بهینه­سازی و مدل­سازی فرمولاسیون مربای هویج زرد ایرانی فراسودمند با استفاده از استویوزید و اینولین به روش سطح پاسخ

**سیما شرعی1،نجمه خادمی­پور2،مهرنوش تدینی3**

**1-**گروه علوم و صنایع غذایی،پردیس علوم و تحقیقات خوزستان،دانشگاه آزاد اسلامی،اهواز، ایران

**2-**گروه علوم و صنایع غذایی، علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران،ایران

**3-**گروه علوم و صنایع غذایی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

**چکیده**

با توجه به افزایش بیماری­های مرتبط با قند، کاهش مصرف قند یکی از مهم­ترین چالش­های پیش رو برای مصرف­کنندگان و متخصصین صنعت غذا و تغذیه می­باشد. بنابراین جایگزین­کردن ساکارز با انواع دیگر شیرین­کننده­ها، بویژه شیرین­کننده­های طبیعی اهمیّت بسزایی دارد. هدف از پژوهش حاضر، مطالعه بهینه­سازی فرمولاسیون مربای هویج زرد ایرانی کم­کالری با حداقل ساکارز و با استفاده از روش سطح پاسخ است. بدین منظور، از سه متغیر مستقل استویوزید، به عنوان شیرین­کننده جایگزین ساکارز(0.05 تا 0.3 درصد از ساکارز کل) ، ساکارز (35 تا 60) درصد و اینولین به عنوان بافت­دهنده پری­بیوتیک (2 تا 5) درصد و با هدف پوشش طعم ، نقش­های ویسکوزیته و بریکس در مربا استفاده شد. مطابق نتایج، مدل­های برازش­شده ضرایب تببین بالایی را در خواص فیزیکوشیمیایی، حسی و رنگ (به جز شاخص زردی) داشت. نتایج نشان داد که اینولین و ساکارز به صورت مستقل تأثیر معنی­داری بر بریکس، رطوبت، ویسکوزیته، خواص حسی (به جز شاخص طعم) و پارامترهای روشنایی و قرمزی رنگ داشت (p≤0.05). pH و اسیدیته تحت تاثیر متغیرهای آزمون قرار نگرفت و مدل معنی­داری را نشان نداد ­(p>0.05). بهینه­سازی متغیرها در فرمولاسیون مربای هویج زرد ایرانی نشان داد که در صورت استفاده از 0.23 درصد استویوزید ،5 درصد اینولین و در حضور 49.3 درصد ساکارز، به فرمولاسیون بهینه با ضریب مطلوبیت 0.721 بدون تغییرات نامطلوب در خواص فیزیکوشیمیایی و حسی دست خواهیم یافت. این پژوهش نشان داد که با توجه به ارزش تغذیه­ای هویج زرد ایرانی، می­توان از این فرآورده در تولید مواد غذایی فراسودمند استفاده کرد و فواید سلامتی­بخش آن را بهبود داد.

**کلید واژگان:** بهینه­سازی فرمولاسیون ، روش سطح پاسخ، مدل­سازی ، مربای هویج زرد ایرانی.

1. **مقدمه**

دیابت نوع 2 در سراسر دنیا با سرعت نگران­کننده­ای در حال گسترش است که این امر موجب افزایش نرخ مرگ و میر و هزینه­های مرتبط با سلامتی می­شود. به­طوری­که انتظار می­رود تا سال2030 از هر ده نفر، یک نفر از این بیماری رنج ببرد. استراتژی­های پیشگیری­کننده مناسب، در شیوه زندگی افراد و همچنین وجود رژیم­های غذایی مناسب به عنوان راهکار­های اصلی در جلوگیری از این بیماری مطرح هستند] 1[. اکثر مطالعات بر بهبود محصولات غذایی سنتی که غنی از ساکارز و اسید­های چرب اشباع­شده و جایگزین­کردن آن­ها با ترکیبات طبیعی با خصوصیات مثبت فیزیولوژیکی از جمله شیرین­کننده­های طبیعی، ترکیبات حاوی پری­بیوتیک­ها و ترکیبات عاری از نمک، متمرکز شده­اند] 2و3[.

گیاه شیرین­برگ یا استویا با نام علمی *Stevia Rebaudiana Bertoni* گیاهی علفی، چند­ساله و متعلق به تیره کاسنی[[1]](#footnote-1) از ارزشمند­ترین گیاهان دارویی مناطق حاره می­باشد] 4 [. برگ­های استویا (200 تا300) برابر شیرین­تر از ساکارز هستند و با وجود مزه بسیار شیرین جذب بدن نمی­شوند] 5 .[ به همین علت این گیاه جایگاه ویژه­ایی در صنعت غذا به خود اختصاص داده است. برخلاف شيرين­كننده­هاي مصنوعي، استويا نه تنها منجر به بروز بيماري نمي­شود، بلكه اثرات مفيدي مانند ويژگي ضدديابتي نيز دارد] 6 .[برگ­ها حاوي تركيبات استويوزيد[[2]](#footnote-2)،رباديوزيد[[3]](#footnote-3)، A،B ، C،D ،E ،F ، دایکوزیدA[[4]](#footnote-4)، استويولبيوزيد[[5]](#footnote-5) و روبوزوزايد[[6]](#footnote-6) می­باشند. پایین­بودن اندیس گلایسمی، پایداری در محلول­های اسیدی وقلیایی و پایداری در دماهای بالا از ویژگی­های شاخص استویوزید است ]7.[

مربا یک ماده غذایی با رطوبت متوسط است که از طریق جوشاندن پالپ میوه با قند (ساکارز)، پکتین، اسید و سایر مواد شامل (نگهدارنده، طعم­دهنده و رنگ­دهنده) به یک قوام مناسب می­رسد ]8 .[ مرباهای میوه با دارا بودن منابع مهم کربوهیدرات و سطوح بسیار پایین اسید چرب، می­تواند منبعی مقرون به صرفه، آسان و در دسترس برای تامین انرژی و کالری مورد نیاز بدن باشند]7.[

هویج زرد ایرانی یا زردک،گیاهی دوساله از خانواده چتریان است.هویج زرد از خانواده *Pastinaca* وگونه *sativa* هستند. پژوهش­ها نشان داده­اند خاستگاه اولیه زردک فلات ایران، افغانستان و آسیای صغیر است] 9 .[این گیاه غنی از مواد قندی و کاروتن و دارای ویتامین تیامین، ریبوفلاوین،پیرودوکسین و نیاسین است.زردک باعث تقویت اعصاب می­شود و غنی از کلسیم و فسفر و آهن است وجود مقادیر آهن در این گیاه موجب شادابی پوست و بهبود کم­خونی می­شود.تخم­های موجود در آن میزان چربی خون (کلسترول بد خون[[7]](#footnote-7)) را تا 10 تا20 درصد کاهش می­دهند] 10 .[

