076 <sup>ns</sup>	-0.12*	0.069 <sup>ns</sup>	-0.012 <sup>ns</sup>	-0.063 <sup>ns</sup>	$X_3$
-0.10 <sup>c</sup>	0.088 <sup>ns</sup>	-0.014 <sup>ns</sup>	-0.026 <sup>ns</sup>	-0.093 <sup>ns</sup>	$X_1X_2$
-0.020 <sup>ns</sup>	-0.16*	-0.21 <sup>ns</sup>	0.024 <sup>ns</sup>	-0.12 <sup>ns</sup>	$X_1X_3$
0.030 <sup>ns</sup>	0.013 <sup>ns</sup>	0.061 <sup>ns</sup>	0.074 <sup>ns</sup>	-0.040 <sup>ns</sup>	$X_2X_3$
0.0076 <sup>ns</sup>	-0.089*	-0.0098 <sup>ns</sup>	0.084 <sup>ns</sup>	-0.027 <sup>ns</sup>	$X_1^2$
0.016 <sup>ns</sup>	0.0023 <sup>ns</sup>	-0.014 <sup>ns</sup>	0.084 <sup>ns</sup>	-0.060 <sup>ns</sup>	$X_2^2$
0.058 <sup>ns</sup>	0.070 <sup>ns</sup>	0.066 <sup>ns</sup>	0.13 <sup>ns</sup>	0.040 <sup>ns</sup>	$X_3^2$
0.0001	0.0002	0.0004	0.0404	0.0007	Model (p-value)
0.0022	0.0004	0.1335	0.0020	0.0033	Lack of fit (p-value)
0.93	0.92	0.90	0.74	0.89	$R^2$

Notes: \* Significant at  $p \leq 0.05$ . \*\* Significant at  $p \leq 0.01$ . \*\*\* Significant at  $p \leq 0.0001$ . ns not significant.

$X_1$ : sucrose.

$X_2$ : pectin.

$X_3$ : stevioside.

همچنین اثر متقابل متغیرهای شکر و استویا ( $X_1X_3$ ) و شکر و پکتین ( $X_1X_2$ )، به‌ترتیب بر بافت و پذیرش کلی مربا معنی‌دار بود ( $P < 0.05$ ).

نتایج شکل ۴ حاکی از آن بود که با افزایش مقدار شکر در مربا میزان مطلوبیت شاخص‌های حسی (طعم، بو، رنگ، بافت)

