تاثیر ترکیبات فرمولاسیون بر خصوصیات حسی بستنی کم چرب با استفاده از روش سطح پاسخ و به کارگیری روش آنالیز اجزای اصلی برای مدل سازی پذیرش کلی

علی الغونه[۱]، محبت محبی[۲*]، سعید میرعرب[۱]، دیاکو خدایی[۱]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی ، دانشگاه فردوسی
۲- دانشیار و عضو هیئت علمی گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی ، دانشگاه فردوسی
(تاریخ دریافت: ۹۲/۸/۲۸ تاریخ پذیرش: ۹٤/٤/٦)

چکیده

بستنی مخلوط منجمدی از ترکیب اجزای شیر، مواد شیرین کننده، پایدارکننده، امولسیون کننده و مواد مولد ایجاد کننده عطر و طعم می باشد. در این تحقیق تاثیر چربی در چهار سطح (۲/۵، ۵ ،۷/۵ و ۱۰ درصد) و شکر در سه سطح (۰، ۵۰ و۱۰۰درصد) و دو نوع هیدرو کلوئید (کربوکسی متیل سلولز و بالنگو) هر کدام در چهار سطح (۰/۱، ۰/۳ ، ۰/۵ ، ۰/۷ درصد) با استفاده از روش سطح پاسخ بر ویژگی‌های حسی بستنی بررسی گردید. به عنوان جایگزین شکر از شیره انگور استفاده گردید. خصوصیات حسی محصول با استفاده از آزمون حسی توصیفی، مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تغییر سطوح صمغ به طور معنی داری موجب تغییر ویسکوزیته بستنی شده و با افزایش غلظت آن، شنی بودن و سردی کاهش یافته است. همچنین افزودن شیره انگور به علت بالا بردن تنوع ایزومریک سیستم کلوئیدی، موجب کاهش شنی بودن گردید. سطح ۷/۵٪ از چربی تفاوت معنی داری را از نظر پذیرش کلی با سطح ۱۰٪ ایجاد نکرد. نتایج بدست آمده نشان دهنده قابلیت استفاده از صمغ بالنگو به عنوان یک پایدارکننده در بستنی می‌باشد. همچنین با استفاده از روش تجزیه به مولفه های اصلی پاسخ های آزمون حسی (به استثناء پذیرش کلی) مورد تحلیل قرار گرفت و سپس برازش به روی فاکتور پذیرش کلی صورت گرفته و ضریب تبیین ۹٦/۸٪ ایجاد گردید.

کلید واژگان: چربی، ویسکوزیته، بالنگو، CMC، تجزیه به مولفه های اصلی

* مسئول مکاتبات: mohebbatm@gmail.com

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-18]

۱- مقدمه

بستنی یکی از پیچیده ترین دسپرسیونی غذایی می باشد که در آن سلول های هوا درون فاز نیمه منجمد مایع پراکنده شده اند [۱] گلبول های چربی، پلی ساکاریدها، پروتئین ها و شکر تاثیر عمده ای بر خواص فیزیکو شیمیایی و حسی بستنی می‌گذارند. گلبول های چربی موجب بهبود احساس دهانی، عطر طعم و ویژگی های ظاهری در بستنی می باشند. همچنین چربی به ویژه بر ویژگی‌های بافتی، تاثیر گذار بوده و احساس چرب شدن در دهان موقع مصرف بستنی را ایجاد می کند [۲]. چربی نقش مهمی در ساختار بستنی طی زمان انجماد دارد از اینرو در قوام و مقاومت به ذوب آن نقش مهمی ایفا می کند، میزان چربی زیاد موجب عدم شکل پذیری و زبری بافت می شود [۳]. پایدار کننده‌ها بافت و نرمی بستنی را بهبود می بخشند و اغلب ادعا می‌شود که قادر به کاهش سرعت کریستالیزاسیون مجدد در حین نگهداری هستند. پایدار کننده-های هیدروکلوئیدی در بستنی سبب بهبود نرمی بافت، ایجاد یکنواختی محصول، مقاومت مطلوب به ذوب شدن و بهبود خواص حسی می‌شوند، اما مهمترین نقش آنها تصحیح بافت و ممانعت از فرایند انتقال جرم بر کریستال‌ها است [٤]. از آنجایی که اغلب پایدار کننده های تجاری، وارداتی می باشند ، بدین سبب بررسی امکان کاربرد ترکیبات هیدروکلوئیدی گیاهان بومی ایران ضروری می باشد. بالنگوی شیرازی، گیاهی دارویی از تیره نعنائیان است و به عنوان یک گیاه دارویی سنتی از اهمیت خاصی برخوردار است. دانه‌های این گیاه حاوی مقادیر زیادی موسیلاژ هستند که به طور سنتی در درمان نارسایی‌هایی همچون ناراحتی‌های عصبی، کبدی و کلیوی به کار می‌روند. دانه‌های بالنگو در محصولات مختلفی از قبیل نوشیدنی تخم شربتی و نان در ایران و ترکیه کاربرد دارند [٥]. این دانه‌ها در هنگام خیساندن در آب به سرعت آب جذب نموده و محلول چسبنده، کدر و بی مزه تولید می نمایند، که به علت تولید مقادیر بالای موسیلاژ می‌تواند به عنوان یک منبع جدید هیدروکلوئید در فرمولاسیون مواد غذایی به کار رود. صمغ دانه بالنگو بطور متوسط شامل ٦١/٧٤ درصد کربوهیدرات، ۰/۸۷ ٪ پروتئین، ۲۹/٦٦ ٪ فیبر خام و ۸/۳۳ ٪ خاکستر است [٥]. هیدروکلوئیدهای بسیاری در فرمولاسیون بستنی مورد استفاده قرار گرفته اند.استفاده از هیدروکلوئیدهایی مانند کارایا، کاراجینان، فورسلاران، آلژینات، ژلاتین، گوار، کتیرا، دانه خرنوب و نمک‌های آن، پکتین و کربوکسی متیل سلولز در بستنی مجاز است. در این میان کربوکسی متیل سلولز[1] (CMC) نقش مهمی را در ایجاد قوام بستنی ایفا می‌کند [۷،٦].