در صنعت غذا از اینولین به عنوان یک شیرین­کننده کم­کالري، جایگزین چربی، عامل حجم­دهنده، بهبود­دهنده بافت، عامل جذب­کننده آب، پایدارکننده کف و امولسیون و نیز پر­کننده استفاده می­شود. از اینولین براي تولید محصولات نانوایی و قنادي استفاده می­شود]11 .[ به­گونه­ایی که قندهاریزدی و همکاران (2014)، جایگزینی ساکارز توسط استویوزید و بهبود خصوصیات رئولوژیکی آن به کمک صمغ عربی در مربای سیب را، مورد بررسی قرار داد. مطابق با نتایج بدست آمده با افزایش جایگزینی صمغ عربی تا 2 درصد، شاخص­های زردی ، قرمزی و شاخص واکنش­های آنزیمی کاهش چشمگیری یافت. همچنین سوتوال و همکاران (2019)، به بررسی مربای کم­کالری سیب با جایگزینی شیرین­کننده طبیعی استویوزید به جای ساکارز پرداخت. مطابق تحقیق این محققین زمان نگهداری تأثیر معنی­داری بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی مربای کم­کالری سیب تهیه­شده با استویوزید گذاشت. علیزاده و همکاران (2018)، بهینه­سازی تولید نکتار انبه بوسیله جایگزینی استویوزید و اینولین و بررسی خصوصیات فیزیوشیمیایی و رئولوژیکی آن را مورد مطالعه قرار داد. مسعود و همکاران (2018) به بررسی تاثیر صمغ زانتان و اینولین بر خواص رئولوژیکی مربا پرداختند.نتایج نشان داد با افزایش سطوح جایگزینی صمغ زانتان و اینولین،ویسکوزیته نمونه­ها کاهش می یابد. این در حالی است که صمغ زانتان تا25 درصد می­تواند جایگزین مناسب پکتین شود.

با توجه به اهمیّت بسزای خاستگاه زردک که بدون شک متعلق به ایران است و با تکیه به این موضوع که تاکنون هیچ پژوهشی در این رابطه صورت نگرفته است، پژوهش حاضر با هدف بهینه­سازی و مدل­سازی فرمولاسیون مربای هویج زرد ایرانی (زردک) با استفاده از جایگزین­کردن ساکارز با استویوزید و اینولین به روش سطح پاسخ[[8]](#footnote-8) و بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی، رئولوژیکی و حسی آن انجام گردید.

1. **مواد و روش­ها**

**1-2- مواد**

هویج زرد ایرانی (زردک) از بازارهای تره­بار محلی شهرستان اهواز (خوزستان) خریدای شد. بعد از ضدعفونی، با محلول ضد­عفونی­کننده سبزیجات، آن­ها را خشک کرده و در دمای 4 درجه سانتی­گراد نگهداری شد. پودر استویوزید از شرکت تکفا ایران ، اینولین از شرکت بنواورافتی آلمان، پکتین و سیتریک اسید با خلوص 99 درصد از شرکت رامک شیراز و ساکارز سفید تجاری از کارخانه پادمهر یزد خریداری شد. سایر مواد شیمیایی مورد استفاده از شرکت مرک آلمان تهیه شد.

**2-2- روش تهیه مربای هویج زرد ایرانی(زردک)**

زردک مورد نیاز پس از شستشو با گریدر (رنده) به اندازه دلخواه و شکل یکنواخت درآمد. فرمولاسیون نمونه­های مربا با استفاده از روش آماری سطح پاسخ و بر اساس فاکتورهای متغییر استویوزید در سطوح (0.05تا 0.3) درصد ،اینولین (2 تا 5) درصد و ساکارز (35 تا60) درصد و پکتین (0.5) درصد در مقدار ثابت میوه (250گرم) در20ران تهیه شد. پخت مربا در ظروف تفلون و تحت فشار اتمسفر انجام گرفت. مخلوط مورد نظر بر روی شعله گاز و در دمای شعله کم حرارت و به طور مداوم توسط قاشق چوبی هم زده شد. مقدار ماده جامد کل در طی فرآیند به طور متناوب اندازه­گیری شد. فرایند پخت نمونه­های مربا تا حل­شدن كامل مواد جامد و با تنظيم اسيديته با اسيد سيتريك (حداکثر 35/0) درصد و اندازه­گيري مداوم آن با pH متر دیجیتالی مدل متروم ، تا pH برابر با 2/3 و رسيدن درجه­ بريكس به 53 ادامه يافت. در پایان برای دستیابی به عطر و طعم مطلوب، پودر وانیل به مقدار0.2 درصد به نمونه­ها اضافه گردید.سپس نمونه­ها به ظروف شیشه­ایی مناسب انتقال داده شد و در دمای محیطی مناسب قرار گرفت.

**Table 1-** Factors and variables tested

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Factor | Name | Type | Minimum | Maximum | Coded Low | Coded High | Mean | Std. Dev. |
| A | Stevia (%) | Numeric | 0.0500 | 0.3000 | -1 ↔ 0.05 | +1 ↔ 0.30 | 0.1750 | 0.0907 |
| B | Suger (%) | Numeric | 35.00 | 60.00 | -1 ↔ 35.00 | +1 ↔ 60.00 | 47.50 | 9.07 |
| C | Inulin (%) | Numeric | 2.00 | 5.00 | -1 ↔ 2.00 | +1 ↔ 5.00 | 3.50 | 1.09 |

**3-2- اندازه­گیری خواص فیزیکوشیمیایی**

اندازه­گیری ماده جامد محلول[[9]](#footnote-9) نمونه­های مربا در دمای20 درجه سانتی­گراد و با استفاده از دستگاه رفراکتومتر صورت پذیرفت. اندازه­گیری pH در دمای 25 درجه سانتی­گراد و با دستگاه pH ­متر دیجیتالی و اندازه­گیری اسیدیته بر مبنای اسید­سیتریک و براساس استاندارد ملی ایران شماره 214 صورت پذیرفت ]16 .[اندازه­گیری رطوبت براساس روش ارائه شده توسط نورمحمدی وهمکاران (1390) انجام گرفت] 17 .[ویسکوزیته ظاهری نمونه­های مربا در دمای 25 درجه سانتی­گراد با استفاده از ویسکومتر بروکفیلد (Brookield DVII) ساخت کشور امریکا اندازه­گیری شد. اسپیندل SC4-31 ، مورد استفاده قرار گرفت و منحنی جریان نمونه ها در دامنه سرعت برشی 0 -( 1/s) 100 اندازه گیری شد.

ویژگی­های رنگی نمونه­های مربا با استفاده از یک دستگاه رنگ­سنج هانترلب مدل Color Flenz(Huntenpals) ساخت امریکا براساس سه شاخص) L\*شاخص روشنایی-تیرگی)،) a\* شاخص زردی- قرمزی)و) b\* شاخص سبزی-آبی( انجام گرفت] 18 [.

.**4-2-** **اندازه­گیری خواص حسی**

پس از آموزش های مقدماتی در مورد نحوه ارزیابی حسی، تعداد 20 نفر به عنوان ارزیاب شامل 10 نفر مرد و 10 نفر زن در رده سنی 25-35 سال از دانشجویان مقطع کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی دانشگاه علوم و تحقیقات اهواز انتخاب شدند. جهت ارزیابی خواص حسی نمونه­های مربا شامل رنگ، طعم، بافت، عطر و مالش­پذیری روی نان و قابلیت پذیرش کل[[10]](#footnote-10) با استفاده از روش هدونیک 9 نقطه­ای مطابق روش کلیک و همکاران در سال2006 استفاده شد] 19[.