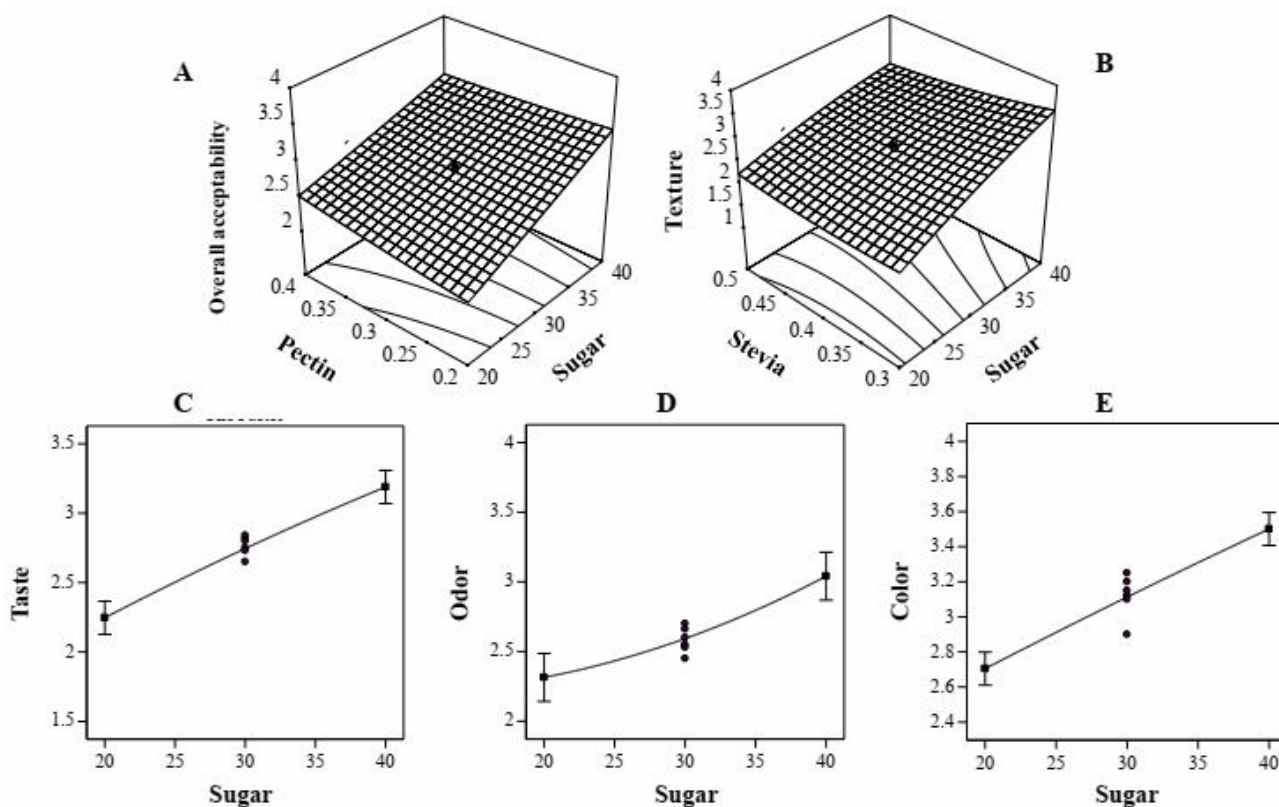
### ۳-۴- نتایج ارزیابی حسی

نتایج تجزیه واریانس میانگین نمرات ویژگی‌های حسی از قبیل رنگ، بو، بافت، طعم پذیری و پذیرش کلی مربایآلبالو در جدول ۴ نشان داد که اثر خطی متغیر شکر ( $X_1$ ) بر تمامی ویژگی‌های حسی مربای آلبالو معنی‌دار ( $P < 0.0001$ ) بود.



۰/۴۰٪، پکتین ۰/۲ و استویا ۰/۳ بود، و کمترین پذیرش کلی (۲/۲) در شرایط شکر ۰/۲۰٪، پکتین ۰/۳ و استویا ۰/۴ به دست آمد. با توجه به شکل ۴ (A)، مشخص شد که افزایش شکر باعث افزایش پذیرش کلی در بین ارزیاب‌ها می‌شود. همچنین با افزایش پکتین مقبولیت کلی کاهش یافت. باسو و همکاران (۲۰۱۰)، به این نتیجه رسیدند که نمره پذیرش کلی با افزایش غلظت قند و pH در تمام نمونه‌های مربای انبه بهبود یافت، که با نتایج مطابقت داشت [۹].

افزایش می‌یابد و به‌طور کلی شکر نقش مهمی در بهبود خواص حسی مربا دارد. بیشترین نمره برای بافت مربا (۳/۴) در شرایط شکر ۰/۳۰٪، پکتین ۰/۳ و استویا ۰/۴ بود. همچنین کمترین نمره‌دهی برای بافت (۱/۴۶) در شرایط شکر ۰/۱۰٪، پکتین ۰/۳ و استویا ۰/۴ به دست آمد. طبق شکل ۴ (B)، با افزایش غلظت شکر در مربا میزان امتیاز دهی به بافت افزایش یافت و همچنین افزایش استویا مطلوبیت بافت مربا را در بین ارزیاب‌ها کاهش داد. بیشترین پذیرش کلی (۳/۵۳) مربوط به نمونه با مقدار شکر



**Fig 5** Response surface plot of the effects of sugar, pectin and Stevia on the sensory properties of sour cherry jam

برای تولید مربای رژیمی در شرایط میزان شکر ۰/۴۰٪، پکتین ۰/۴ و استویا ۰/۳ به دست آمد. تحت این شرایط مقدار شاخص مطلوبیت ۰/۶۹ بود و مقدار بهینه متغیرهای مستقل شامل شاخص‌های رنگ سنجی ( $L^*$ ،  $b^*$  و  $a^*$ )، پارامترهای حسی (طعم، بو، رنگ، بافت، پذیرش کلی) و مدول الاستیک آنی ( $G_0$ ) در جدول ۶ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که تولید مربا با در صد ساکارز بیشتر سبب افزایش شاخص مطلوبیت گردید.

