بهینه سازی فرمولاسیون شیرکاکائو فراسودمند حاوی اینولین، استویا، صمغ دانه چیا و پروتئین آب پنیر

شهرام ساعدی[a]، سارا جعفریان[b*]، سید حسین حسینی قابوس[c]، لیلا روزبه نصیرایی[b]

[a] دانشجوی دکترای گروه علوم و صنایع غذایی، واحد نور، دانشگاه آزاد اسلامی، نور، ایران
[b] استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد نور، دانشگاه آزاد اسلامی، نور، ایران
[c] استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد آزادشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، آزادشهر، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۱۲/۱۶ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۰۵/۱۲
https://dorl.net/dor/20.1001.1.20080123.1401.20.1.7.1 DOI: 10.30495/jftn.2022.66490.11198

چکیده

مقدمه: شیرکاکائو یکی از پرطرفدارترین و پرمصرف‌ترین محصولات لبنی غیرتخمیری است ولی به‌دلیل مقادیر زیاد ساکارز، می‌تواند باعث بروز دیابت و پوسیدگی دندان در کودکان گردد. با توجه به اینکه امروزه گرایش به مصرف مواد غذایی طبیعی، با کالری کم و ماندگاری بالا در حال افزایش است. بنابراین جایگزینی قند ساکارز با سایر شیرین‌کننده‌ها مخصوصاً انواع طبیعی اهمیت خواهد داشت. در این مطالعه هدف از بهینه‌یابی، دستیابی به بالاترین درصد ویسکوزیته و پذیرش کلی و همچنین کاهش میزان رسوب و اندازه ذرات است که از شاخص‌های کیفی مهم شیرکاکائو در میزان پذیرش مصرف‌کنندگان می‌باشد.

مواد و روش‌ها: براساس فرمولاسیون شیرکاکائو و بر پایه بیشترین سطح پاسخ، تیمار بندی انجام شد. متغیرهای مستقل شامل اینولین (۲ تا ۸ درصد)، صمغ دانه چیا (۰/۱ تا ۰/۵ درصد)، استویا (۵۰ تا ۱۰۰ درصد) و کنسانتره پروتئین آب پنیر (۱ تا ۳ درصد) و متغیرهای پاسخ، شامل؛ ویسکوزیته، اندازه ذرات، درصد رسوب و پذیرش کلی در نظر گرفته شد. رابطه عملکردی بین پارامترهای مؤثر بر فرمولاسیون شیرکاکائو با استفاده از طرح آزمایشی باکس بنکن تعیین شد.

یافته‌ها: بر اساس مدل‌های انتخاب‌شده، فرمولاسیون بهینه انتخابی توسط نرم‌افزار شامل ۷/۹۹٪ اینولین، ۷۰٪ استویا، ۰/۳۴۶٪ صمغ دانه چیا و ۱٪ پروتئین آب‌پنیر معرفی گردید.

نتیجه‌گیری: حضور اینولین، استویا، صمغ دانه چیا و پروتئین آب‌پنیر در فرمول شیرکاکائو موجب بهبود خواص تأثیرگذار نظیر افزایش ویسکوزیته، کاهش رسوب و اندازه ذرات شیرکاکائو در ارتقاء بازارپسندی و پذیرش محصول توسط مصرف‌کنندگان گردید.. درنتیجه این ترکیبات گیاهی با داشتن خواص مفید تغذیه‌ای و سلامتی‌بخش می‌توانند در فرمولاسیون شیرکاکائو استفاده شده و با حفظ خواص کیفی و حسی منجر به تولید محصولی فراسودمند گردند.

واژه‌های کلیدی: *استویا، اینولین، شیر کاکائو، فراسودمند، ویسکوزیته*

* نویسنده مسئول مکاتبات email: Drsjafarian@yahoo.com

مقدمه

شیرکاکائو شناخته‌شده‌ترین و مورد قبول‌ترین نوع شیرهای طعم‌دار است. جلوگیری از ناپایداری فیزیکی شیرکاکائو یکی از چالش‌های بزرگ صنایع لبنی است و علت اصلی در ناپایداری این فرآورده، ذرات درون شیرکاکائو به یکدیگر پیوسته و یک ذره بزرگ‌تر را تشکیل می‌دهد که این ذرات بزرگ‌تر، ته‌نشین شده و دیسپرسیون به دو فاز تقسیم می‌شود. یکی از راه‌های افزایش پایداری و جلوگیری از ایجاد رسوب و دو فاز شدن در طول نگهداری این فرآورده، افزودن پایدارکننده است (Jafari, *et al*., 2016).

هیدروکلوئیدها یا صمغ‌ها از نظر شیمیایی، پلی‌ساکاریدهایی با وزن مولکولی بالا هستند که با داشتن ساختار متفاوت، باعث ایجاد خصوصیات کاری متفاوتی می‌شوند. این دسته از مواد کاربردهای وسیعی در صنعت غذا، از جمله بهبود ویژگی‌های رئولوژیکی و بافتی سیستم‌های غذایی دارند همچنین با افزایش ویسکوزیته ظاهری فرآورده یا در اثر برهم کنش کلوئیدی از نوع ممانعت فضایی و دفع الکتروستاتیک سبب پایداری بعضی از سیستم‌های غذایی می‌شوند (Barros Verde, *et al*., 2021).

دانه چیا دارای مقادیر بالای پروتئین (۱۵–۲۳ درصد)، چربی (۳۰–۳۳ درصد)، کربوهیدرات (۴۱– ۲۶درصد) ، فیبر (۳۰–۱۸ درصد)، خاکستر (۵ -۴ درصد)، مواد معدنی، ویتامین، مواد آنتی اکسیدان و اسیدهای آمینه به‌ویژه لیزین و موسیلاژ (۵ درصد) و منبع خوبی از اسیدهای چرب امگا ۳ است (Guiotto *et al*., 2013). هم‌چنین در کنترل پوکی استخوان، زوال عقل مربوط به پیری، خستگی و درمان بسیاری از بیماری‌های دیگر کمک می‌کند (Cahill and Provance, 2002). دانه‌های چیا به‌دلیل دارابودن کلسیم و پتاسیم می‌تواند در کنترل فشارخون بالا مفید باشد. میزان فیبر بالای موجود در دانه‌های چیا برای تنظیم حرکات روده مفید است و همچنین به حفظ سلامت کلی دستگاه گوارش کمک می‌کند. دانه‌های چیا به‌دلیل جذب مقادیر قابل توجهی آب باعث می‌شود که افراد مدت زمان بیشتری احساس سیری کنند (Nieman *et al*, 2012).

نتایج تحقیقات پژوهشگران بر روی اینولین حاکی از افزایش ارزش تغذیه‌ای و بهبود خواص تکنولوژیکی در فرآورده‌های غذایی (بهبوددهنده بافت و جایگزین چربی) است (meyer *et al*., 2009). اینولین فیبر رژیمی محلول در آب است که به‌دلیل برخورداری از خواص پری‌بیوتیکی و بیفیدوژنیکی به‌عنوان ترکیب عملگر (فراویژه) محسوب می‌گردد (Gheibi, *et al*., 2016).