**5-2- تجزیه و تحلیل آماری**

بهینه­سازی و مدل­سازی خواص فیزیکوشیمیایی و حسی مربای هویج زرد ایرانی با سه متغیر درصد­های استویوزید، اینولین و ساکارز با نرم افزار Desighn Expert نسخه 12 طرح RSM و روشCentral Composit مورد بررسی قرار گرفت. اعتبار­سنجی داده­های حاصل به روشbox-cox و تشابه مقادیر پیش­بینی­شده - واقعی بررسی و پس از تأیید، آنالیز واریانس در سطح اطمینان 95% انجام شد.

1. **نتایج و بحث**

**1-3- مدل­سازی فرمولاسیون**

**Table 2**- Proposed models for physicochemical and sensory properties tested

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Factors | Models | R2 | R2 adj | Sig |
| Acidity | 1.04+A-0.003B+C+0.02B2 | 0.54 | 0.43 | 0.161 |
| pH | 3.64-0.009A-0.01B-0.055C | 0.63 | 0.37 | 0.408 |
| BX | 47.65+1.7B+3.7C | 0.91 | 0.87 | 0.003 |
| Moisture | 49.41 +2.3B+4C+2.72A2 | 0.92 | 0.88 | 0.0001 |
| Color | 4.99-0.13C- 0.13AB-0.26AC-0.1A2-0.26C2 | 0.98 | 0.76 | 0.0018 |
| Taste | 4.72+0.45B+0.23B2 | 0.91 | 0.78 | 0.0001 |
| Texture | 4.95 +A+0.2B+0.4C+0.27A2 | 0.92 | 0.8 | 0.0001 |
| Spredibility | 5+0.13B+0.22C-0.1BC+0.2B2+ 0.18A2 | 0.98 | 0.79 | 0.0011 |
| Acceptability | 5.01+0.04A+0.13B+0.2C-0.1BC+0.18A2-0.16B2 | 0.92 | 0.74 | 0.003 |
| Viscosity | 0.18+0.008 B+0.025C+0.04BC | 0.89 | 0.80 | 0.0007 |
| L\* | 76.19+2.13B+0.01C | 0.90 | 0.81 | 0.005 |
| a\* | -9.9+0.035A-3.03C-2.34AC-2.1BC | 0.83 | 0.73 | 0.003 |
| b\* | - | 0.55 | 0.3 | 0.069 |

**1-1-3- اسیدیته و pH**

pH و اسیدیته مربا، بیانگر کیفیت محصول و تغییرات آن طی مراحل تولید و نگهداری به شمار می­آید] 20 .[مطابق شکل1، افزایش میزان استویوزید، ساکارز و اینولین به­ترتیب صعودی به نزولی، موجب کاهش pH شد، که این کاهش در معادله­ی برازش شده در سطح اطمینان 95% معنی­دار نبود. بر اساس شکل1 (b) نیز مشخص شد که افزایش در پارامتر­های مستقل استویوزید و اینولین تا حد وسط مقادیر منجر به افزایش و در ادامه موجب کاهش غیر­معنی­دار میزان اسیدیته گردید. همچنین افزایش در مقدار اینولین در ابتدا موجب کاهش و در ادامه سبب افزایش اسیدیته شد، این تغییرات نیز در معادله ارائه­شده در جدول 2 معنی­دار نبوده است (p>0.05). با توجه به pH خنثی ترکیبات ساکارز، اینولین و استویوزید، تغییر در مقادیرpH و اسیدیته انتظار نمی­رفت. چیتگر و همکاران (1397) در این رابطه، نشان دادند که جایگزینی ساکارز با استویوزید در فرمولاسیون سس­کچاپ نتوانسته است تغییرات معنی­داری را در میزان pH و اسیدیته نشان دهد] 21 .[ در این راستا تنویر و همکاران (2018) بیان داشتند مقدار pH و اسیدیته مربای زنجبیل در طی دوره نگهداری تفاوت معنیداری نداشت] 24 .[سوتوال و همکاران (2019) نیز در پژوهشی به بررسی مربای کم­کالری با جایگزینی استویوزید بجای ساکارز نیز اشاره کردند که مقدار pH در همه نمونه­های مورد آزمون در طی دوره نگهداری کاهش پیدا کرد. کاهش مقدار pH ممکن است ناشی از افزایش اسیدیته در نتیجه تجزیه قند و همچنین ناشی از هیدرولیز پکتین حاصل شود] 13 .[این نتایج با پژوهش واسیف و همکاران (2015) نیز مطابقت دارد. کردسوپ و ناکنئان (2013) نیز عدم تفاوت pH و اسیدیته را در ارتباط با مرباهای انبه که در فرمولاسیون آن­ها از سوربیوتول بجای ساکارز استفاده شده بود، مشاهده کرد] 25،26 .[

**2-1-3- بریکس(BX) و رطوبت**

براساس جدول شماره 2، مدل ارائه­شده برای تخمین میزان بریکس نمونه­ها در سطح اطمینان 95% معنی­دار بود در نتیجه توانایی استفاده از آن برای پیش­بینی مقادیر بریکس وجود داشت. که با افزایش پارامترهای مؤثر بر مدل (ساکارز و اینولین)، میزان بریکس نمونه­ها افزایش معنی­داری یافت (شکل2a) (p≤0.05). درویشی و همکاران (1397) گزارش کردند که تفاوت معنی­داری در میزان بریکس بین نمونه­های مربا سیب با استفاده از سوکرالوز و مالتو­دکسترین و نمونه شاهد وجود ندارد] 27 .[ افزایش بریکس با افزایش مقدار ساکارز به این علت است که افزودن قند باعث افزایش درصد ماده جامد محلول می­گردد، مهمترین فاکتور در افزایش میزان بریکس نوشیدنی­ها ساکارز موجود در آن می­باشد که با کاهش میزان این قند و افزایش استویوزید کاهش بریکس مشاهده شد. شرعی و همکاران (1397) نیز نشان دادند که افزایش اینولین و ساکارز موجب افزایش میزان بریکس نمونه­ها شده است] 28 .[تاثیر استویوزید بر روي میزان بریکس به وسیله محققین دیگر مانند مونجو و همکاران (2013) نیز بررسی شده است. این محققین اظهار داشتند استفاده از استویوزید در جایگزینی با ساکارز در مربای انبه منجر به کاهش بریکس شده است] 29 .[همچنین در مطالعه­ای که نورمحمدی و همکاران (1398) به بررسی خواص بافتی مربای رژیمی بر پایه استویوزید و بهینه­سازی فرمولاسیون آن پرداختند، نیز به این موضوع اذعان کردند. در این بررسی با افزایش میزان ساکارز در فرمولاسیون مربا، مقدار ماده جامد کل[[11]](#footnote-11) نمونه­های مربا در یک شیب خطی افزایش چشمگیری یافت. اما زمانی که مقدار ساکارز ثابت و پارامترهای دیگر متغییر بودند، تغییر محسوسی درTTS مشاهده نشد] 31 .[