### ۳-۵- بهینه سازی

به‌منظور بهینه‌سازی همزمان متغیرهای پاسخ از روش سطحپاسخ و تابع مطلوبیت استفاده شد. کمترین و بیشترین مقادیر به دست آمده از آزمایش‌ها برای متغیرهای پاسخ مورد بررسی در جدول ۵ آورده شده‌اند. با استفاده از روش سطحپاسخ و تابع مطلوبیت، دو نقطه بهینه با شاخص مطلوبیت بیشتر از ۰/۶۹ برای انجام فرآیند تولید مربای رژیمی آلبالو بر پایه استویا تعیین شده که در جدول ۶ ارائه شده است. نتایج به دست آمده از جدول ۶ نشان می‌دهد که مطلوب‌ترین حالت

**Table 5** The values used for optimization and its specificity or purpose

High limit	Low limit	aim	Independent variables & responses
30.43	24.79	maximize	$L^*$
12.89	8.05	maximize	$a^*$
-2.54	-5.37	minimize	$b^*$
3.46	2.4	maximize	Taste
3.93	2.06	maximize	Odor
3.86	2.46	maximize	Colour
3.4	1.46	maximize	Texture
3.53	2.2	maximize	Overall acceptability
114.6	21.12	maximize	$G_0$
1350	0.0031	is in range	$\eta_0$

**Table 6** The results obtained from the optimization process

Number	Sugar	Pectin	Stevia	Taste	Odor	Color	Texture	Overall acceptability	$\gamma$	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$G_0$	Desirability
1	40	0.4	0.3	3.43	3.21	3.45	3.63	3.28	28.43	12.18	-3.19	82.14	0.69	
2	40	0.4	0.3	3.42	3.20	3.45	3.62	3.28	28.43	12.18	-3.18	82.10	0.69	

همچنین انیستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی ایران که در انجام این پژوهش ما را یاری نمودند تشکر و قدردانی می‌گردد.

## ۶- منابع

- [1] Basu, S., Shivhare, U. S., & Singh, T. V. (2013). Effect of substitution of stevioside and sucralose on rheological, spectral, color and microstructural characteristics of mango jam. *Journal of Food Engineering*, 114(4), 465-476.
- [2] Belović, M., Torbica, A., Pajić-Lijaković, I., & Mastilović, J. (2017). Development of low calorie jams with increased content of natural dietary fibre made from tomato pomace. *Food Chemistry*, 237, 1226-1233.
- [3] Abid, M., Yaich, H., Hidouri, H., Attia, H., & Ayadi, M. A. (2018). Effect of substituted gelling agents from pomegranate peel on colour, textural and sensory properties of pomegranate jam. *Food chemistry*, 239, 1047-1054.
- [4] Igual, M., Contreras, C., & Martínez-Navarrete, N. (2014). Colour and rheological properties of non-conventional grapefruit jams: Instrumental and sensory measurement. *LWT-Food Science and Technology*, 56(1), 200-206.
- [5] Basu, S., & Shivhare, U. S. (2011). Rheological, textural, microstructural, and sensory properties of sorbitol-substituted