شیره انگور ماده‌ای است بسیار شیرین که از آب انگور به دست می‌آید و از نظر میزان مواد مغذی تا حدودی با انگور تازه برابری می‌کند. در مقایسه با انگور کالری فوق‌العاده بالایی دارد و مصرف مقدار اندک آن انرژی از دست رفته را جبران می‌کند، این شیره، رژیمی نیست و برای افراد چاق و دیابتی منع مصرف دارد. شیره انگور از امراضی مانند ترش کردن معده، سوء هاضمه، امراض جلدی، خونریزی معده و ایجاد سنگ کلیه و مثانه جلوگیری می‌کند و همچنین برای درمان التهاب معده و روده، کم‌خونی، زیادی اوره، زیادی چربی خون، امراض قلبی، بیماری نقرس و بیماری‌های پوستی مفید می‌باشد.[۸]

متدولوژی رویه ی پاسخ[2] (RSM) که برای نخستین بار توسط باکس و ویلسون در سال۱۹۵۱ معرفی شد، مجموعه ای از تکنیک‌های آماری و ریاضی است که در مورد فرایندهایی کاربرد دارد که چند متغیری بوده یا مکانیسم های دخیل در آن ها به خوبی مشخص نشده است و اطلاعات موجود در مورد سیستم بسیار کم بوده، یا همچنین بین متغیرها، برهم کنش وجود داشته و پاسخ غیر خطی باشد[۱۰،۹]. RSM بطور موفقیت آمیزی برای مدل سازی و بهینه سازی فرمولاسیون و فرایند تولید بستنی و سایر دسر های منجمد بکار رفته است. که شامل بررسی اثر شکر و چربی در پذیرش کلی بستنی[۱۱]؛ بهینه سازی فرمولاسیون بستنی نرم[۱۲] ؛ مدل سازی اثر شرایط فریزر به روی سفتی بستنی [۱۳].

تجزیه به مولفه های اصلی(PCA) [3] یک روش اختیاری چند متغیری است. روش PCA یک ابزار مناسب جهت ارزیابی داده‌ها به شمار می رود. آنالیز اجزای اصلی می تواند هم چنین برای پیدا کردن سیگنال‌ها در اطلاعات نویزدار به کار رود. محققان زیادی از این روش برای ارزیابی داده ها حسی استفاده کردند [٥،١٤،١١]. در حقیقت، این روش برای حذف همبستگی در بین تعداد زیادی متغیر می باشد. در واقع این تبدیل بهینه باعث کاهش بعد یا به عبارتی فشرده سازی شده، خطای میانگین مربعات حاصل از فشرده سازی را کمینه می-کند.هدف از این تحقیق عبارتند از ۱- بررسی اثر تیمارهای فوق بر ویژگی‌های حسی و بافتی بستنی با استفاده از روش سطح پاسخ. ۲- بهینه سازی چند فاکتوره فرمولاسیون بر مبناء

1. Carboxymethyl cellulose
2. Response surface method
3. Principal component analysis

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-18]

امتیازات آزمون حسی.۳- بررسی امکان استفاده از هیدروکلویید بالنگو به عنوان یک پایدار کننده.٤- بررسی استفاده از شیره انگور به عنوان جایگزین شکر.۵- استفاده از روش تجزیه به مولفه های اصلی برای مدل سازی پذیرش کلی

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

شیر استریلیزه و هموژنیزه (۳درصد چربی) خامه پاستوریزه و هموژنیزه۳۰ (درصد چربی)، شیر خشک بدون چربی از شرکت پگاه خراسان، شکر و وانیل و شیره انگور از فروشگاه های محلی و هیدروکلوئید CMC از شرکت سیگما تهیه شد. هیدروکلوئید بالنگو شیرازی به روش محمدامینی[۵] استخراج شد. فرمولاسیون نمونه های مختلف بستنی در جدول ۱ نشان داده شده است.

۲-۲- روش آزمایش

پس از تنظیم نسبت ترکیبات در فرمولاسیون نمونه‌های مختلف بستنی، میزان مواد اولیه هر فرمول توزین شد. سپس شیر، خامه و شیره انگور مخلوط گردید و حرارت داده شد. پس از رسیدن به دمای ۵۰ درجه سانتی گراد اجزای جامد به آن اضافه و مخلوط گردید و در دمای ۸۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲۵ ثانیه پاستوریزه شد، پس از اتمام این مرحله مخلوط فوراً به حمام آب و یخ انتقال داده شد تا به دمای ٤ درجه سانتی گراد برسد. سپس مخلوط به مدت ۱۸ ساعت جهت رسانیدن به یخچال انتقال داده شد. پس از مرحله رسانیدن مخلوط در یک دستگاه بستنی ساز خانگی مرحله انجماد را سپری کرد و سرانجام نمونه ها جهت مرحله سفت شدن به مدت ٢٤ ساعت به فریزر ۱۸- انتقال داده شدند.

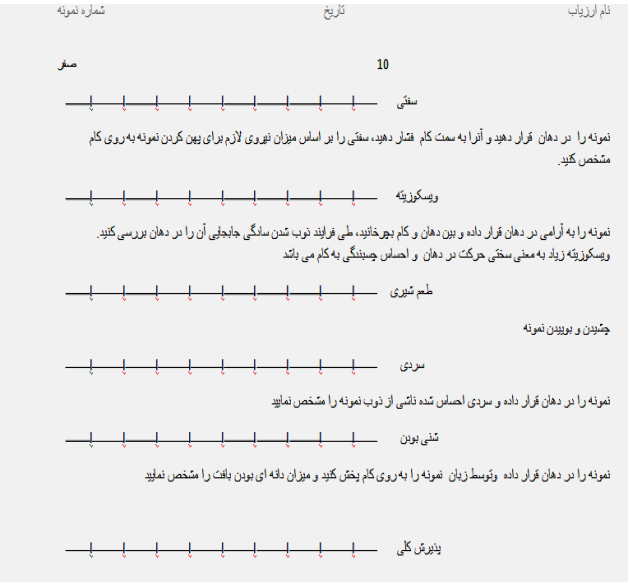
جدول ۱ مقادیر ترکیبات تشکیل دهنده بستنی

	خامه	شیر	شکر	شیره انگور	صمغ	امولسیفایر	وانیل	شیرخشک بدون چربی	نوع صمغ	درصد چربی
۱	۱/٤	۷٦/۷	۰	۱۸	۰/۷	۰/۱	۰/۱	۳	CMC	۲/۵
۲	۲۰/۲۵	۵۷/۸۵	۹	۹	/۷	۰/۱	۰/۱	۳	بالنگو	۱۰
۳	۱/٤	۷۷/۱	۹	۹	۰/۳	۰/۱	۰/۱	۳	CMC	۲/۵
٤	۲۰/۳۵	۵۸/۱۵	۹	۹	۰/۳	۰/۱	۰/۱	۳	CMC	۱۰
۵	۵/۸۳	۷۲/۸۷	۱۸	۰	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۳	CMC	۵
٦	۲۰/۳	۵۸	۰	۱۸	۰/۵	۰/۱	۰/۱	۳	بالنگو	۱۰
۷	۲۰/٤	۵۸/۳	۰	۱۸	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۳	بالنگو	۱۰
۸	۱/٤	۷٦/۷	۱۸	۰	۰/۷	۰/۱	۰/۱	۳	CMC	۲/۵
۹	۱۳/۱۱	٦۵/۵۹	۹	۹	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۳	CMC	۷/۵
۱۰	۱۳/۱۱	٦۵/۵۹	۹	۹	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۳	بالنگو	۷/۵
۱۱	۱۳	٦۵/۱	۰	۱۸	۰/۷	۰/۱	۰/۱	۳	CMC	۷/۵
۱۲	۵/۸	۷۲/۵	۱۸	۰	۰/۵	۰/۱	۰/۱	۳	بالنگو	۵
۱۳	۱۳/۱	٦۵/٤	۰	۱۸	۰/۳	۰/۱	۰/۱	۳	CMC	۷/۵
۱٤	۱/٤	۷۷/۱	۹	۹	۰/۳	۰/۱	۰/۱	۳	CMC	۲/۵
۱۵	۵/۷۸	۷۲/۳۲	۹	۹	۰/۷	۰/۱	۰/۱	۳	CMC	۵
۱٦	۲۰/۲۵	۵۷/۸۵	۱۸	۰	۰/۷	۰/۱	۰/۱	۳	CMC	۱۰
۱۷	۲۰/۳۵	۵۸/۱۵	۹	۹	۰/۳	۰/۱	۰/۱	۳	CMC	۱۰
۱۸	۱/٤	۷٦/۹	۱۸	۰	۰/۵	۰/۱	۰/۱	۳	بالنگو	۲/۵
۱۹	۵/۸۳	۷۲/۸۷	۱۸	۰	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۳	بالنگو	۵
۲۰	۵/۸۳	۷۲/۸۷	۱۸	۰	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۳	CMC	۵
۲۱	۵/۷۸	۷۲/۳۲	۰	۱۸	۰/۷	۰/۱	۰/۱	۳	بالنگو	۵
۲۲	۲۰/٤	۵۸/۳	۰	۱۸	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۳	CMC	۱۰
۲۳	۱/٤	۷۷/۳	۰	۱۸	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۳	CMC	۲/۵
۲٤	۵/۷۸	۷۲/۳۲	۰	۱۸	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۳	CMC	۱۰