تغییرات میزان رطوبت در فرمولاسیون پیشنهادی آزمون در جدول2 نشان داد که مدل پیشنهادی در این پژوهش از R2 و R2 adj قابل قبولی برخوردار بود. آزمون عدم برازش نیز نشان داد که این فاکتور معنی­دار نبوده است و مدل ارائه شده در پیش­بینی پارامتر مورد ارزیابی کارایی دارد. آناليز واريانس معني‌دار بودن اثرات خطی ضرايب مدل درجه دوم براي هر پاسخ در سطح 05/0بررسي و پس از حذف ضرایب مربوط به عباراتی که معنی­دار نشده بودند، مدل نهایی تدوین و در جدول 2 بیان شد . در شکل 2 (b) نشان داده شد که با افزایش متغیرهای موثر(ساکارز و اینولین)، رطوبت نمونه­ها افزایش معنی دار یافته است.استفاده از استویوزید تا مقدار 0.18موجب کاهش رطوبت و بعد از آن افزایش رطوبت شده است و اینولین و ساکارز تاثیر مثبت و معنی داری بر میزان رطوبت داشته­اند که از مهمترین دلایل آن می­توان به خاصیت جاذب­الرطوبه بودن، اینولین و تا حدودی ساکارز اشاره کرد. فروزان­مهر و عباسی (2008) نیز نشان دادند که استفاده از اینولین موجب افزایش میزان رطوبت در شکلات شیری شده است] 32 .[فرانک و همکاران (2002) نیز نشان دادند که استفاده از اینولین و الیگوفروکتوزها در نان و کیک موجب افزایش میزان رطوبت می­شود که با نتایج ارائه­شده در این پژوهش هم­خوانی دارد] 33 .[

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| (a) | (b) |

**Fig 1**- Effect of stevia, sugar and inulin variables on pH (a) and acidity (b) changes

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| a)) | b)) |

**Fig 2**-Effect of stevia, sugar and inulin variables on BX changes (a) and moisture changes (b)

**3-1-3- ویسکوزیته ظاهری**

خواص رئولوژکی نقش مهمی در طراحی و بهینه­سازی فرایند برعهده دارد و همبستگی بالایی را با خواص کیفی، حسی و پایداری نمونه به وجود می­آورد ]34 .[ویسکوزیته­ی ظاهری از شاخص­های کیفی تأثیر­گذار در تولید محصولاتی می­باشد که مصرف­کننده انتظار ویژه­ای در رابطه با ظاهر و احساس دهانی آنها دارد] 35 .[نتایج تجزیه واریانس مدل ارائه­شده برای ویسکوزیته، نشان داد که تنها عوامل موثر بر میزان ویسکوزیته، مقادیر اینولین و ساکارز بود و استویوزید مورد استفاده در فرمولاسیون تاثیر غیر­معنی­داری در سطح اطمینان 95% بر مدل داشت . اما برهمکنش اینولین و ساکارز نیز تاثیر معنی­داری را بر مدل داشت (p≤0.05). به­گونه­ای که بیشترین میزان ویسکوزیته در بالاترین مقادیر اینولین و ساکارز و در سطح استویوزیدی (% 0.175) بدست آمد، ضرایب R2 و R2 adj مدل نیز اعتیار بالای مدل را نشان داد، با حذف ضرایب غیرمعنی­دار موثر بر ویسکوزیته مدل به صورت جدول 2 نشان داده شده است. تحقیقات نشان دادند که افزایش ویسکوزیته فرآورده حاوی ترکیبات هیدروکلوئیدی می­تواند به اثر متقابل بین فیبرها، الیگوساکارید­ها ، پلی­ساکاریدها، و پروتئین­های فرآورده مربوط باشد که این نتایج با نتایج بدست آمده از تحقیق حاضر مطابقت دارد] 34.[ سوکروز نقش مهمی در ابجاد بافت، احساس دهانی مطلوب و ویسکوزیته فراورده­های غذایی می­گذارد] 23 .[بنابراین جایگزین­کردن ساکارز با شیرین­کننده استویوزید، به طور مشخص موجب کاهش ویسکوزیته به دلیل کاهش مواد خشک می­شود. به همین دلیل از ترکیباتی مانند اینولین به منظور تعدیل و رفع این ویژگی استفاده می­شود. اینولین ترکیبی است که منجر به بهبود بافت مربا شده و علاوه بر آن به دلیل پروبیوتیک بودن خصوصیات سلامتی­بخشی خوبی نیز ایجاد می­کند]36 .[این ویژگی اینولین به دلیل توانایی این ترکیب در جذب آب و ایجاد پیوند هیدروزنی بین مولکول­های آب با هدف تشکیل شبکه ژلی است. بعلاوه، مطابق گزارشات، اینولین با شیرین­کننده­هایی ماند استویوزید همپوشانی دارد] 37و38 [و بالاتر بودن ویسکوزیته نمونه­های دارای مقادیر بالای ساکارز و اینولین می­تواند به همین دلیل باشد. در این راستا، درویشی و همکاران (1397) نشان دادند که به دلیل شیرینی بالای سوکرالوز جایگزین­شده با ساکارز در فرمولاسیون مربای سیب، شیرینی مورد نظر حاصل خواهد شد و بر این اساس کاهش معنی­داری در میزان بریکس و ویسکوزیته محصول ایجاد می­شود. در پژوهش حاضر نیز مشخص شد که افزایش در میزان ساکارز و هیدروکلوئید اینولین منجر به افزایش مقدار ویسکوزیته شد ] 27 .[همچنین جایگزینی ساکارز با استویوزید و افزایش سطح اینولین در فرمولاسیون مربای زردک، با افزایش ویسکوزیته موجب ایجاد قوام مناسب می­شود. با این وجود، رسیدن به ویسکوزیته­ای مشابه با فرمولاسیون ساکارز 100% در بسیاری از موارد قابل اعمال نیست. باسو و همکاران (2011) و (2013) به ترتیب در تحقیقاتی جداگانه با جایگزینی سوربیتول ، سوکروز - استویوزید در مربای بهینه نشان داد که با افزایش درصد جایگزینی ساکارز با شیرین­کننده­های سوربیتول - سوکروز و استویوزید، میزان اندیس قوام (K) کاهش یافته است که نشان­دهنده­ی کاهش ویسکوزیته در نمونه­های مربای انبه رژیمی بوده است] 8 و39 .[بیان این نکته ضروری است که نقش اصلی در شبکه سه بعدی نمونه­های مربا را، پکتین اضافه شده و پکتین موجود در پالپ میوه، بر عهده دارد] 39 .[از عوامل موثر بر قدرت ژلی مربا، غلظت پکتین، درجه استریفیکاسیون پکتین، غلظت قند، اسیدیته، دمای فرایند، غلظت پالپ میوه است] 8 .[لذا تغییر در هر کدام از این پارامترها منجر به تغییر در ویسکوزیته نهایی مربا خواهد شد. ساکارز موجود در فرمولاسیون مربا، با جذب آب و دهیدراتاسیون، زمینه پیوستگی بیشتر مولکول­های پکتین به یکدیگر را فراهم می­کند و در نتیجه تاثیر مهمی را در شبکه ژلی مربا دارد] 40.[ از طرفی گروه­های هیدروکسیل موجود در ساختار ساکارز، با مولکول­های پکتین، پیوندهای هیدروژنی ایجاد و استحکام بیشتر ژل تولید­شده را سبب می­شود] 41.[ باسو و همکاران (2011 و 2013) با بررسی طیف­سنجی تبدیل فوریه فروسرخ نشان داد که جایگزینی ساکارز با سوربیتول و استویوزید - سوکروز منجر به کاهش قدرت بر همکنش­های هیدروفوبیک و هیدروژنی در شبکه پکتینی و در نهایت تضعیف ژل می­شود.در نتیجه با تغییر در نوع و غلظت قند، برهمکنش­های اجزای شبکه ژل سه­بعدی تحت تاثیر قرار گرفته و در نتیجه ویسکوزیته و رفتار جریانی مرباها تغییر می­کند] 8 و39 .[