## ۴- نتیجه گیری

با توجه به نتایج به دست آمده از آزمایش‌های رنگ سنجی، حسی و خزش مربای رژیمی آلبالو بر پایه استویا نتایج زیر از این پژوهش قابل استنتاج هستند: بررسی شاخص‌های رنگی نشان داد که پکتین باعث افزایش شاخص قرمزی و شکر باعث افزایش شاخص روشنایی در محصول می‌شود، همچنین افزایش غلظت استویا باعث افزایش شاخص زردی (b) در مربا شد. نتایج ارزیابی آزمون‌های حسی نشان داد که متغیر شکر نقش مهمی در بهبود پارامترهای حسی مربا ایفا می‌کند. بررسی تست‌های ناشی از آزمون کریپ نشان داد که فاکتور شکر نقش مهمی در مقدار پارامترهای  $G_0$  و  $\eta_0$  دارد. نتایج نشان می‌دهد که ویسکوزیته نشان داده شده توسط داشپات ماکسول ( $\eta_0$ ) می‌تواند بیانگر خوبی از تاثیر غلظت ساکارز در مربا باشد. همچنین پارامترهای  $G_1$  و  $\eta_1$  نمی‌توانند شاخص‌های واضحی برای درک تغییرات ساختاری درون مربا با تغییرات در میزان غلظت شکر، پکتین و استویا باشند. از یافته‌های پژوهش حاضر می‌توان برای تهیه مربا کم‌کالری آلبالو حاوی شیرین کننده استویا با کیفیت بهینه در مقیاس تجاری استفاده کرد.

## ۵- تشکر و قدردانی

بدین وسیله از کارخانه صنایع غذایی سحر همدان و دانشگاه بوعلی سینا که در تأمین مالی هزینه‌های این پژوهش و

- [14] Nourmohammadi, A., Ahmadi, E., & Heshmati, A. (2021). Optimization of physicochemical, textural, and rheological properties of sour cherry jam containing stevioside by using response surface methodology. *Food Science & Nutrition*, 9(5), 2483-2496.
- [15] Institute of Standards and Industrial Research of Iran (2007). Fruit juices— Test methods, ISIRI No. 2685.
- [16] Oroian, M., Ropciuc, S., Paduret, S., & Todosi, E. (2018). Rheological analysis of honeydew honey adulterated with glucose, fructose, inverted sugar, hydrolysed inulin syrup and malt wort. *LWT*, 95, 1-8.
- [17] Garrido, J. I., Lozano, J. E., & Genovese, D. B. (2015). Effect of formulation variables on rheology, texture, colour, and acceptability of apple jelly: Modelling and optimization. *LWT-Food Science and Technology*, 62(1), 325-332.
- [18] Kopjar, M., Piližota, V., Tiban, N. N., Šubarić, D., Babić, J., Ačkar, Đ., & Sajdl, M. (2009). Strawberry jams: influence of different pectins on colour and textural properties. *Czech Journal of Food Sciences*, 27(1), 20-28.
- [19] Emerton, V. (2008). *Food colours*. Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd.
- Englyst, H. N., Quigley, M. E., & Hudson, G. J. (1994). Determination of dietary fibre as non-starch polysaccharides with gas-liquid chromatographic, highperformance liquid chromatographic or spectrophotometric measurement of constituent sugars. *Analyst*, 119, 1497-1509.
- [20] Lewis, C. E., Walker, J. R., & Lancaster, J. E. (1995). Effect of polysaccharides on the colour of anthocyanins. *Food Chemistry*, 54(3), 315-319.
- [21] Quintas, M., Brandão, T. R., Silva, C. L. M., & Cunha, R. L. (2006). Rheology of supersaturated sucrose solutions. *Journal of Food Engineering*, 77(4), 844-852.
- [22] Huang, J., Zeng, S., Xiong, S., & Huang, Q. (2016). Steady, dynamic, and creep-recovery rheological properties of myofibrillar protein from grass carp muscle. *Food Hydrocolloids*, 61, 48-56.
- mango jam. *Food and Bioprocess Technology*, 6(6), 1401-1413.
- [6] Uddin, M. S., Chowdhury, M. S. H., Khan, M. M. M. H., Uddin, M. B., Ahmed, R., & Baten, M. (2006). In vitro propagation of *Stevia rebaudiana* Bert in Bangladesh. *African Journal of Biotechnology*, 5(13).
- [7] Lemus-Mondaca, R., Vega-Gálvez, A., Zura-Bravo, L., & Ah-Hen, K. (2012). *Stevia rebaudiana* Bertoni, source of a high-potency natural sweetener: A comprehensive review on the biochemical, nutritional and functional aspects. *Food chemistry*, 132(3), 1121-1132.
- [8] Javanmard, M., Chin, N. L., Mirhosseini, S. H., & Endan, J. (2012). Characteristics of gelling agent substituted fruit jam: studies on the textural, optical, physicochemical and sensory properties. *International journal of food science & technology*, 47(9), 1808-1818.
- [9] Basu, S., & Shivhare, U. S. (2010). Rheological, textural, micro-structural and sensory properties of mango jam. *Journal of Food Engineering*, 100(2), 357-365.
- [10] IBARZ, A., & BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. (2003). Food preservation by cooling.
- [11] Yilmaz, M. T., Tatlisu, N. B., Toker, O. S., Karaman, S., Dertli, E., Sagdic, O., & Arici, M. (2014). Steady, dynamic and creep rheological analysis as a novel approach to detect honey adulteration by fructose and saccharose syrups: Correlations with HPLC-RID results. *Food Research International*, 64, 634-646.
- [12] Yilmaz, M. T., Karaman, S., Dogan, M., Yetim, H., & Kayacier, A. (2012). Characterization of O/W model system meat emulsions using shear creep and creep recovery tests based on mechanical simulation models and their correlation with texture profile analysis (TPA) parameters. *Journal of Food Engineering*, 108(2), 327-336.
- [13] Gajar, A. M., & Badrie, N. (2002). Processing and quality evaluation of a low-calorie christophene jam (*Sechium edule* (Jacq.) Swartz. *Journal of food science*, 67(1), 341-346.