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-18]

۲-۳- ارزیابی حسی

ارزیابی حسی از نمونه های نگهداری شده در دمای ۱۸- درجه سانتی گراد بعد از یک روز در گروه علوم صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. داوران چشایی (۲۳ تا ۲۷ سال) از میان دانشجویان رشته علوم صنایع غذایی انتخاب گردید. پس از دوره آموزش مقدماتی هر کدام از صفات مورد بررسی در این پژوهش با توجه به تعاریف ارائه شده[۱۶] به وسیله داوران مورد ارزیابی قرار گرفت. نمونه ها به صورت تصادفی کد گذاری شد. در این آزمون هر کدام از داور ها به صفت مورد بررسی در یک مقیاس خطی به طول ۱۰ سانتی متر از صفر تا ۱۰ امتیاز دادند.



شکل ۱ پرسشنامه ارزیابی ویژگی های حسی بستنی

۲-٤- طرح آزمایشی

به منظور مطالعه فرمولاسیون، اثر شکر در سه سطح (۰، ۵۰ و ۱۰۰ درصد) و اثر چربی در چهار سطح (۲/۵، ۵، ۷/۵ و۱۰درصد) و دو نوع هیدروکلوئید (بالنگو و CMC) هر کدام در چهار سطح (۰/۱، ۰/۳، ۰/۵، ۰/۷ درصد) با استفاده از طرح آزمایشی D-optimal مورد بررسی قرار گرفت. در این طرح آماری ماتریسی از نقاط مورد آزمایش ایجاد می گردد که بیشترین میزان تعامد را بین ستون و سطر ها دارا می باشد، بدین ترتیب بیشترین اطلاعات ممکن از فضای آزمایشی قابل دسترس است.

۲-۵- طرح آماری

آنالیز آماری نمونه ها با استفاده از روش سطح پاسخ و با استفاده از نرم افزار Design expert (نسخه ۸/۰/۷/۱) انجام پذیرفت. در این پژوهش از بسط تیلور درجه دوم (معادله ۲-۵) مدل بر همکنش ۲ فاکتوره برای برازش پاسخ های به ترتیب سردی، شنی بودن، ویسکوزیته، سفتی، طعم، پذیرش کلی بر متغییر های مستقل ذکره شده استفاده گردید. ضرایب مدل رگرسیونی به ترتیب برابر با β_0 عرض از مبداء ، βi ضرایب جملات درجه اول مدل ، βii ضرایب جملات درجه دوم مدل، βij ضرایب مربوط به جملات اثر متقابل می-باشد.

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^{n} \beta i\, xi + \sum_{i=1}^{n} \beta ii\, xi2 + \sum\sum_{i<j} \beta ij\, xixj$$

۲-۵-۱ بهینه سازی فرمولاسیون

بهبود کارایی سیستم ها و افزایش راندمان فرایندها بدون افزایش هزینه دارای اهمیت بسیاری می باشد. روش به کار رفته بدین منظور، بهینه سازی نامیده می شود. بهینه سازی کلاسیک به صورت تک متغییره صورت می گیرد[۵]. در این روش اثرات برهمکنش بین متغییرها نادیده گرفته می شود. به منظور غلبه بر این مشکل بهینه سازی تک متغیره ، در این پژوهش از متدولوژی رویه ی پاسخ (RSM) که بهینه سازی همزمان چندین متغییره می باشد بهره گرفته شده است.

۲-۵-۲- روش تجزیه به مولفه های اصلی برای مدل سازی پذیرش کلی

یکی از اهداف این تحقیق مدل سازی پذیرش کلی با استفاده از پارامترهای اندازه گیری شده در آزمون ارزیابی حسی می‌باشد، از آنجا که در مدل های رگرسیونی با افزایش تعداد متغیرها از اعتبار مدل کاسته می شود لذا در این پژوهش از روش تجزیه به مولفه های اصلی به عنوان یک پیش فیلتر استفاده گردید و سپس از جزءهای که بیشترین واریانس داده‌ها را در بر داشت، برای مدل سازی رگرسیونی پذیرش کلی استفاده گردید.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-18]

۳- بحث و نتیجه گیری

۳-۱- برازش مدل

در این تحقیق از بسط تیلور درجه دوم و مدل بر همکنش ۲ فاکتوره [4] جهت مدل سازی داده های حاصل از ارزیابی حسی استفاده شد. پاسخ های مورد بررسی عبارتند از: سردی، شنی بودن بافت، سفتی بافت، ویسکوزیته،طعم ، پذیرش کلی، آنالیز رگرسیون و همچنین جدول ANOVA برای برازش مدل و تعیین معنی داری شرایط آماری، مورد استفاده قرار گرفت. ضرایب مدل رگرسیونی، میزان R^2 و آزمون ضعف برازش برای متغییرهای وابسته در جدول ۲ آورده شده است. ضریب تبیین[5] (R^2) عبارت است از مجموع مربعات تشریح شده به مجموع مربعات کل، که معیار مناسبی برای برازش مدل می‌باشد. مقدار R^2 بین صفر و یک متغیر بوده و هر چقدر این شاخص به یک نزدیک تر باشد نشان دهنده مناسب بودن مدل برای برآورده داده ها می باشد[۱۷]. میزان R^2 برای سردی، شنی بودن، سفتی بافت، ویسکوزیته، طعم، و پذیرش کلی به ترتیب برابر با ۰/۹۳۳۷، ۰/۸۹۲۳، ۰/۸۱۶۳، ۰/۸۹۲۵، ۰/۹۳۹۹، ۰/۸۸۸۱ به دست آمد. آزمون ضعف برازش نشانه ای از ضعف مدل برای محاسبه خطای تصادفی در نقاط آزمایش می باشد. اگر این آزمون معنی دار بشود نشانه ضعیف بودن مدل برای پیش بینی پاسخ های مربوط می باشد[۱۷]. آزمون ضعف برازش به روی مدل‌های برازش شده انجام گردید و در هیچ یک از موارد معنی دار بودن آزمون فوق تایید نشد.