|  |
| --- |
|  |

**Fig3**-Independent effect of test variables on viscosity properties (cP)

|  |
| --- |
|  |

**Fig 4**-Effect of interaction inulin and suger on viscosity properties (cP)

**4-1-3- پارارمترهای رنگ روشنایی(L\*)، قرمزی(a\*) و زردی(b\*)**

پارامتر­های رنگ بر بازار­پسندی محصولات صنایع­غذایی و پذیرش آن­ها نزد مصرف­کننده تاثیر بسزایی دارد] 42.[ در مطالعه حاضر نتایج نشان داد که تغییر در مقادیر اینولین و ساکارز می­تواند بر مقدار فاکتور روشنایی (L\*) نمونه­ها تاثیر معنی­دار بگذارد (P≤0.05). همان­گونه که از شکل شماره5 (a) استنباط می­شود، با افزایش میزان ساکارز و اینولین میزان روشنایی نمونه­های مربا افزایش یافت و تاثیر آن بر مدل ارائه­شده در جدول 2در سطح اطمینان 95% معنی­دار بود. مطابق نتایج شکل5 در مورد پارامتر قرمزی، مدل ارائه­شده از کارایی بالایی برخوردار است و پارامترهای استویوزید و اینولین به صورت مستقل و متقابل بر تغییرات پارامتر قرمزی رنگ تاثیر معنی­دار داشت (P≤0.05). اما افزایش میزان استویوزید در میزان تمایل به زردی نمونه­ها تغییر معنی­داری را ایجاد نکرد. در واقع با افزایش میزان ساکارز و اینولین میزان زردی نمونه­ها(b\*) افزایش غیر­معناداری یافت و ضرایب R2 و R2 adj نیز قابل قبول نبود. همانطور که در نتایج مشخص است، با افزایش میزان اینولین و ساکارز در نمونه­ها میزان روشنایی نمونه­ها افزایش یافت که این افزایش در مورد متغیر اینولین با شیب بالاتری رخ داد. به عبارت دیگر با افزایش مقدار اینولین درفرمولاسیون مربای زردک، میزان پارامتر روشنایی افزایش اما میزان پارامتر قرمزی کاهش معنی­داری یافت (P≤0.05). افزایش میزان استویوزید منجر به افزایش قرمزی نمونه­ها نیز شد که برهمکنش این متغیر با اینولین نیز معنی­دار بوده است و پارامتر زردی علی­رغم افزایش آن با افزایش میزان اینولین تاثیرات غیرمعنی­داری بر مدل داشت. در پژوهش­های مشابه درویشی و همکاران (1397) نشان داد که تولید مربای سیب با استفاده از سوکرالوز- مالتوکسترین منجر به افزایش روشنایی و کاهش میزان قرمزی نمونه­ها شده است که هم راستا با نتایج این پژوهش است ]27 .[همچنین یزدی و همکاران (1387) نیز گزارش کردند که استفاده از شیرین­کننده سوکرالوز در جایگزینی با ساکارز در شیرینی قطاب، میزان پارامترهای روشنایی را افزایش و پارامترهای زردی و قرمزی را کاهش داده است] 18 .[از مهمترین عوامل تاثیرگذار بر رنگ، واکنش­های قهوه­ای­شدن آنزیمی و غیر­آنزیمی به­ویژه کاراملیزاسیون است و از مهمترین عوامل دخیل در این واکنش­ها حضور اسیدهای آمینه و قند است که در مربای زردک میزان پروتئین و اسیدهای آمینه درصد بالایی را نداشته­اند و جایگزینی قند سوکروز با استویوزید احتمال این رخداد را بیشتر کاهش داده است] 43.[ با توجه به این موارد می­توان بیان داشت که با کاهش عوامل موثر بر واکنش­های قهوه­ای شدن آنزیمی و غیرآنزیمی، میزان پارامترهای روشنایی افزایش و پارامترهای قرمزی و زردی کاهش می­یابد. باسو و همکاران (2013) نیز نشان دادند که استفاده از سوربیتول در جایگزینی با سوکروز در مربای انبه موجب افزایش میزان روشنایی و کاهش پارامترهای قرمزی و زردی شده است] 8.[

|  |
| --- |
| (a) Figure |
| (b) Figure |
| (c) Figure |

**Fig5**- Independent effect of test variables on brightness factor (a), redness (b) and yellowness (c)

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

**Fig6-** Interaction of stevia and inulin, inulin and sugar variables on the presentation model for redness parameter (a\*)