## physicochemical, sensory and rheological properties (creep behavior) of sour cherry jam based on stevia and optimization of formulation by response surface methodology

Nourmohammadi, A.<sup>1</sup>, Ahmadi, E.<sup>2\*</sup>, Heshmati, A.<sup>3</sup>

1. Ph.D Student, Department of Biosystems Engineering, Bu Ali Sina University, Hamedan, Iran.

2. Associate Prof., Department of Biosystems Engineering, Bu Ali Sina University, Hamedan, Iran.

3. Associate Prof., Department of Nutrition and Food Hygiene, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran.

### ARTICLE INFO

### ABSTRACT

#### Article History:

Received 2021/ 01 /07

Accepted 2021/ 08/ 07

#### Keywords:

Stevia,  
Optimization,  
Color,  
Creep,  
Jam.

**DOI:** 10.52547/fsct.18.09.30

\*Corresponding Author E-Mail:  
eahmadi@basu.ac.ir

The response surface methodology was used to produce cherry jam containing stevia sweetener with desirable physicochemical, sensory and rheological properties. These experiments were planned using a central composite design (CCD) with three independent variables including sugar, pectin and stevia. The production process of samples was done in five levels of sucrose (50-10%), pectin (0.5-1%) and stevia (0.6-0.2%) in a constant amount of 300 g of fruit. To evaluate the jam, the physicochemical, sensory and rheological properties of the jam were determined and optimized. Concentrations of sucrose, pectin and stevia had a significant effect on the color, sensory and rheological properties of the jam. The results showed that none of the linear and interaction effects of the studied factors on the pH of cherry jam were significant. The values of L \* (brightness) and b \* (yellowness) increased with increasing concentrations of sucrose and stevia, also increasing pectin increased a \* (redness) of the jam. The evaluation results of sensory tests showed that the sugar variable plays an important role in improving the sensory parameters of the jam. Examination of the tests resulting from the creep test showed that the sugar factor plays an important role in the value of the parameters G<sub>0</sub> and η<sub>0</sub>. The results show that the viscosity shown by Dashpot Maxwell (η<sub>0</sub>) can be a good indicator of the effect of sucrose concentration in the jam. Also, G<sub>1</sub> and η<sub>1</sub> parameters cannot be clear indicators for understanding the structural changes in the jam with changes in the concentration of sugar, pectin and stevia. The optimal point of diet jam formulation was obtained in the amount of sugar 40%, pectin 0.4% and stevia 0.3%. In general, the results of the study showed that using pectin and stevia sweetener can reduce the amount of sucrose in the jam and produce a low-calorie product with optimal quality and desirability index of 0.69 on a commercial scale.