۱- سردی

تاثیر متغییرهای مستقل بر سردی در شکل ۲ الف و ب نشان داده شده است. همان طور که از نمودار پاسخ مشاهده می شود، فاکتور مذکور به صورت معنی داری با تغییرات سطوح میزان چربی و همچنین صمغ تغییر یافته است. دلیل چنین پدیده‌ای را می‌توان تاثیر این دو عامل بر ضریب هدایت حرارتی محصول دانست. به طور مثال ضریب هدایت حرارتی چربی ($W/(M.K)^9$ ۰/۱۸) می باشد که در مقابل سایر بیو پلی مرها و آب ضریب هدایت حرارتی پایین محسوب می‌شود. در نتیجه می توان چنین استدلال کرد که چربی به دلیل تاثیر عایقی که دارد موجب کاهش فاکتور سردی شده است. آیم و همکاران [۱۸] تاثیر معنی دار درصد چربی را بر شدت سردی بستنی کم چرب گزارش نمودند. همچنین در مورد تاثیر صمغ می توان این گونه نتیجه گیری کرد که ، افزایش غلظت یک بیو پلی مر که توانایی تشکیل شبکه و گیر انداختن آب را در سیستم دیسپرسیونی ماده غذایی دارد، موجب کاهش میزان آب آزاد گردیده و این عامل باعث کم شدن میزان کریستال های یخ می شود. از آنجا که یخ دارای ضریب هدایت حرارتی ($W/(M.K)^9$ ۲/۳) می باشد و نقش مهمی در انتقال حرارت هدایتی در ماده غذایی دارد، کاهش آن موجب کم شدن میزان سردی شده است.

۲- شنی بودن بافت

تاثیر متغییر های مستقل (صمغ، شکر) بر میزان شنی بودن بافت در شکل ۳ نشان داده شده است. همان طور که از نمودار پاسخ مشاهده می‌شود، میزان شنی بودن بافت تحت تاثیر تغییر سطوح صمغ و شکر به صورت معنی داری تغییر می‌کند. شنی بودن بافت به میزان زیادی تابع کریستالیزاسیون قند لاکتوز می باشد، این قند دارای دو فرم آنومریک آلفا و بتا می باشد که فرم آلفا حلالیت کمی دارد و در اثر فرایند تغلیظ مانند انجماد به سرعت به صورت کریستال های درشت آلفا مونو هیدراته تبدیل می شود، و این امر عامل اصلی شنی شدن بافت[6] در بستنی می باشد[۱۹].

اثر صمغ بر میزان شنی بودن را می توان این گونه تفسیر کرد که با افزایش غلظت صمغ ویسکوزیته دیسپرسیون افزایش یافته، فرایند انتقال جرم به روی هسته‌های کریستال جلوگیری شده است.

4. Tow factor interaction
5. determination coefficient
6. Sandiness

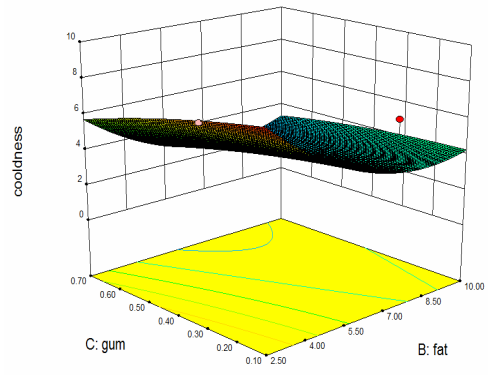
[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-18]

جدول ۲ ضرایب رگرسیونی مدل برازش شده (صمغ CMC)

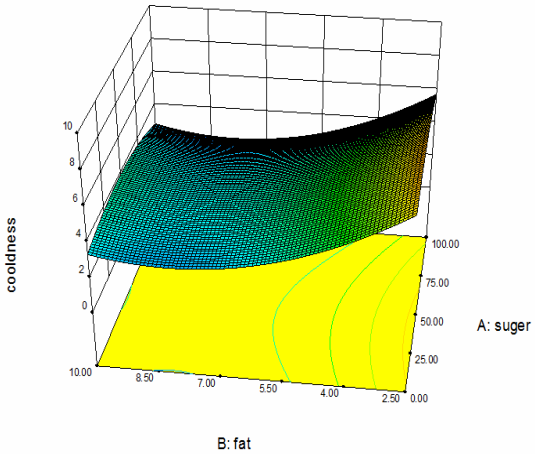
	سردی	شنی بودن	سفتی بافت	ویسکوزیته	طعم	پذیرش کلی
شکر(A)	۰/۰۲۵۶	۰/۰۳۸۶	−۰/۰۱۰٤	۰/۰۱۷۰۲	−۰/۰۰۹۵	−۰/۰۲۳٤۸
چربی(B)	−۲/۱۵۸۳	−۰/۲۱۸۱	−۲/۱۲٤۳	۰/۱٦۵۹	۲/٦۸۳٤	۱/۸۳٤۵
صمغ(C)	−۲/٦۵٦۱	−۹/۱۱۰۳	٤/۹۵٦۰	۱۰/۸۵۱۲	۵/۸۷٤٦	۱۳/۱۲٤۹۹
چربی* (A)شکر(B)	۰/۰۰۰۸	−۰/۰۰۰۰۰٦	−۰/۰۰۱۱	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۰٦
صمغ * (A)شکر(C)	−۰/۰۱۰۹	۰/۰۱٤۵۰۷	۰/۰۲۳٤	۰/۰۲۵۲	۰/۰۱۷۵	−۰/۰۰۰۷
چربی *(C) صمغ(B)	۰/۳٤۵۹	۰/۳۳٤۵٦	−۰/۳۱۲۷	۰/۵۵٤٦	−۰/۳٦۷٤	۰/۱۰۰٦
شکر (A^2)	−۰/۰۰۰۳	-	۰/۰۰۰٤	–	−۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۰۰۲
چربی B^2	۰/۱۲٤۲	–	−۵/٦۳۷	–	−۰/۱۷۰۰۸	۰/۱۱۹۳
صمغ (C^2) ۲	−۲/۳۱۱۸	–	۱/۰٤۳	–	−٦/۰۳۲۳	−۱۳/۳۵٦۳
مقدار ثابت	۱۲/٦۱٤۲۵	۸/٤٤٤٦	۳/۳۰۷۹	۰/۲٤٦۱	−۲/۱۹۳۷	۲/۰۷۸۳