**5-1-3- خواص حسی**

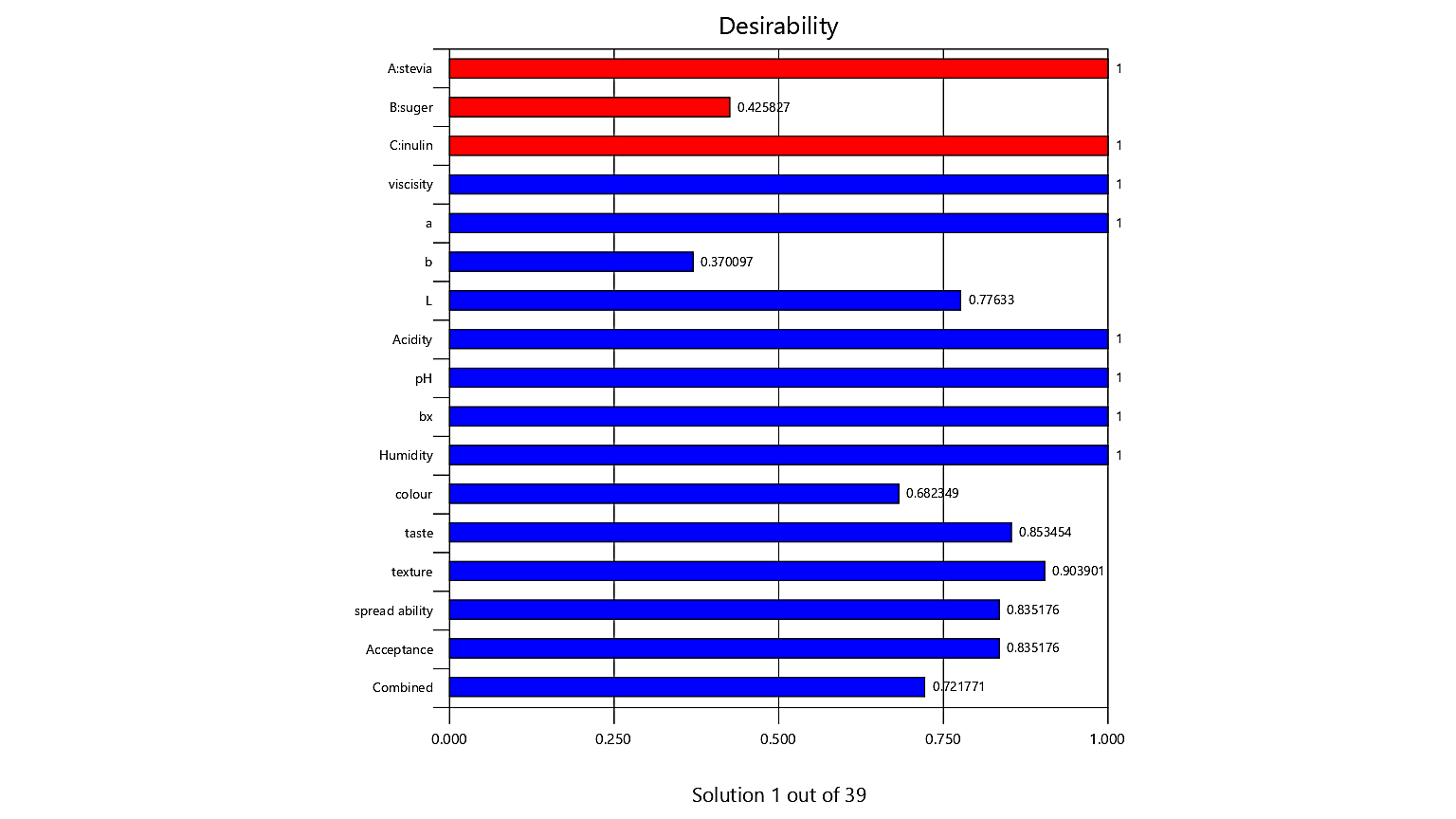
مطابق با نتایج بدست آمده درجدول3 مشخص شد که مدل پیشنهادی در این پژوهش برای پارامتر ­رنگ، از R2 و R2 adj بالا و معنی­داری برخوردار بود (p≤0.05). اما آزمون عدم برازش غیرمعنی­دار گزارش شد. با بررسی نتایج تجزیه و تحلیل واريانس، معني‌دار بودن اثرات خطی، درجه دوم و متقابل ضرايب مدل درجه دوم براي هر پاسخ در سطح 05/0آنالیز و پس از حذف ضرایب مربوط به عباراتی که معنی­دار نشده بودند. نتایج نشان­دهنده این موضوع است که متغیر رنگ تحت تاثیر پارامترهای اینولین و برهمکنش استویوزید- ساکارز و استویوزید- اینولین قرار گرفته است. بر اساس شکل7 (a) بیشترین امتیاز رنگ در نمونه­هایی با بالاترین میزان اینولین و مقدار استویوزیدی برابر با 0.2 درصد گزارش شد، افزایش میزان اینولین باعث کاهش معنادار امتیاز رنگ در نمونه­های مربا شد (p≤0.05). با افزایش میزان استویوزید امتیاز رنگ افزایش و در ادامه کاهش ­یافت. شاخص طعم تنها تحت­تاثیر میزان ساکارز قرار گرفت .در واقع با افزایش میزان ساکارز، امتیاز کسب­شده نیز افزایش یافت که در مدل ارائه­شده تاثیر معنی­داری را داشته است. پارامتر بافت نمونه­ها نیز بررسی و مشاهده شد این مشخصه نیز تحت تاثیر متغیرهای میزان ساکارز و اینولین قرار گرفته است و با افزایش میزان ساکارز و اینولین بافت قابل قبول­تری در نمونه­ها مشاهده شد. مدل ارائه­شده برای بررسی خاصیت مالش­پذیری نیز نشان داد که این متغیر نیز متاثر از میزان ساکارز و اینولین بوده است .همانطور که در شکل7 (c) مشخص است بیشترین امتیاز مالش­پذیری در نمونه­هایی با بالاترین میزان اینولین و مقدار ساکارز برابر با 50 درصد گزارش شد. پذیرش­کل نمونه­های بررسی­شده نیز نشان داد که مدل ارائه­شده در جدول2، R2 و R2 adj بالاییداشته است و کارایی لازم برای پیش­بینی مقبولیت کل نمونه­ها را خواهد داشت. با توجه شکل 7 مشخص است که پارامترهای موثر، میزان ساکارز و اینوین و برهمکنش آن­ها بوده است .همچنین نتایج نشان داد بالاترین امتیاز پذیرش­کل مربوط به نمونه­هایی با میزان اینولین برابر با 5 درصد و میزان ساکارز 45 درصد است، در حالی که تغییرات مقادیر استویوزید تاثیر معنی داری را بر میزان مقبولیت کل نداشته است. علت آن می­تواند هم استفاده از غلظت­های پایین استویوزید و هم نقش پوشش­دهندگی طعم توسط اینولین باشد. پژوهشگران در تحقیقات خود نشان دادند استفاده از غلظت­های بالاتر استویوزید منجر به کاهش امتیاز طعم به دلیل پس طعم تلخی استویوزید شده است] 14.[ دلیل تلخ­شدن ماتریکس غذایی در حضور استویوزید، وجود ریبادیوزید[[12]](#footnote-12)A بیان شده است] 44.[ اخوان طباطبایی و همکاران (2006) بیان داشتند که اینولین طعم شیرین ملایمی دارد و می­تواند بدون ایجاد هرگونه پس­طعمی در محصول، با سایر شیرین­کننده­ها به راحتی ترکیب شود] 45.[ همچنین این ترکیب دارای اثر هم­افزایی است که مانع از آب­اندازي محصول می­گردد و همین امر می­تواند در کسب امتیازات بالاتر در نمونه­های با مقدار اینولین بالاتر، دخیل باشد ]28 .[لازم به ذکر است که استویوزید نیز به علت داشتن ترکیبات فنولیک، علاوه بر حفظ خواص حسی، باعث بهبود و ارتقأ ارزش تغذیه­اي محصول و افزایش عمر ماندگاري مربا می­شود که با توجه به درصد پایین جایگزینی در این پژوهش تاثیر معنی­داری بر خواص حسی نداشته است.

|  |  |
| --- | --- |
| (a) Figure | (b) Figure |
| Figure (c) | Figure (d) |

**Fig 7**- Effect of research variables on the characteristics of color (a), taste (b), spredibility (c) and acceptability (d) of total Persian yellow carrot jam samples

**2-3 بهینه­سازی فرمولاسیون**

نتایج بررسی­ها نشان داده که در بهینه­سازی انجام­یافته در مطالعات مربوط به صنایع غذایی، فرمولاسیونی به عنوان بهینه واقعی می­تواند در نظر گرفته شود که تابع مطلوبیت آن حداقل 7/0 باشد. بهینه­سازی فرمولاسیون تهیه مربای هویج زرد ایرانی با استفاده از مدل­های برازش شده و تابع مطلوبیت انجام پذیرفت. بدین منظور شرایط بهینه با اهداف رسیدن به دامنه استاندارد میزان رطوبت، اسیدیته، بریکس و رطوبت و pH *و* حداکثر امتیاز خواص حسی انجام گرفت. در پژوهش حاضر، استویوزید به میزان 0.05 درصد، ساکارز به میزان 35/49 درصد و اینولین به مقدار 5% با ضریب مطلوبیت 722/0 انتخاب شد.