شیرین‌کننده‌ها را می‌توان به عنوان یک افزودنی به محصولات غذایی اضافه کرد که باعث ایجاد طعم شیرینی ومزه دهانی خاص در محصول می‌گردد و بر خواص حسی مثل دانسیته ظاهری و دانسیته حجمی و تخلخل، خواص فیزیکی، شیمیایی، رئولوژی، مکانیکی، سفتی ، قابلیت نرم‌کنندگی محصولات تأثیر می‌گذارد. هم‌چنین شیرین‌کننده‌ها بر فعالیت‌های حجم‌دهندگی و ایجاد رنگ، تأثیرگذار بوده و افزایش ارزش غذایی ماده غذایی را نیز باعث می‌شود (Abedini, *et al*., 2020). از طرفی امروزه مصرف‌کنندگان استفاده از محصولات کم کالری را برای جلوگیری از اضافه وزن و چاقی مفرط ترجیح می‌دهند که ارتباط مستقیم با بیماری‌های نظیر سندرم متابولیک، بیماری‌های قلبی و عروقی و دیابت دارد؛ و همان‌طور که می‌دانیم شیرهای طعم‌دار در مقایسه با شیرهای ساده، شیرین بوده و مقدار قند و کالری بیشتری دارند. درصورتی‌که به جای ساکارز از شیرین‌کننده‌های طبیعی و رژیمی در شیرهای طعم‌دار، استفاده شود، این فرآورده‌ها علاوه بر داشتن کالری کم در گروه موادغذایی فراسودمند قرار می‌گیرند (Jafari, *et al*., 2016). گیاه استویا قدرت شیرین‌کنندگی معادل ۳۰۰–۲۰۰ برابر شکر سفید دارد. اساس ساختمانی این ماده شیرین که از برگ‌های گیاه استویا ریباودیانا تهیه می‌شود، بر پایه مولکول‌های پیچیده الکلی ترکیبی با واحدهای ساختمانی گلوکز می‌باشد. این مولکول‌ها باعث شیرینی بیش از حد گیاه مزبور شده و به این ترتیب آن را از زیان آفات نباتی در امان می‌دارند (Sardar, *et al*., 2021).

پروتئین‌های آب‌پنیر به‌دلیل خواص تغذیه‌ای و عملکردی خود به‌خوبی شناخته شده‌اند (Carter, *et al*., 2021). این پروتئین‌ها به‌دلیل میزان بالای اسیدهای آمینه ضروری یک منبع بسیار مهم تغذیه‌ای هستند. خـــواص عملکردی در مـــوادغذایی بسته به میزان پروتئین آن متفاوت است. سرعت انحـلال بالا در محدوده وسیعی از خواص، ظرفیت اتصال به آب، توانایی تشکیل امولسیون،

بهبـود خـواص حجـیم شدن، تشکیل ژل و خواص تشـکیل کـف، بهبـود ویسـکوزیته و بافـت از جمله ویژگی‌های مطلوب پروتئین‌های آب‌پنیر جهت استفاده از آن‌ها در فرآورده‌های مختلف موادغذایی محسوب می‌شود (Vaucher, *et al*., 2019).

در بررسی پژوهش‌های مختلف به جایگزینی منابع گیاهی برای تولید شیرکاکائو پرداخته‌شده است. در این زمینه، Abedini و همکاران در سال ۲۰۲۰، به بررسی تأثیر ربادیوزید A به‌عنوان جایگزین شکر و مالتودکسترین به‌عنوان جایگزین چربی بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی شیرکاکائوی پاستوریزه طی نگهداری پرداختند و اعلام کردند که نمونه حاوی ۵۰ درصد مالتودکسترین و ۵۰ درصد ربادیوزید A شباهت بیشتری به نمونه شاهد داشت و این تیمار از نظر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی مطلوب بود و آن را به عنوان تیمار برتر انتخاب کردند. در مطالعه Homayouni Rad و همکاران (۲۰۱۹)، شیر شکلات با استفاده از سه پلی‌ال مختلف از جمله مالتیتول[1]، زایلیتول[2] و ایزومالت همراه با استویا به‌عنوان شیرین‌کننده با قدرت بالا تهیه‌شد. تأثیر مخلوط پلی‌ال‌ها به‌عنوان جایگزین ساکارز بر روی خواص رئولوژیکی و پارامترهای کیفی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که با استفاده از ۱۱/۱۶ درصد وزنی/وزنی مالتیتول، ۸/۹ درصد وزنی/وزنی زایلیتول و۱۲/۹۳ درصد وزنی/ وزنی ایزومالت، می‌توان شکلات شیری بهینه را با بالاترین میزان مطلوبیت (۱/۰۰) بدون تغییرات ناخواسته در خصوصیات رئولوژیکی و کیفی تولید کرد. هم‌چنین می‌توان به تحقیق Gheibi و همکاران در سال ۲۰۱۶، پیرامون اثر استویا و اینولین بر خصوصیات بستنی رژیمی اشاره نمود که سطوح بهینه جایگزینی استویا و اینولین در بستنی رژیمی به ترتیب ۴۲ درصد و ۶۲/۹ درصد تعیین شد.

از آنجایی‌که اغلب شیرهای طعم‌دار موجود در بازار حاوی مقادیر بالای شکر هستند و بیشترین مصرف‌کننده آنها نیز کودکان محسوب می‌شوند؛ لذا مقدار دریافتی بالای شکر ممکن است منجر به بروز مشکلات مربوط به سلامتی از جمله دیابت و چاقی گردد. از طرفی به‌دلیل محبوبیت این فرآورده نمی‌توان آن را از برنامه غذای کودکان به‌راحتی حذف کرد. بنابراین با توجه به تحقیقات کم صورت گرفته در زمینه تولید شیرهای طعم‌دار و همچنین کمبود تنوع در تولید این‌گونه از محصولات لبنی در کشور ما، اهمیت و ضرورت تولید یک شیر طعم‌دار (شیرکاکائو) رژیمی فراسودمند که علاوه بر اثر تغذیه‌ای پایه، اثرات مفیدی بر عملکردهای بدن داشته تا بتواند از این طریق باعث سلامتی مصرف‌کننده شده و یا ریسک بیماری را کاهش دهد و همچنین دارای ارزش غذایی بالاتری از نظر وجود پروتئین‌های با کیفیت نسبت به سایر شیرهای طعم‌دار باشد، بیش از پیش احساس می‌شود. در این مطالعه هدف از بهینه‌یابی، دستیابی به بالاترین درصد ویسکوزیته و پذیرش کلی و همچنین کاهش میزان رسوب و اندازه ذرات است که از شاخص‌های کیفی مهم شیرکاکائو در میزان پذیرش مصرف‌کنندگان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

- مواد

در این پژوهش شیرین‌کننده استویا (SteviaPac) از کشور سنگاپور، اینولین از شرکت اکبریه ایران، پودر کاکائو (Kayseri) محصول ترکیه، پودر پروتئین آب‌پنیر برزیلی و شیر کم‌چرب از شرکت دامداران تهیه شد. سایر مواد شیمیایی از جمله اتانول از شرکت مرک آلمان تهیه گردید.

- روش استخراج صمغ دانه چیا[2]

جهت استخراج صمغ از دانه‌های چیا، در یک بشر ۱ لیتری آب به دانه‌های چیا به نسبت (۱:۴۰ وزنی/حجمی) اضافه شده و مخلوط با سرعت ۱۹۲۰ دور در دقیقه به مدت ۳ ساعت در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد همزده شد. سپس به مدت۲۰ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ (Sigma 1 -14، ساخت آلمان) گردید. پس از صاف کردن، موسیلاژ بدست آمده در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد در آون تحت خلأ به مدت ۴ ساعت خشک و سپس به‌وسیله آسیاب پودر شد. پودر حاصل در کیسه‌های پلی‌اتیلنی قرار داده شد و تا زمان مصرف در جای خشک و خنک نگهداری گردید (Chavan, *et al*., 2017).