ادامه جدول ۲ ضرایب رگرسیونی مدل برازش شده (صمغ بالنگو)

شکر(A)	۰/۰۲۹۷	۰/۰٤۰۷	۰/۰۰۹۸	۰/۰۰٤٦	−۰/۰۰۷۵	۰/۰۳۱۷
چربی(B)	−۲/۳۵۳۰	−۰/۲٤۷۳	۰/۱۷٦٦	۰/٤۲۷۳	۲/٦۹۲۷	۱/٦٤۱٤
صمغ(C)	−۲/۱۱٦۹	−۷/۳۱۰۸	۵/۱۸۵۹	۸/٤۸۰٦	۸/۷۹۸٦	۱۵/۲۷۵۷
چربی* (A)شکر(B)	−۰/۰۰۰۸	−۰/۰۰۰۰٦	−۰/۰۰۱۱	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۰٦
صمغ * (A)شکر(C)	−۰/۰۱۰۹	۰/۰۱٤۵	۰/۰۲۳۳	−۰/۰۲۵۲	۰/۰۱۷۵	۰/۰۰۷٤
چربی *(C) صمغ(B)	۰/۳٤۵۹	۰/۳۳٦٤	−۰/۳۱۲۷	−۰/۵۵٤٦	−۰/۳٦۷٦	۰/۱۰۰٦
شکر (A^2)	−۰/۰۰۰۳	–	۰/۰۰۰٤	–	−۰/۰۰۰۰۵٤	۰/۰۰۰۲
چربی B^2	۰/۱۲٤۲	–	−۵/٦۳۷	–	−۰/۱۷۰۰۸	۰/۱۱۹۳
صمغ (C^2) ۲	−۲/۳۱۱۸	–	۱/۰٤۳	–	−٦/۰۳۲٤	−۱۳/۳۵٦۳
مقدار ثابت	۱۳/۲۷۱٦	٦/۸۳٤٦	۱/۳۳۰۰	۰/۱۸۵۳	−۳/۳۹۸۲	−۱/٤۳۷۳
R^2	۰/۹۳۳۷	۰/۸۹۲۳	۰/۸۱٦۳	۰/۸۹۲۵	۰/۹۳۹۹	۰/۸۸۸۱
Lack of fit	۰/۵۱۷۷	۰/٦٤۳۸	۰/۹۰۹۲	۰/۹۰۰۰	۰/۱۰۷۸	۰/۱۲۹۱



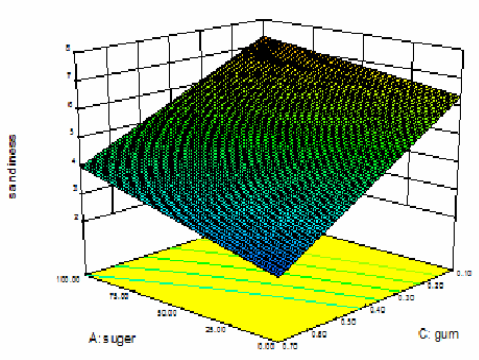
نمودار ۲ (الف) اثر صمغ و چربی به روی سردی نمونه در میزان ثابت ۵۰٪ شکر و نوع صمغ CMC



نمودار ۲ CMC (ب) اثر چربی و شکر به روی سردی نمونه در میزان صمغ ۰/٤ درصد و نوع صمغ CMC

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-18]

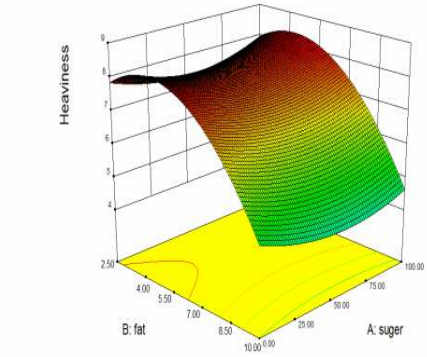
همچنین در مورد تاثیر سطوح شکر بر روی میزان شنی شدن بافت بستنی می‌توان به این نکته اشاره کرد که قند ساکاروز خاصیت احیا کنندگی نداشته به همین دلیل در زمان حل شدن فاقد پدیده موتاریتاسیون می باشد، بنابراین در زمان استفاده از این قند در فرمولاسیون بستنی تنوع ایزومریک محلول قندی پایین است که این امر به رشد کریستال ها کمک می کند، اما زمانی که از قند های احیا کننده مثل فروکتوز (شیره انگور) در فرمولاسیون استفاده شده است ، به دلیل افزایش تنوع ایزومریک محلول از شدت کریستالیزاسیون لاکتوز کاسته شده است. البته نیکرسون و همکاران [۲۰] تاثیر جایگزین نمودن ۵۰ درصد شربت ذرت را بر میزان شنی بودن بافت غیر معنی دار گزارش کردند. لازم به یاد آوری می باشد که قند شربت ذرت گلوکز است، این قند فاقد موتارتاسون پیچیده می باشدو در هنگام حل شدن در محلول تنوع ایزومریکی پایین تری ایجاد می کند.

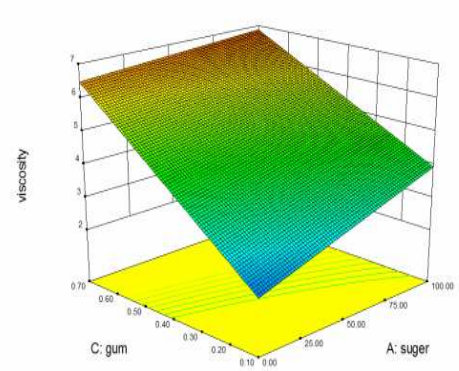


نمودار ۳ اثر صمغ و شکر به روی شنی بودن بافت نمونه در میزان ثابت ٦/٢٥ ٪ چربی و نوع صمغ CMC