**Fig 8-**Optimal sampel chosen by software RSM

**نتیجه گیری نهایی**

نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از 0.23 درصد استویوزید و 5 درصد اینولین در حضور 49.3 درصد ساکارز می­تواند مصرف ساکارز در فرمولاسیون مربای زردک را تا 50% کاهش دهد و خواص فیزیکوشیمیایی و حسی محصول را در سطح مطلوب نگهدارد. مهمترین نقش در بررسی خواص فیزیکوشیمیایی و بویژه ویسکوزیته مربوط به اینولین بود که در تمام معادلات ارائه­شده تأثیر معنی­داری داشت. علاوه براین، اینولین ترکیبی پروبیوتیک است که می­توان انتظار بهبود خواص سلامتی مصرف کننده را با مصرف آن داشته باشیم و می­توان بیان نمود که استفاده از هویج زرد ایرانی با توجه به داشتن مواد معدنی و ویتامین­های فراوان و عدم استقبال از تازه­خوری آن، پتانسیل تبدیل به مربای هویج زرد فراسودمند را با استفاده از استویوزید و اینولین دارد.

**منابع**

[1] IDF. Diabetes Atlas. 2015-7th Edition. Available online: http www.diabetesatlas.org/ (accessed on 12 September 2017.

[2] Ng, SB., Nguyen, PT., Bhandari, B. and Prakash, S. 2018. Influence of different functional ingredients on physical properties, rheology, tribology, and oral perceptions of no fat stirred yoghurt. Journal of Texture Studies 49(3): 274 –285.

[3] Konar. N., Palabiyik, I., Toker, O S., Polat, D G., Kelleci. E., Pirouzian, HR. 2018. Conventional and sugar-free probiotic white chocolate: Effect of inulin DP on various quality properties and viability of probiotics. Journal of Functional Foods 43: 206–213.

[4] Anbazhagan, M., Kalpana, M., Rajendran, R., Natarajan, V., and Dhanavel, D. 2010. In vitro production of Stevia rebaudiana Bertoni. Emirates Journal of Food and Agriculture, 216-222.

[5] Uddin, M.S., Chowdhury, M.S. H., Khan, M. M. M. H., Uddin, M. B., Ahmed, R. and Baten, M. 2006. In vitro propagation of Stevia rebaudiana Bert in Bangladesh. African Journal of Biotechnology, 5(13).

[6] Adebola, O.O., O. Corcoran. and W.A. Morgan. 2014. Synbiotics: the impact of potential prebiotics inulin, lactulose and lactobionic acid on the survival and growth of lactobacilli probiotics. Journal of Functional Foods 10: 75–84

[7] Goyal, S., Goyal, R.2010. Stevia (Stevia rebaudiana) a bios weetener: a review. International Journal of Food Science and Nutrition; 61(1): 1-10

[8] Basu, S., Shivhare, U.S. and 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: 465–476.

[9] Simon, P.W., Freeman, R.E. and Viera, J.V. 2008. Carrots: Handbook of Plant Breeding. In: Prohence Journal of Nuez (ed) Vegetables II. Springer.

[10] Augspole, I., Rackejeva, T., Kruma, Z. and Dimins, F. 2014. Shredded carrots quality providing by treatment with hydrogen peroxide. 9th Baltic Conference on "Food for Consumer Well - Being" FOODBALT, 150-154.

[11] Kip, P., Meyer, D., Jellema, R. 2006. Inulins improve sensoric and textural properties of low-fat yoghurts. International Dairy Journal, 16: 1098-1103.

[12] Ghandehari Yazdi, AP., Hojjatoleslamy, M., Keramat, J., Shariati, MA. 2014. Replacing Sucrose by Stevoioside and Adding Arabic Gum: investigation of Rheological Properties of Apple Jam. Journal of Applied Science and Agricuture, 9(2): 508-513.

[13] Sutwal, R., Dhankhar, J., Kindu, P., Mehla, R., 2019. Development of Low Calorie Jam by Replacement of Sugar with Natural Sweetener Stevia. International Journal of Current Research and Review. 11(4): 9-16.

[14] Alizadeh, A., Seyedan Oskuyi, A. and Amjadi S. 2018. The optimization of prebiotic sucrose-free mango nectar by response surface methodology: The effect of stevia and inulin on physicochemical and rheological properties. Food Science and Technology International 0(0) 1–9.

[15] Massoud, Mona I., Abd El-Razek, Amal M. and El-yemany, Ibrahim, M.2018. Inﬂuence of Xanthan Gum and Inulin as Thickening Agents for Jam Production. Egypt Journal of Food Science.46: 43-54.

[16] ISIRI 214.2014. Jam, marmalade and jams-characteristics and test methods, Fourth Edition, measuring acidity. [In Persian].

[17] Noormohammadi, A., Peighambardoust, S.A., OladGhaffari, A., AzadmardDamirchi, P. and Hassari,C. 2011. The effects of alcohol sugars sucrose and aspartame on the properties of sponge cake. Journal of Food Research, 21: 155-165[In Persian]

[18] Yazdi, A. G., Hojjatoleslamy, M., Keramat, J. and Jahadi, M. 2010. Effect of sucrose substitution by sucralose-maltodextrin mixture on rheological properties and calorie of Iranian traditional cookie, Ghottab. Journal of Innovative Food Science and Technology, 1(2): 49-58. [In Persian].

[19] Celik, I., Yusuf, Y., Fatma, I. and Ozlem, U. 2006. Efect of soapwort extract on physical and sensory properties of sponge cakes and rheological properties of sponge cake batters. Journal of food chemistry, 101: 907-911.

[20] Bright, H J L., Potter, DA .2005. Relation of pH and acidity with brix in storage. Journal of Food Science.98: 1202-1212.

[21] Chitgar, S., Mansouripour, S. 2018. A Study of the Feasibility of Substituting Ketchup Sauce Sugar with Stevia & Maltitol. Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Technology. 13(4):107-116.

[22] Cadena, R S., Cruz, A G., Netto, R R., Castro. W F., Faria, JDAF. and Bolini HMA. 2013. Sensory profile and physicochemical characteristics of mango nectar sweetened with high intensity sweeteners throughout storage time. Food Research International 54(2): 1670–1679.

[23] Rodriguez Furla, n LT. and Campderro, ME. 2017. The combined effects of Stevia and sucralose as sugar substitute and inulin as fat mimetic on the physicochemical properties of sugar-free reduced-fat dairy dessert. International Journal of Gastronomy and Food Science 10: 16–23.

[24] Tanweer, S., Mehmood, T., Zainab, S., Shehzad , A. 2018. Physico -Chemical and Organoleptic Perspectives of Ginger Marmalade. Journal of Food Process Technology. 9: 752.