- آماده‌سازی پروتئین آب‌پنیر

پودر پروتئین آب‌پنیر به نسبت ۱:۱۰ و به تدریج به آب

[1] Maltitol [2] Xylitol

با دمای ۸۰–۸۵ درجه سانتی‌گراد اضافه شد تا ضمن مشروط شدن پودر در دمای مذکور از طریق هم‌زدن انحلال لازم صورت گیرد (Zhu *et al*., 2020).

- بهینه‌سازی فرمولاسیون شیرکاکائو فراسودمند

برای تهیه شیرکاکائو فراسودمند، از شیر کم‌چرب (۱/۵ درصد چربی) شرکت دامداران استفاده شد. در این پژوهش متغیرهای مستقل شامل؛ اینولین (۲ تا ۸ درصد)، صمغ دانه چیا (۰/۱ تا ۰/۵ درصد)، استویا (۵۰ تا ۱۰۰ درصد جایگزین شکر با احتساب شکر ۸ درصد در نمونه شاهد) و کنسانتره پروتئین آب پنیر (۱ تا ۳ درصد) و متغیرهای پاسخ، شامل؛ ویسکوزیته، اندازه ذرات، درصد رسوب و پذیرش کلی در نظر گرفته شد. رابطه عملکردی بین پارامترهای مؤثر بر فرمولاسیون شیرکاکائو از طریق نرم‌افزار Design Expert11 با استفاده از طرح آزمایشی باکس بنکن (BBD[1]) تعیین شد. سایر مواد متشکله شامل پودر کاکائو (۱/۵ درصد)، صمغ کاراگینان (۰/۰۵ درصد)، پودر وانیل (۰/۰۱ درصد) و نمک (۰/۰۲۵ درصد) در تمامی تیمارها ثابت در نظر گرفته شد.

در ابتدا دمای شیر جهت مخلوط کردن مواد اولیه توسط پاستوریزاتور آزمایشگاهی (با ظرفیت ۵ لیتر) به ۶۵ درجه سانتی‌گراد رسید. مواد اولیه پس از توزین (مطابق با فرمولاسیون ارائه شده توسط نرم‌افزار)، توسط میکسر با شیر مخلوط شدند. هموژنیزاسیون شیر کاکائو در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد توسط هموژنایزر (D-130، Wiggens آلمان) با فشار ۱۸۰ بار انجام شد و خروجی هموژنایزر جهت پاستوریزاسیون به پاستوریزاتور انتقال یافت. پاستوریزاسیون شیرکاکائو به مدت ۱۰ دقیقه در ۸۵ درجه سانتی‌گراد انجام شد. پس از پاستوریزاسیون شیرکاکائو توسط جریان غیرمستقیم آب سرد تا دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد خنک شد و در بطری نیم لیتری از جنس پلی‌اتیلن ترفتالات شفاف بسته‌بندی گردید. نمونه‌های شیرکاکائو در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد (Abedini, *et al*., 2020).

- آزمون‌های مورد بررسی

- اندازه‌گیری درصد رسوب (ته‌نشینی)

جهت اندازه‌گیری میزان رسوب ۲۰ گرم از نمونه‌های شیرکاکائو پس از هم‌زدن، در لوله‌های مخصوص ۲۵ میلی‌لیتری ریخته شده و سپس در دستگاه ساتریفیوژ به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و سرعت ۵۰۰۰ دور در دقیقه قرار داده شد. بعد از سانتریفیوژ کردن، سرم آزاد شده که در بالای لوله آزمایش قرار گرفت، جدا و توزین شد. از تفاضل سرم جداشده و کل وزن نمونه میزان رسوب اندازه‌گیری گردید. نتایج بر حسب گرم در صد گرم شیرکاکائو گزارش گردید (Prakash *et al*., 2010).

- تعیین اندازه ذرات

اندازه ذرات نمونه‌ها در دمای اتاق با استفاده از دستگاه زتا سایزر (مدل malvwrn، ساخت انگلیس) به روش انکسار لیزری انجام شد. دستگاه نامبرده z-average را گزارش نموده و منحنی توزیع ذرات بر حسب قطر ذرات نمونه توسط دستگاه ترسیم گردید (Mahato *et al*., 2021).

- ارزیابی حسی

ارزیابی حسی نمونه‌ها توسط ۱۵ نفر ارزیاب آموزش‌دیده به‌منظور انتخاب بهترین شیرکاکائو از نظر حسی انجام گردید. این آزمون بر اساس ارزیابی هدونیک ۵ نقطه‌ای[2] (۱، ۲، ۳، ۴ و۵ به ترتیب معادل خیلی بد، بد، متوسط، خوب و خیلی‌خوب) انجام شد. صفات مورد بررسی شامل طعم و مزه، بو، قوام و بافت، رنگ یا ظاهر و پذیرش کلی بود. سپس میانگین امتیازات حاصل برای هریک از صفات حسی محاسبه و با استفاده از روش مقایسه چند دامنه‌ای دانکن میزان معنی‌دار بودن اختلاف بین نمونه‌ها تعیین شد (Razavizadeh & Tabrizi, 2021).

- اندازه‌گیری ویسکوزیته

ویسکوزیته ظاهری در دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد و با استفاده از ویسکومتر بروکفیلد (Brookfild, DVII, USA) توسط اسپیندل شماره ۱۶، در ۱۰۰ rpm اندازه‌گیری شد و نتایج ویسکوزیته نمونه‌های شیرکاکائو برحسب میلی پاسکال ثانیه (mPa.s) گزارش گردید (Khorami *et al*., 2013; Zhu *et al*., 2020).

[1] Box-Behnken

[2] Five- point hedonic scale

- **تجزیه و تحلیل آماری**

برای بهینه‌سازی فرمولاسیون از نرم‌افزار Design Expert 11، استفاده گردید. داده‌های به‌دست‌آمده این مطالعه بر پایه طرح کاملاً تصادفی و با استفاده از نرم‌افزار SPSS 22 مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح آماری ۹۵ درصد استفاده شد.