۳- ویسکوزیته و سفتی

ویسکوزیته در حالتی که بخشی از بستنی ذوب شده باشد، فاکتور مهمی است، زیرا چگونگی مخلوط شدن در دهان را تحت تاثیر قرار می‌دهد[١٦]. با انجام آنالیز واریانس مشخص شد که میزان صمغ و چربی بیشترین اثر را بر ویسکوزیته و سفتی داشته است. تاثیر صمغ و چربی به روی ویسکوزیته و سفتی در شکل شماره ٤ الف و ب نشان داده شده است، همان طور که مشاهده می شود، صمغ تاثیر عمده‌ای بر میزان ویسکوزیته داشته است، به طوری که با افزایش میزان صمغ، پاسخ مذکور افزایش یافته و معنی دار بودن اثرات خطی (P=.0001) برای ویسکوزیته، موید این مطلب می‌باشد. تاثیر صمغ بر ویسکوزیته را می‌توان چنین تفسیر کرد که افزایش غلظت بیو پلی مر موجب توسعه یافتن شبکه در دیسپرسیون غذایی می شود که این امر سبب افزایش خصوصیات توانایی جذب آب[7] در سیستم مذکور گردیده است. همچنین با افزایش ویسکوزیته میزان سفتی بافت افزایش یافت، به این علت که سفتی بستنی ناشی از عدم اوروان کافی می‌باشد. این پدیده را این گونه می توان تفسیر کرد که با افزایش ویسکوزیته امکان ورود هوا به دیسپرسون نبوده و این امر موجب سنگین شدن و مرطوب شدن بافت می‌شود. اثر چربی بر میزان سفتی را می توان این گونه توضیح داد که افزایش درصد چربی موجب کاهش میزان ویسکوزیته می شود که این امر خود به ورود هوا به داخل سیستم کمک می‌کند. آکین و همکاران [۲۱] تاثیر چربی بر کاهش میزان سفتی و ویسکوزیته را گزارش کرده اند. لازم به یادآوری می‌باشد که چربی می‌تواند با اتصال به مولکول های کازیین شیر موجب جلوگیری از پیوند بین مولکول های کازیین شود که این عمل مانع از تولید بافت سخت در سیستم گردد[۲۲]





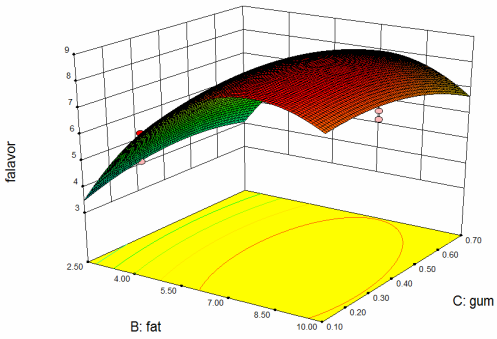
نمودار ٤ الف- اثر صمغ و شکر به روی میزان ویسکوزیته بافت نمونه در میزان ثابت ٦/٢٥ ٪ چربی و نوع صمغ CMC
ب- اثر چربی و شکر به روی میزان سفتی بافت نمونه در میزان ثابت ٠/٤٪ صمغ و نوع صمغ CMC

7. Water holding capacity

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-18]

٤- طعم

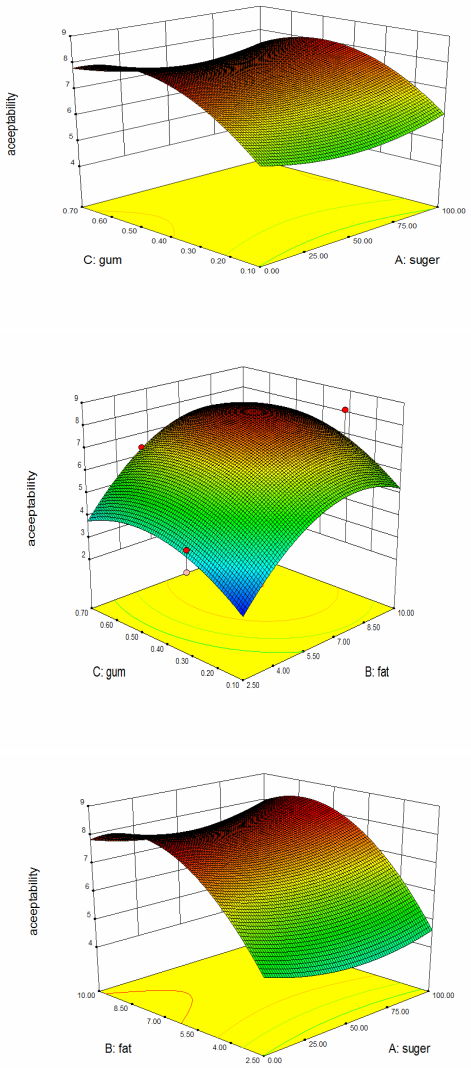
با انجام آنالیز واریانس مشخص شد که میزان چربی بیشترین اثر را روی طعم داشت. تاثیر صمغ و چربی به روی طعم در شکل شماره ٥ نشان داده شده است، همان طور که مشاهده می شود، چربی تاثیر عمده‌ای بر میزان طعم بستنی داشت. به طوری که با افزایش میزان چربی طعم افزایش یافته است، معنی دار بودن اثرات خطی ($P < .0001$) و درجه دوم ($P < .0001$) نشان دهنده این مطلب می باشد. همچنین گیونارد و همکاران [١١]معنی دار بودن اثر چربی در سطح ($P = .001$) بر طعم گزارش نمودند. قابل ذکر است که افزایش سطح چربی از میزان ٧/٥٪ تا ١٠٪ تاثیر چندانی به روی تغییرات طعم نداشته و این موضوع نشان دهنده، کاهش میزان کالری بستنی با حفظ ویژگی های طعمی آن می‌باشد.



نمودار ٥ اثر صمغ و چربی به روی میزان طعم نمونه در میزان ثابت ٥٠ ٪ شکر و نوع صمغ CMC

٥ – پذیرش کلی

نتایج داوری حسی نمونه های حاوی کربوکسی متیل سلولز و بالنگو شیرازی هیچ تفاوت معنی دار آماری در پذیرش مصرف کنندگان نداشت، همان طور که از نمودار های شکل ٦ الف تا ج مشاهده می شود افزایش میزان چربی و صمغ به طور معنی داری باعث تغییر در پذیرش کلی شده اند. به طور که با افزایش تیمار های مذکور پذیرش کلی افزایش یافته است، معنی دار بودن اثرات خطی ($P<.01$) و غیر خطی($P<.01$) چربی و همچنین معنی دار بودن اثرات خطی ($P<.01$) و غیر خطی($P<.05$) صمغ به روی میزان پذیرش کلی گواه این مطلب می باشد. همچنین قابل توجه است که پذیرش کلی با افزایش سطح چربی از میزان ٧/٥٪ تا ١٠٪ تغییر معنی داری نداشته و همچنین با توجه به شکل ٣-١-٥- ج می توان دریافت که سطح چربی ٧/٥٪ در حضور بیشتر از ٥/.٪ صمغ در ناحیه بیشترین میزان پذیرش کلی قرار گرفته است. که این موضوع نشان دهنده موفقیت آمیز بودن کاهش میزان سطح چربی و در کنار حفظ پذیرش کلی محصول می باشد.