[25] Wasif, S., Khan, A., Alam, Z., Khan, M A., Shah, FN., Ali, M.2015. Quality evaluation and preparation of apple and olive fruit blended jam. Global Journal of Medicinal Research: International Journal of Nutrition and Food Science; 15:15-21.

[26] Kerdsup, P., and Naknean, P. 2013. Effect of sorbitol substitution on physical, chemical and sensory properties of low-sugar mango jam. Proceeding - Science and Engineering, 12–18.

[27] Darvishi, M., Hojjatoleslamy, M., Keramat, J. 2018. Production of reduced-calorie apple jam by sugar substitution with sucralose- maltodextrin sweetener and investigating its quality attributes. Jounal of Food Science and Technology.76 (15): 243-255.

[28] Sharei, S, Tadayoni, M., Aghajani, N.2018. Optimization of the low calorie and prebiotic carrot jam. Iranian Food Science and Technology.78 (15): 191-201[In Persian].

[29] Monju, M. B.2013. Studies on process in gof low calorie mango jam using Stevia as suger suppliment. Department of Food Technology and Rural Industries Bangladesh Agricultural University, Mymensingh.P1-73.

[30] Alizadeh, M., Azizi-Lalabadi, M., and Kheirouri, S. 2014. Impact of using stevia on physicochemical, sensory, rheology and glycemic index of soft ice cream. Food and Nutrition Sciences, 5: 390-396[In Persian].

[31] Nourmohammadi, A., Ahmadi, E., and Heshmati, A.2019. Texture properties of stevia based diet jam and formulations optimization by response surface methodology.12th National Congress of Mechanical Engineering, Bio systems and Mechanization of Iran [In Persian].

[32] Farzanmehr, H., Abasi, S .and Sahari, M.H.2008. Evaluate the effects of sugar substitutes on some physico-chemical properties, rheological and sensory milk chocolate. Journal of Nutrition Sciences and Food Technology, 3(3):65-82 [In Persian].

[33] Franck, A. 2002. Technological functionality of inulin and oligo fructose. British Journal of Nutrition, 87(2) S287–S291.

[34] Kim, CY. and Yoo ,B. 2018. Rheological characterization of thickened protein-based beverages under different food thickeners and setting times. Journal of Texture Studies.

[35] Ünal, B., Metin, S., and Işıklı, N. D. 2003. Use of response surface methodology to describe the combined effect of storage time, locust bean gum and dry matter of milk on the physical properties of low fat set yoghurt. International Dairy Journal, 13(11): 909-916.

[36] Karimi, R., Azizi, M H., Ghasemlou, M. and Vaziri M. 2015.Application of inulin in cheese as prebiotic, fat replacer and texturizer: A review. Carbohydrate Polymers.119:85–100.

[37] Homayouni Rad, A., Delshadian, Z., Arefhosseini, SR., Alipour, B. and Jafarabadi MA. 2012. Effect of inulin and steviaon some physical properties of chocolate milk. Health Promotion Perspectives 2(1): 42–47.

[38] Konar, N., Palabiyik, I., Toker, O S., Polat, D G., Kelleci, E., Pirouzian, H R. 2018. Conventional and sugar-free probiotic white chocolate: Effect of inulin DP on various quality properties and viability of probiotics. Journal of Functional Foods .43: 206–213.

[39] Basu, S., Shivhare, U.S., Singh, T. V. and Beniwal, V. S. 2011. Rheological, textural and spectral characteristics of sorbitol substituted mango jam. Journal of Food Engineering, 105: 503–512.

[40] Suutarinen, M. 2002. Effects of pre-freezing treatments on the structure of strawberries and jams, Ph.D. thesis, VTT, Helsinki University of Technology, Finland.

[41] Nishinari, K., Watase, M., Williams, P.A. & Phillips, G.O. 1990. k- Carrageenan gels: effect of sucrose, glucose, urea, and guanidine hydrochloride on the rheological and thermal properties. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 38 (5): 1188–1193.

[42] Zare, F., Boye, J., Orsat, V., Champagne, C. and Simpson B. 2011. Microbial, physical and sensory properties of yogurt supplemented with lentil flour. Food Research International, 44(8): 2482-2488.

[43] Keramat, J. 2008. Fundamentals of Food Chemistry. Isfahan university of Technology Publications, 189-390. [In Persian].

[44] Khattab, S N., Massoud, MI., Abd El-Razek, AM. and El-FahamA. 2017. Physico-chemical and sensory characteristics of steviolbioside synthesized from stevioside and its applica-tion in fruit drinks and food. Journal of Food Science and Technology 54(1): 185–195.

[45] Akhavan Tabatabaei, H. and Zandi, P. 2006. Evaluation of technological properties and use of inulin in the food industry. Sixteenth National Congress Food science.1-7[In Persian].

**Optimization and modeling of Persian yellow carrot jam formulation using stevia and inulin by RSM methodology**

**Sharei, S.1, Khademi Pour, N.2 Tadayoni, M.3**

1. Department of Food Science and Technology, Pardis of Science and Research of Khuzestan, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.
2. Department of Food Science and Technology, Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
3. Department of Food Science and Technology, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.

**Abstract**

The reduction of sugar consumption is one of the major challenges for nutritionists and food industry. Therefore, it is significant to replace sucrose with other types of sweeteners, especially, natural ones. The aim of the present study is to produce low-calorie, low sucrose Iranian yellow carrot jam and to optimize the formulation by employing response surface methodology. The three independent variables were stevia, as a low-calorie sugar replacer (0, 05 -0.3% w/w) and inulin as a prebiotic texturizer (2-5% w/w) in order to compensate sugar elimination defect on viscosity and Bx. The fitted models indicated a high coefficient of determination. The results revealed that inulin and sugar are as the independent variables which had significant effects on Bx, moisture, viscosity, and sensory scores (except taste), lightness (L\*) and redness (a\*) (p≤0.05). Also, pH, acidity and (b\*) were not affected by stevia, inulin and sugar concentration (p≤0.05). The optimization of the variables, based on the response surface, demonstrated that utilizing 5% w/w inulin and 0.23% w/w stevia and 49.3% sugar produced the optimum Persian yellow carrot jam with the desirability of 0.721 without undesirable changes in the physicochemical and organoleptic properties. According to nutrition value of Iranian yellow carrot, we could use it for producing functional food and improve its healthy benefits.

**Key Words:** Persian yellow carrot, optimizing the formulation, response surface methodology.

1. Asteraceae [↑](#footnote-ref-1)
2. Stevioside [↑](#footnote-ref-2)
3. Rebaudioside [↑](#footnote-ref-3)
4. Dulcoside A [↑](#footnote-ref-4)
5. Steviolbioside [↑](#footnote-ref-5)
6. Rubusoside [↑](#footnote-ref-6)
7. LDL [↑](#footnote-ref-7)
8. # Response Surface Methodology (RSM)

   [↑](#footnote-ref-8)
9. TTS [↑](#footnote-ref-9)
10. Overall acceptance [↑](#footnote-ref-10)
11. TTS [↑](#footnote-ref-11)
12. rebaudioside [↑](#footnote-ref-12)