یافته‌ها

نتایج آزمایش‌های بررسی اثر چهار متغیر فرمولاسیون شیر کاکائو فراسودمند از جمله غلظت اینولین (X1)، درصد جایگزینی استویا با شکر (X2)، غلظت صمغ دانه چیا (X3) و غلظت پروتئین آب پنیر (X4)، بر چهار ویژگی کلیدی شیرکاکائو (ویسکوزیته، میزان رسوب، اندازه ذرات و پذیرش کلی) در غالب طرح BBD در جدول ۱ ارائه شده است:

اعتبار مدل با مقایسه مقادیر تجربی و پیش‌بینی فرمولاسیون تعیین گردید. برای تأیید نتایج، آزمون‌ها در سه تکرار انجام شد. تأثیر چهار متغیر ویسکوزیته، میزان رسوب، اندازه ذرات و پذیرش کلی بر روی پاسخ‌ها با استفاده از مدل‌های انتخاب‌شده در جدول ۲ بررسی‌شده است. پس از تجزیه داده‌ها جهت تعیین بهترین مدل پیشنهادی از میان مدل‌های موجود با توجه به جدول تجزیه واریانسی، مدلی که مقدار مجموع مربعات آن دارای اختلاف معنی‌دار باشد و مقدار عدم برازش آن معنی‌دار نشود به‌عنوان بهترین مدل

جدول ۱- طراحی آزمایش باکس بنکن و پاسخ آزمون‌ها

Table 1- Box-Behnken design and responses

Run	Independent Variables				Responses			
	Inulin (%)	Stevia (%)	Chia gum (%)	Whey protein (%)	Viscosity (mPa.s)	Sedimentation (%)	Average particle size (nm)	General acceptance
1	8	75	0.5	2	47.5	4	568	5
2	5	50	0.3	3	41.6	3.6	529.7	4
3	5	75	0.3	2	40.5	3	432	4
4	8	50	0.3	2	44.5	2.6	498.6	5
5	8	75	0.3	1	38.6	2.1	423.6	5
6	5	50	0.3	1	37.8	2.5	379.5	4
7	5	50	0.5	2	43.5	4.6	572.4	4
8	5	100	0.1	2	31.8	4.7	410.6	3
9	8	75	0.3	3	43.8	2.6	549.9	5
10	5	75	0.5	1	39.7	4.3	420.3	4
11	5	75	0.5	3	45.7	4.5	572.1	4
12	2	75	0.3	3	37.9	3.7	552.2	3
13	5	75	0.1	3	36.4	5.3	500.8	4
14	5	100	0.3	1	35	2.1	360.1	3
15	5	50	0.1	2	34.1	5.3	413	4
16	5	75	0.3	2	40.7	2.9	470	4
17	2	75	0.3	1	34.6	3.2	372.6	3
18	2	75	0.5	2	40.1	5.2	511	3
19	5	75	0.3	2	40.8	3	468.7	4
20	2	100	0.3	2	35.9	3.1	417.3	1
21	2	50	0.3	2	37	3.7	485.6	2
22	5	100	0.5	2	41.6	3.9	516.3	3
23	5	75	0.3	2	40.81	3.2	468.7	4
24	8	100	0.3	2	42.1	2.3	441.2	4
25	5	75	0.1	1	31.7	5	354.3	4
26	8	75	0.1	2	36.2	5.4	421.9	5
27	2	75	0.1	2	33.2	4.4	408.7	3
28	5	75	0.3	2	40.82	3.3	468.9	4
29	5	100	0.3	3	40	3	500.5	3

* بالاترین امتیاز پذیرش کلی برابر ۵ و کمترین امتیاز برابر با ۱ است.

انتخاب شد. لذا پس از بررسی نتایج به‌دست‌آمده و مقایسه مدل‌های رگرسیونی نتایج حاکی از آن بود که مدل Quartic برای بررسی تأثیر متغیرهای مستقل بر میزان هر چهار پاسخ پذیرش کلی، میزان رسوب، میزان اندازه ذرات و ویسکوزیته، انتخاب‌شده که دارای اختلاف معنی‌دار آماری با سایر مدل‌ها بوده‌اند. معادلات رگرسیونی به شرح ذیل می‌باشند:

$$Viscosity= +15.44650+ 0.625556A+ 0.194453B+ 30.44500C+ 5.25617D-0.004333AB + 1.83333AC+ 0.158333AD+ 0.020000BC+ 0.012000BD+ 1.62500CD- 0.022278A^2- 0.001621B^2- 35.95000C^2- 1.27550 D^2$$

$$Sedimentation= +4.79442+ 0.134259A+ 0.028433B- 22.37917C+ 0.872500D+0.001000AB- 0.916667AC- 1.53899E-16AD- 0.005000BC- 0.002000BD- 0.125000CD- 0.005370A^2-0.000257B^2+ 43.47917C^2- 0.098333D^2$$

$$Average\ particle\ size= +163.47426-5.71481A+1.50103B+187.99167C+131.02417D+ 0.036333AB+18.25000AC-4.44167AD-2.68500BC-0.098000BD+6.62500CD+1.07259A^2- 0.009715B^2+300.08333C^2-7.22167D^2$$

$$General\ acceptance= -2.38657+0.574074A+0.140000B-1.25000C-0.333333D+6.27077E-17AB+2.28130E-15AC+5.45510E-16AD+1.71991E-16BC+3.71876E-17BD+6.18147E-15CD- 0.018519\ A^2-0.0010670\ B^2+2.08333\ C^2+0.083333\ D^2$$

جدول ۲- نتایج مدل‌سازی پاسخ‌ها

Table 2- Response modeling results

Response	viscosity	Sedimentation	Average particle size	General acceptance
Model	Quadratic	Quadratic	Quadratic	Quadratic
p-value	0.0001 <	0.0001 <	0.0001 <	0.0001 <
R-Squared	0.985	0.9601	0.9505	0.9580
Adj R-Squared	0. 969	0.9203	0.9010	0.9159
Pred R-Squared	0.914	0.7857	0.7536	0.7579
Adeg-Precision	31.84	14.8659	17.4603	18.6425
Lack-of-fit	N. S	N. S	N. S	N. S
C.V. %	1.80	7.88	4.41	7.18

- ویسکوزیته تیمارهای شیرکاکائو

مقادیر مختلف ویسکوزیته برای هر تیمار در جدول ۱ آمده است. همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌گردد مدل Quadratic برای میزان ویسکوزیته از نظر آماری معنی‌دار بوده و آزمون ضعف برازش آن معنی‌دار نیست که نشانگر تناسب مدل برازش یافته است. نتایج به‌دست‌آمده برای ضریب تبیین ۰/۹۸۵ و ضریب تبیین اصلاح‌شده ۰/۹۶۹ بیانگر تطبیق خوب مدل محاسباتی با نقاط آزمایش‌شده و دقت مدل است. اثر فاکتورهای مستقل بر ویسکوزیته در شکل ۱ و جدول ۳ مشاهده می‌شود. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود با افزایش هر چهار فاکتور مستقل (اینولین، استویا، صمغ چیا و پروتئین آب‌پنیر) ویسکوزیته افزایش می‌یابد.

- میزان رسوب (ته‌نشینی)

مقادیر مختلف میزان رسوب برای هر تیمار در جدول ۱ آمده است. همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌گردد مدل Quadratic برای میزان رسوب از نظر آماری معنی‌دار بوده و آزمون ضعف برازش آن معنی‌دار نیست که نشانگر تناسب مدل برازش یافته است. نتایج به‌دست‌آمده برای ضریب تبیین ۰/۹۶۰ و ضریب تبیین اصلاح‌شده ۰/۹۲۰ بیانگر تطبیق خوب مدل محاسباتی با نقاط آزمایش‌شده و دقت مدل است. اثر فاکتورهای مستقل بر میزان رسوب در شکل ۲ و جدول ۴ آورده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌گردد با افزایش صمغ چیا رفته‌رفته میزان رسوب کاهش یافته و سپس افزایش می‌یابد. هم‌چنین تغییر معناداری در اثر استویا و اینولین بر میزان رسوب مشاهده نشد.