نمودار ٦ الف اثر صمغ و شکر به روی میزان پذیرش کلی نمونه در میزان ثابت ٦/٢٥٪ چربی و نوع صمغ CMC ب اثرچربیو شکر به روی میزان پذیرش کلی نمونه در میزان ثابت ٤/. ٪ صمغ و نوع صمغ CMC ج اثر صمغ و چربی به روی میزان پذیرش کلی نمونه در میزان ثابت ٥٠٪ شکر و نوع صمغ CMC

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-18]

۳-۲- بهینه سازی

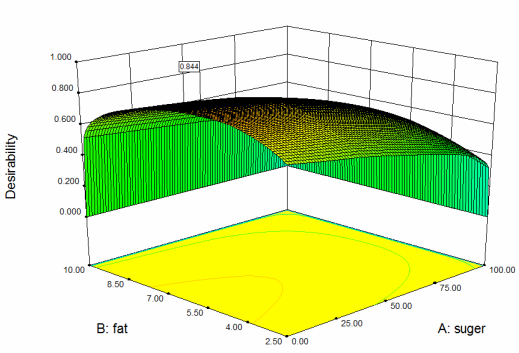
بهینه سازی فرمولاسیون با استفاده از فاکتورهای درصد چربی، میزان صمغ، درصد شکر، نوع صمغ بر روی پارامترهای سردی، شنی بودن، ویسکوزیته، سفتی، طعم، پذیرش کلی با استفاده از بهینه یابی عددی نرم افزار Design expert تعیین شد. شرایط بهینه سازی در جدول ۳ نشان داده شده است.

قابل ذکر است که طبق جستجو منابع انجام شده هنوز مقدار مشخص و قطعی مبنی بر مناسب بودن ویسکوزیته و سفتی در بستنی گزارش نشده است، بدین علت در بهینه سازی عدد تعیین شده برای ویسکوزیته و سفتی بر مبنای بیشترین تاثیر بر پذیرش کلی بوده است.

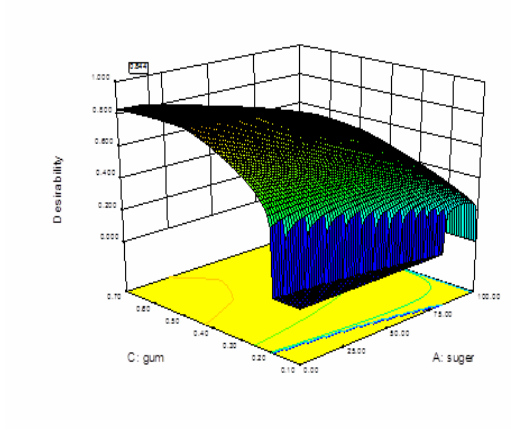
جدول ۳ شرایط بهینه سازی

متغییر ها	هدف	حد پایین	حد بالا
شکر	حداقل	۰	۱۰۰
میزان صمغ	در محدوده	۰/۱	۰/۷
درصد چربی	حداقل	٪۲/۵	٪۱۰
سردی	حداقل	۱/۸	۸/٤
شنی بودن	حداقل	۱/۷	۸/۲۵
ویسکوزیته	۵	۳/۵	۷/۷۵
سفتی	۵	۲	۷/۵
طعم	حداکثر	۱/۷۵	۸/۵
پذیرش کلی	حداکثر	۲/۲۵	۸/۲۵

با توجه به شرایط فوق فرمولاسیون بهینه عبارت بود از : غلظت چربی ۵/۳۵٪ ، غلظت صمغ بالنگو ۰/۵۸٪ میزان شیره انگور ۱۸٪ همچنین در شکل ۷ الف و ب، نمودار پاسخ تابع مطلوبیت در چند مورد ترسیم شده است. با توجه به نمودار پاسخ، میزان چربی و صمغ تاثیر ویژه‌ای را بر روی تابع مطلوبیت داشته اند.



نمودار۷ الف اثرچربی و شکر به روی میزان مطلوبیت نمونه در میزان ثابت ۰/۵۸ ٪ صمغ و نوع صمغ بالنگو



نمودار۷ ب اثر صمغ و شکر به روی میزان مطلوبیت نمونه در میزان ثابت ۵/۳۵ ٪ چربی و نوع صمغ بالنگو

۳-۳- آنالیز پارامتر های حسی- توصیفی و یافتن عامل های اصلی

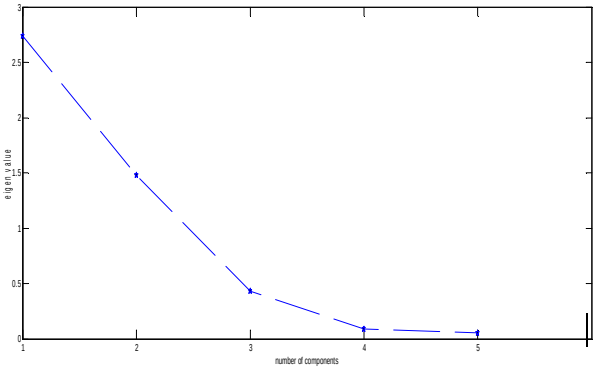
همانگونه که جدول ٤ نشان می دهد، اولین مولفه اصلی ٥٤/٧١٥ ٪ کل واریانس داده‌ها را می سازد، و همچنین به ترتیب درصد واریانس دومین و سومین مولفه اصلی ۲۹/۵۳۹ ٪ و ۹/۵۹۷٪ می‌باشد. به نظر می رسد که سه جز اصلی اول با در برداشتن ۹۳/۸۵۱٪ از کل واریانس داده‌ها قادرند به طور کلی اختلاف داده‌ها را نشان دهند. همچنین با توجه به نمودار ۸ شیب خط در مورد سه مولفه اصلی بیشتر بوده و در واقع راه دیگری برای پیدا کردن مولفه های اصلی در روش PCA توجه به شیب خط نمودار پراکنش مقادیر ویژه می باشد ، درمرحله بعد با استفاده از مولفه های استخراج شده از روش PCA مدل سازی پذیرش کلی صورت گرفته است. مدل

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-18]

مذکور دارای ضریب تبیین ۹۶/۸٪ می‌باشد. ضرایب مدل رگرسیونی مذکور در جدول ۵ آورده شده است

جدول ٤ نتایج روش تجزیه به مولفه های اصلی

مدل	ضریب
ثابت	٦/۰۰۳۹٦
عامل اصلی اول	۱/۲۰۲۰۷
عامل اصلی دوم	۰/۰۵۱۳۹
عامل اصلی سوم	۰/٦۵۳۷۵
ضریب تبین	٪۹٦



نمودار ۸ سهم مقادیر ویژه در مولفه های اصلی

جدول ۵ ضرایب مدل رگرسیونی پذیرش کلی

جزء	درصد واریانس	درصد تجمعی
۱	٥٤/۷۱٥	٥٤/۷۱٥
۲	۲۹/٥۳۹	۸٤/۲٥٤
۳	۹/٥۹۷	۹۳/۸٥۱
٤	٤/۰٤	۹۷/۸۹۱
٥	۲/۱۰۹	۱۰۰

٤- نتیجه گیری

نتایج نشان داد تمام متغیر های فرایند به غیر از نوع صمغ، تاثیر معنی دار بر پذیرش کلی داشته اند. مدل سازی فاکتورهای آزمون حسی به وسیله بسط تیلور درجه دوم و مدل بر همکنش ۲ صورت پذیرفت و در تمامی موارد برازش مذکور رضایت بخش بوده است. جایگزین کردن شیره انگور به دلیل افزایش تنوع ایزومریک قند های سیستم کلوییدی بستنی، شنی شدن را کاهش و همچنین تاثیر مثبتی روی طعم داشت. غلظت ۷/۵٪ از چربی تفاوت معنی داری از نظر پذیرش کلی با سطح ۱۰٪ (غلظت ثابت ۰/٤ ٪ صمغ) ایجاد نکرد. فرمولاسیون بهینه با توجه به حداقل رساندن درصد چربی، شکر، سردی، شنی بودن و همچنین حداکثر کردن میزان طعم و پذیرش از نظر غلظت چربی ۵/۳۵٪ ، غلظت صمغ بالنگو ۰/۵۸٪، میزان شیره انگور ۱۸٪ به دست آمد. همچنین با استفاده از خروجی های روش تجزیه به مولفه های اصلی فاکتور پذیرش کلی مدل سازی گردید.