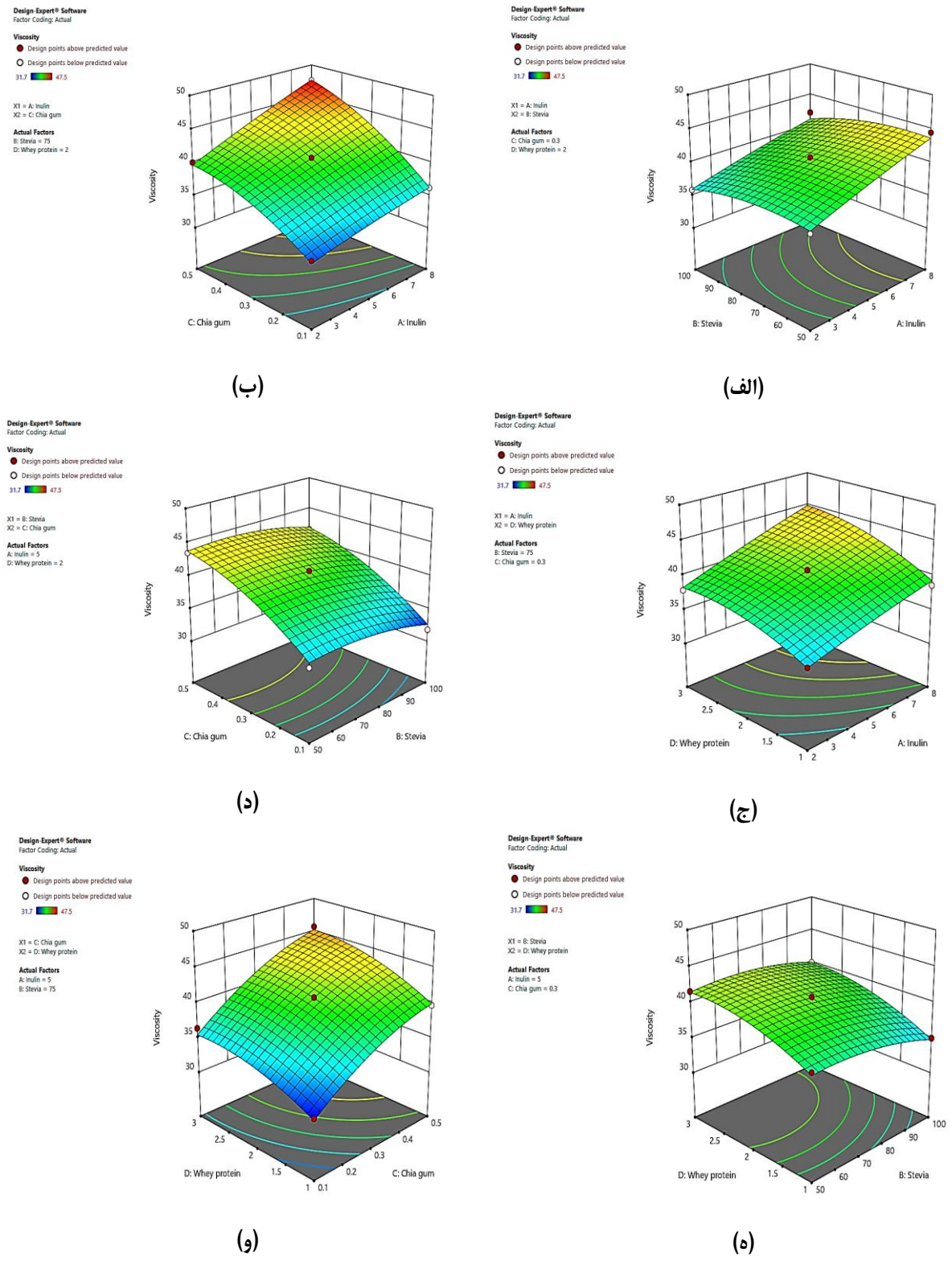

Figure 1- Response level diagram showing the interaction of factors a) inulin (%) and stevia (%), b) inulin (%) and chia gum (%), c) inulin (%) and whey (%), d) stevia (%) and chia gum (%), e) stevia (%) and whey (%), f) chia gum (%) and whey (%) on the viscosity of cocoa milk (mPa.s)

شکل ۱- نمودار سطح پاسخ نشان‌دهنده اثر متقابل فاکتور الف) اینولین (٪) و استویا (٪)، ب) اینولین (٪) و صمغ چیا (٪)، ج) اینولین (٪) و آب‌پنیر (٪)، د) استویا (٪) و صمغ چیا (٪)، ه) استویا (٪) و آب‌پنیر (٪)، و) صمغ چیا (٪) و آب‌پنیر (٪) بر ویسکوزیته شیرکاکائو (mPa.s)

جدول ۳- نتایج ANOVA برای پاسخ ویسکوزیته

Table 3- ANOVA results for Viscosity response

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
A-Inulin	453.40	14	32.39	65.26	< 0.0001	significant
B-Stevia	96.33	1	96.33	194.13	< 0.0001	
C-Chia gum	12.20	1	12.20	24.59	0.0002	
D-Whey protein	249.34	1	249.34	502.47	< 0.0001	
AB	65.33	1	65.33	131.66	< 0.0001	
AC	0.4225	1	0.4225	0.8514	0.3718	
AD	4.84	1	4.84	9.75	0.0075	
BC	0.9025	1	0.9025	1.82	0.1989	
BD	0.0400	1	0.0400	0.0806	0.7806	
CD	0.3600	1	0.3600	0.7255	0.4087	
A^2	0.4225	1	0.4225	0.8514	0.3718	
B^2	0.2608	1	0.2608	0.5255	0.4805	
C^2	6.66	1	6.66	13.41	0.0026	
D^2	13.41	1	13.41	27.03	0.0001	
Cor Total	460.34	28				

جدول ٤- نتایج ANOVA برای پاسخ میزان رسوب

Table 4- ANOVA results for Sedimentation response

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	28.26	14	2.02	24.08	< 0.0001	Significant
A-Inulin	1.54	1	1.54	18.38	0.0008	
B-Stevia	0.8533	1	0.8533	10.18	0.0065	
C-Chia gum	1.08	1	1.08	12.88	0.0030	
D-Whey protein	1.02	1	1.02	12.18	0.0036	
AB	0.0225	1	0.0225	0.2684	0.6125	
AC	1.21	1	1.21	14.43	0.0020	
AD	0.0000	1	0.0000	0.0000	1.0000	
BC	0.0025	1	0.0025	0.0298	0.8654	
BD	0.0100	1	0.0100	0.1193	0.7350	
CD	0.0025	1	0.0025	0.0298	0.8654	
A^2	0.0152	1	0.0152	0.1807	0.6772	
B^2	0.1678	1	0.1678	2.00	0.1790	
C^2	19.62	1	19.62	234.00	< 0.0001	
Cor Total	29.44	28				

- اندازه ذرات تیمارهای شیرکاکائو

مقادیر مختلف میانگین اندازه ذرات برای هر تیمار در جدول ۱ آمده است. همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌گردد مدل Quadratic برای میزان اندازه ذرات از نظر آماری معنی‌دار بوده و آزمون ضعف برازش آن معنی‌دار نیست که نشانگر تناسب مدل برازش یافته است. نتایج به‌دست‌آمده برای ضریب تبیین ۰/۹۵۰ و ضریب تبیین اصلاح‌شده ۰/۹۰۱ بیانگر تطبیق خوب مدل محاسباتی با نقاط آزمایش‌شده و دقت مدل است. اثر متقابل فاکتورها بر میزان اندازه ذرات شیرکاکائو در شکل ۳ و جدول ۵ آورده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌گردد با افزایش اینولین، چیا و آب‌پنیر میزان اندازه ذرات افزایش می‌یابد.

- پذیرش کلی تیمارهای شیرکاکائو

همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌گردد مدل Quadratic برای میزان پذیرش کلی از نظر آماری معنی‌دار بوده و آزمون ضعف برازش آن معنی‌دار نیست که نشانگر تناسب مدل برازش یافته است. نتایج به‌دست‌آمده

برای ضریب تبیین ۰/۹۵۸ و ضریب تبیین اصلاح‌شده ۰/۹۱۶ بیانگر تطبیق خوب مدل محاسباتی با نقاط آزمایش‌شده و دقت مدل است. اثر متقابل فاکتورها بر میزان پذیرش کلی در جدول ۶ و شکل ۴ آورده شده است.

همان‌گونه که مشاهده می‌شود، با افزایش اینولین، صمغ چیا و آب‌پنیر رفته‌رفته میزان پذیرش کلی طعم افزایش یافته و اما با افزایش استویا ابتدا پذیرش طعم افزایش و سپس با افزایش غلظت، کاهش می‌یابد.

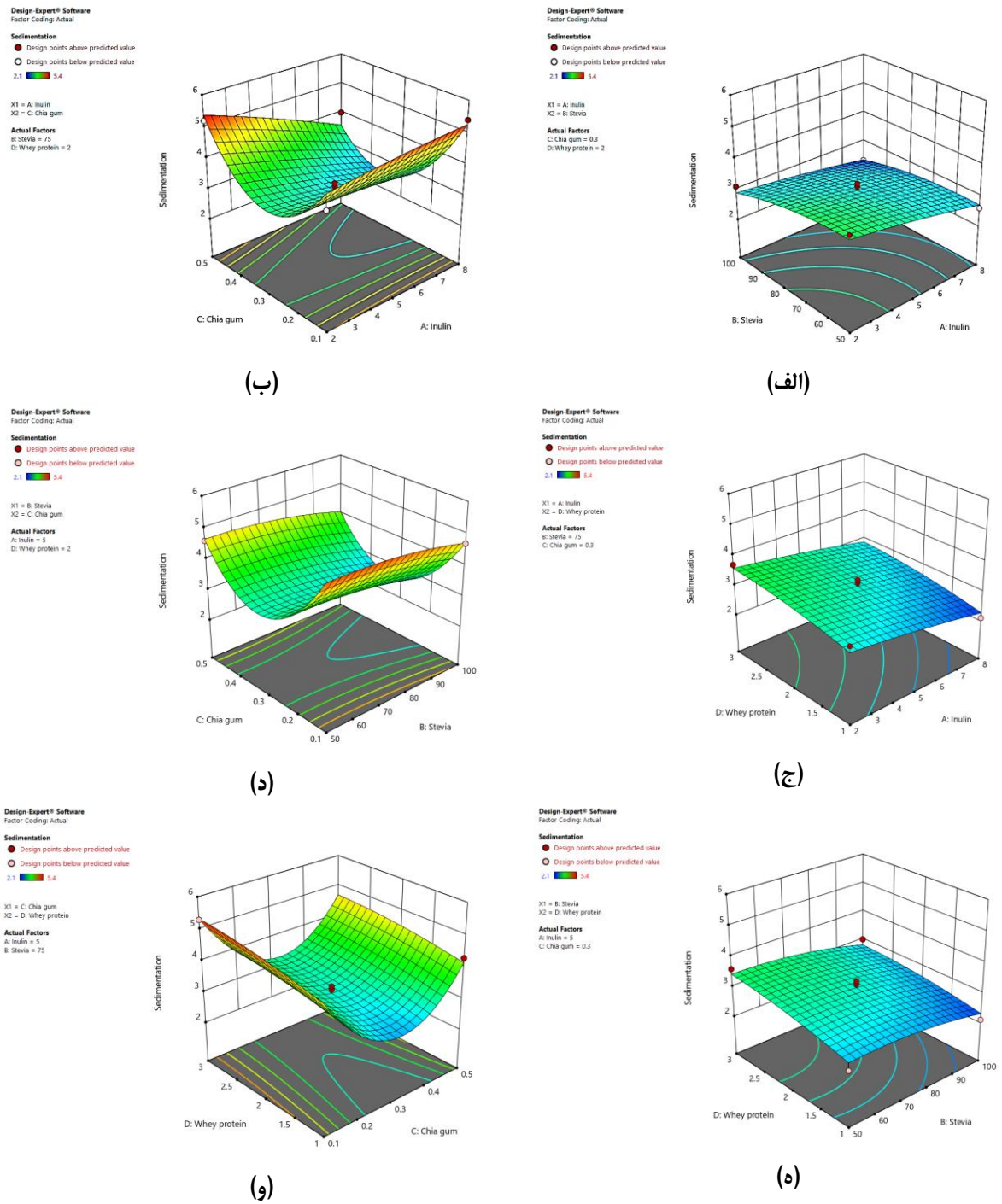

Figure 2- Response level diagram showing the interaction of factors a) inulin (%) and stevia (%), b) inulin (%) and chia gum (%), c) inulin (%) and whey (%), d) stevia (%) and chia gum (%), e) stevia (%) and whey (%), f) chia gum (%) and whey (%) on the Sedimentation of cocoa milk (%)

شکل ۲- نمودار سطح پاسخ نشان‌دهنده اثر متقابل فاکتور الف) اینولین (٪) و استویا (٪)، ب) اینولین (٪) و صمغ چیا (٪)، ج) اینولین (٪) و آب‌پنیر (٪)، د) استویا(٪) و صمغ چیا(٪)، ه) استویا (٪) و آب‌پنیر (٪)، و) صمغ چیا (٪) و آب‌پنیر (٪) بر میزان رسوب شیرکاکائو (٪)

جدول ۵- نتایج ANOVA برای پاسخ میانگین اندازه ذرات

Table 5- ANOVA results for Average particle size response

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	1.131E+05	14	8076.48	19.19	< 0.0001	Significant
A-Inulin	2022.80	1	2022.80	4.81	0.0457	
B-Stevia	4516.32	1	4516.32	10.73	0.0055	
C-Chia gum	35295.05	1	35295.05	83.87	< 0.0001	
D-Whey protein	66722.25	1	66722.25	158.55	< 0.0001	
AB	29.70	1	29.70	0.0706	0.7944	
AC	479.61	1	479.61	1.14	0.3038	
AD	710.22	1	710.22	1.69	0.2149	
BC	720.92	1	720.92	1.71	0.2117	
BD	24.01	1	24.01	0.0571	0.8147	
CD	7.02	1	7.02	0.0167	0.8991	
A^2	604.46	1	604.46	1.44	0.2506	
B^2	239.13	1	239.13	0.5682	0.4635	
C^2	934.57	1	934.57	2.22	0.1583	
D^2	338.29	1	338.29	0.8039	0.3851	
Cor Total	1.190E+05	28				