٥- منابع

[1] Parvar,M. , Therani, M, 2011 , Application and function stabilizer in ice cream. Food reviews international.2011, 27,389-407

[2] Dogan, M.; Kayacier, A. 2007,The effect of ageing at low temperature on the rheological properties of kahramanmaras-type ice cream mix. International Journal of Food Properties., *10* (1), 19–24.

[3] Walstra P, Geurts TJ, Noomen A, Jellema A, Nan Boekel MAJS (1999). Dairy technology principles of milk properties and processes. Marcel. Dekker, Inc. New York.

[4] 4-C. Vega, H.D. Goff. 2004, Phase separation in soft-serve ice cream mixes: rheology and microstructure, *International Dairy Journal*, 15, 249–254.

[5] Mohammad Amini, A. and Hadad Khodaparast, M. H., 2007. Modeling and optimization of mucilage extraction from Lallemantia royleana: A response surface–genetic algorithm approach. EFFoST/EHEDG Joint Conference, Lisbon, Portugal.

[6] Bolliger, S., Wildmoser, H., Goff, H.D., Thrap, B.W., 2000. Relationships between ice cream mix viscoelasticity and ice crystal growth in ice cream, International Dairy Journal. 10, 791-797.

[7] Camacho, M.M., Martinez-Navarrete, N., Chiralt, A., 2001. Stability of whipped dairy creams
containing locust bean gum/λ-carageenan mixtures during freezing-thawing processes, *Food Research International*, 34, 887-894

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-18]

[8] urima medical science university-2013- on line available at: http://fdo.umsu.ac.ir

[9] Dean, A., Voss, D., 2002. Design and analysis of experiments. *Springer-Verlag, New Yor*k. pp,547-592

Moore, L.J., Sa, P. 1999. Comparison with the best in response surface methodology. *Statistics and Probability Letters*, 44:189-193.

[10] Guinard, J. X., et al. (1996). "Effect of Sugar and Fat on the Acceptability of Vanilla Ice Cream." Journal of Dairy Science 79(11): 1922-1927.

[11] Sharma,et al(2003)." Optimization of ingredients for the manufacture of soft-serve ice-cream (Softy) by response surface methodology (RSM)". , International Dairy Journal. 56,22-25

[12] Inoue, K., et al. (2009). "Modeling of the effect of freezer conditions on the hardness of ice cream using response surface methodology." Journal of Dairy Science 92(12): 5834-5842.

[13] Cadena, R. S., et al. (2012). "Reduced fat and sugar vanilla ice creams: Sensory profiling and external preference mapping." Journal of Dairy Science 95(9): 4842-4850.

[14] BahramParvar, M., et al. (2013). "Effects of a novel stabilizer blend and presence of κ-carrageenan on some properties of vanilla ice cream during storage." Food Bioscience 3(0): 10-18.

[15] Bahramparvar. M, khodaparast. M.H.Haddad, Amini. A. Mohammad, 2007, 'Effect of substitution of carboxymethylcellulose and salep gums with *Lallemantia royleana* hydrocolloid on ice cream properties', Science and Technology Research Journal, 4,37-47.

[16] Koocheki, A., Taherian, A. R., Razavi, S. M. A., Bostan, A., 2009, Response surface methodology for optimization of extraction yield, viscosity, hue and emulsion stability of mucilage extracted from Lepidium perfoliatum seeds. Food Hydrocolloids, 23 , 2369–2379

[17] Aime, D.B., Arntfield, S.D., Malcolmson, L.J., Ryland, D., 2001. Textural analysis of fat reduced vanilla ice cream products, Food Research International. 34, 237-246.

[18] Deman.M.j.2003, principal of food chemistry, Ghanbarzadeh,B,Theran,

[19] Nickerson, T. A. (1956). "Lactose Crystallization in Ice Cream. II. Factors affecting Rate and Quantity." Journal of Dairy Science 39(10): 1342-1350.

[20] M. Serdar AKIN.(2009). " PHYSICAL AND SENSORY CHARACTERISTICS OF REDUCED FAT YOG-ICE CREAM AS INFLUENCED BY FAT REPLACERS". J.Agric.Fac.HR.U., 2009, 13(3): 23 - 30

[21] Sandoval-Castilla, O., et al. (2004). "Microstructure and texture of yogurt as influenced by fat replacers." International Dairy Journal 14(2): 151-159.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-18]

Influence of formulation on sensory properties of fat reduced ice cream by response surface methodology and modeling consumer acceptability by principal component analysis.

Alghooneh, A. [1], Mohebbi, M. [2], Mir Arab, S. [1*], khodaie, D. [1]

1. MSc Student, Department of Food science and technology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
2. Associate Professor, Department of Food science and technology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

(Received: 92/8/28 Accepted: 94/4/6)

Ice cream is a complex food colloid including fat droplet and air cells that dispersed on the relatively frosted aqueous phase. Since ice cream is a multiphase material, the complex interactions among the phases can be happen that not yet well understood. Thus, there are many factors that influence on the texture and acceptability of ice cream. In this research investigated fat at the four level (2.5, 5, 7.5, 10 %) and sugar at the three level (0, 50, 100 %) and effect two types of hydrocolloids (carboxyl methyl cellulose and balangu) each at the four level (0.1, 0.3 , 0.5 , 0.7 %) on the sensory properties fat reduced ice cream by response surface methodology. In this research, modeling Obtained responses from Sensory texture analysis are done by Quadratic and 2 Factor interaction equations. Grape juice is used as replace of sugar. Increase of gum concentration has significant effect on the viscosity and raising firmness and decreased sandiness and coldness. Grape juice due to raising isomeric diversity colloid system led to decrease sandiness of texture. Although ice cream prepared using 10% fat has grater point in the sensory properties compared to ice cream that containing 7.5% fat. But this difference was not significant. Balangu seed gum (BSG) in comparison to carboxyl methyl cellulose did not have a significant effect ($P > 0.05$) on the sensory properties of ice cream and could use as a appropriate stabilizer. Result of sensory properties test (except consumer acceptability) used for modeling consumer acceptability by principal component analysis and coefficient of determination (R^2) 96% obtained.

Key words: Fat, Viscosity, Balangu, CMC, PCA

* Corresponding Author E-Mail Address: mohebbatm@gmail.com

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-18]