جدول ٦- نتایج ANOVA برای پاسخ پذیرش کلی

Table 5- ANOVA results for general acceptance response

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	22.79	14	1.63	22.79	< 0.0001	Significant
A-Inulin	16.33	1	16.33	228.67	< 0.0001	
B-Stevia	3.00	1	3.00	42.00	< 0.0001	
C-Chia gum	0.0000	1	0.0000	0.0000	1.0000	
D-Whey protein	0.0000	1	0.0000	0.0000	1.0000	
AB	0.0000	1	0.0000	0.0000	1.0000	
AC	0.0000	1	0.0000	0.0000	1.0000	
AD	0.0000	1	0.0000	0.0000	1.0000	
BC	0.0000	1	0.0000	0.0000	1.0000	
BD	0.0000	1	0.0000	0.0000	1.0000	
CD	0.0000	1	0.0000	0.0000	1.0000	
A^2	0.1802	1	0.1802	2.52	0.1346	
B^2	2.88	1	2.88	40.36	< 0.0001	
C^2	0.0450	1	0.0450	0.6306	0.4404	
D^2	0.0450	1	0.0450	0.6306	0.4404	
Cor Total	23.79	28				

بحث

در این مطالعه هدف از بهینه‌یابی، دستیابی به کمترین میزان رسوب و اندازه ذرات و هم‌چنین بالاترین میزان ویسکوزیته که از شاخص‌های کیفی مهم شیرکاکائو در میزان پذیرش مصرف‌کنندگان از محصول است و همچنین بالاترین میزان پذیرش کلی محصول از لحاظ ارزیابی حسی بود. بر اساس مدل‌های انتخاب‌شده، فرمولاسیون بهینه انتخابی توسط نرم‌افزار، در جدول ۷ ارائه‌شده است:

عدد مطلوبیت (Desirability) ۰/۷۶۹ به دست آمد که نشان‌دهنده تأیید نتایج است.

با افزایش غلظت اینولین، استویا، صمغ دانه چیا و پروتئین آب‌پنیر به فرمولاسیون شیر کاکائو میزان ویسکوزیته افزایش معنی‌داری یافت. بیشترین تأثیر را بین متغیرها، غلظت صمغ دانه چیا بر ویسکوزیته شیرکاکائو اعمال کرد. با افزایش غلظت صمغ دانه چیا از ۰/۱ تا ۰/۵ درصد، تقریباً ویسکوزیته شیر کاکائو ۱۰ mPa.s افزایش یافت. صمغ‌ها با افزایش ویسکوزیته فرآورده یا در اثر برهمکنش کلوئیدی از نوع ممانعت فضایی و دفع الکترواستاتیک، سبب پایداری سیستم‌های غذایی می‌شوند. Yanes و

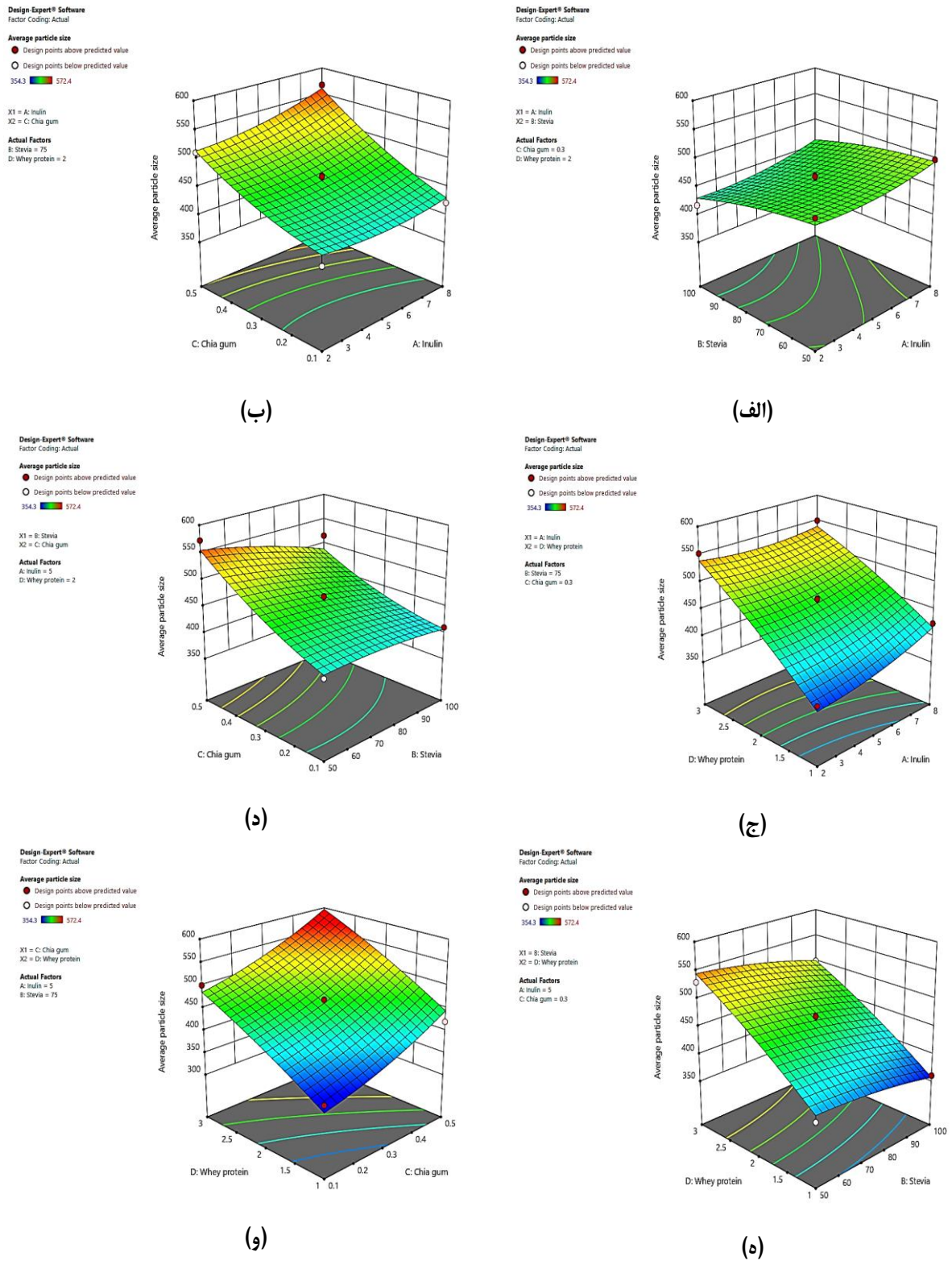

Figure 3- Response level diagram showing the interaction of factors a) inulin (%) and stevia (%), b) inulin (%) and chia gum (%), c) inulin (%) and whey (%), d) stevia (%) and chia gum (%), e) stevia (%) and whey (%), f) chia gum (%) and whey (%) on the average particle size of cocoa milk (nm)

شکل ۳- نمودار سطح پاسخ نشان‌دهنده اثر متقابل فاکتور الف) اینولین (٪) و استویا (٪)، ب) اینولین (٪) و صمغ چیا (٪)، ج) اینولین(٪) و آب‌پنیر (٪)، د) استویا (٪) و صمغ چیا (٪)، ه) استویا (٪) و آب‌پنیر (٪)، و) صمغ چیا (٪) و آب‌پنیر (٪) بر میانگین اندازه ذرات شیرکاکائو (نانومتر)

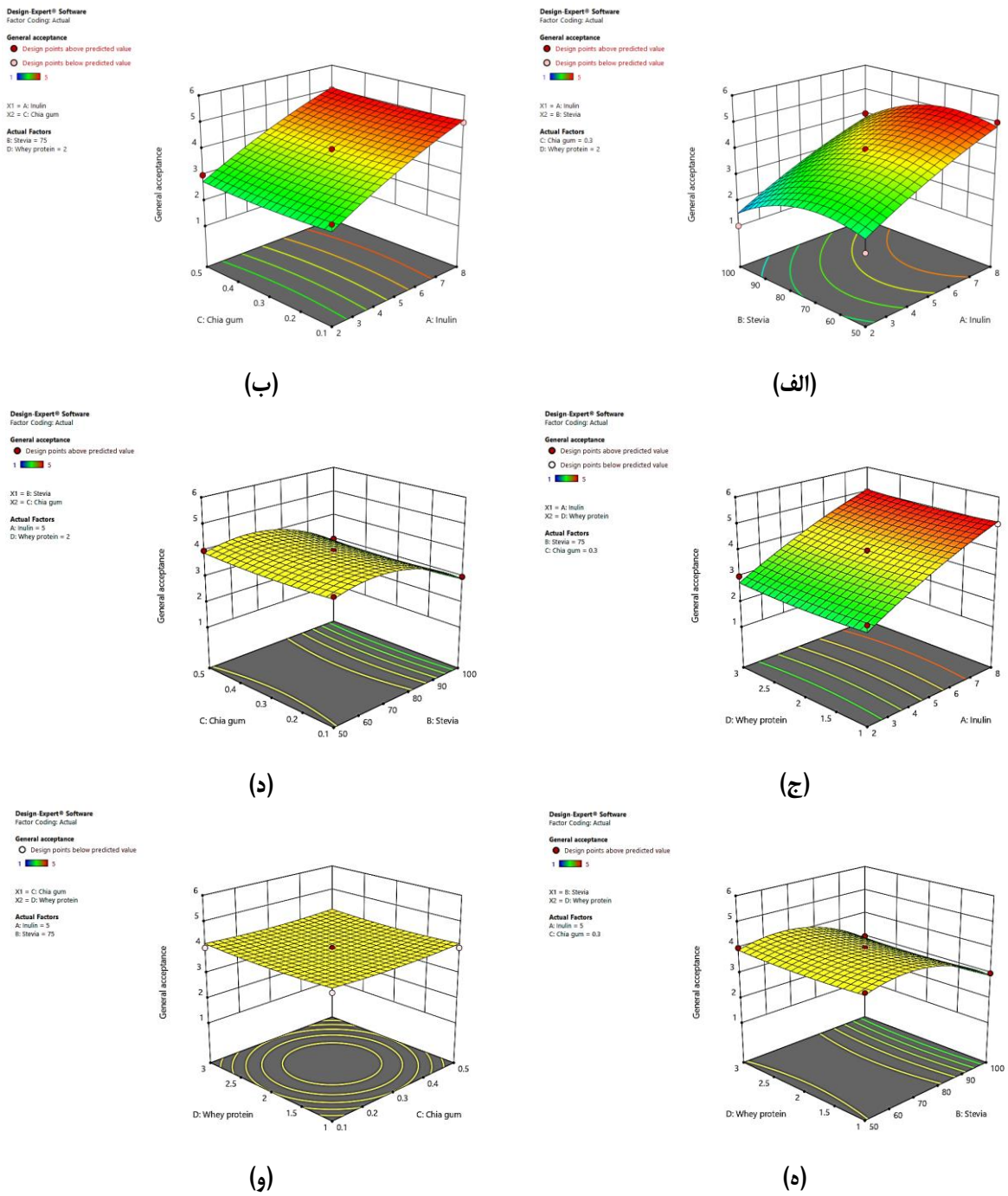

Figure 4- Response level diagram showing the interaction of factors a) inulin (%) and stevia (%), b) inulin (%) and chia gum (%), c) inulin (%) and whey (%), d) stevia (%) and chia gum (%), e) stevia (%) and whey (%), f) chia gum (%) and whey (%) on the general acceptance of cocoa milk

شکل ٤- نمودار سطح پاسخ نشان‌دهنده اثر متقابل فاکتور الف) اینولین (٪) و استویا (٪)، ب) اینولین (٪) و صمغ چیا (٪)، ج) اینولین (٪) و آب‌پنیر (٪)، د) استویا (٪) و صمغ چیا (٪)، ه) استویا (٪) و آب‌پنیر (٪)، و) صمغ چیا (٪) و آب‌پنیر (٪) بر پذیرش کلی شیرکاکائو

جدول ۷- درصدهای بهینه فاکتورهای مستقل

Table 7- Optimal percentages of independent factors

Percentage of Inulin	Percentage of Stevia	Percentage of Chia gum	Percentage of Whey protein
7.99	70	0.346	1

همکاران (۲۰۰۲) و Prakash و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که با افزایش صمغ، ویسکوزیته شیرکاکائو افزایش می‌یابد که تأییدی بر نتایج تحقیق حاضراست. گزارش شده است که کاپاکاراگینان و ژلاتین با کاپاکازئین تعامل دارند و زمانی‌که سیستم به‌قدر کافی حاوی یون کلسیم باشد، شبکه‌ای قوی را تشکیل می‌دهند، که کازئین موجود در آب‌پنیر نیز حاوی غلظت بالایی از فسفات کلسیم در فرم محلول است (Zhu, *et al*., 2020). همه این عوامل در افزایش ویسکوزیته نقش دارند. ابتدا آب را در طول عملیات حرارتی جذب می‌کنند و سپس با یکدیگر در تشکیل یک شبکه تعامل داشته که منجر به افزایش ویسکوزیته می‌گردند (Kalyani Nair, *et al*., 2010). Zhu و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند که هرچه میزان پروتئین آب‌پنیر در شیرشکلات بیشتر باشد به‌دلیل وجود کازئین بیشتر، ویسکوزیته افزایش می‌یابد. زیرا در طی عملیات حرارتی برهمکنش بین پروتئین‌ها برای تشکیل یک شبکه محکم افزایش یافته و درنتیجه آن ویسکوزیته نیز افزایش خواهد یافت. می‌توان بیان داشت که دلیل اصلی بیشتر بودن ویسکوزیته به حضور پروتئین‌ها و پلی‌ساکاریدهای موجود در تیمارهای شیرکاکائو باشد چرا که حضور این ترکیبات که دارای وزن‌مولکولی بالا هستند از طریق پیوند با آب و تشکیل شبکه ژلی، می‌تواند افزایش ویسکوزیته را توجیه کند. از طرف دیگر ویسکوزیته یک عامل تأثیرگذار روی ضریب افزایش حجم، سرعت خامه‌ای شدن، نرخ انتقال جرم و حرارت معرفی شده است (Prakash, *et al*., 2010). علت افزایش ویسکوزیته شیرکاکائو با افزایش غلظت اینولین از ۲ تا ۸ درصد را می‌توان به شباهت آن در رفتار رئولوژیکی به شکر دانست که همانند شکر باعث ایجاد قوام و بالا بردن ویسکوزیته محصول می‌گردد (Bohme, *et al*., 2020).

با افزایش غلظت صمغ دانه چیا از ۰/۱ تا ۰/۳ درصد میزان رسوب شیرکاکائو به‌طور معنی‌داری کاهش یافت ولی با افزایش غلظت از ۰/۳ تا ۰/۵ درصد میزان رسوب شیرکاکائو به‌طور چشم‌گیری افزایش یافت. در توجیه نتایج تحقیق حاضر طبق نظریه Syrbe و همکاران (۱۹۹۸) می‌توان به احتمال پدیده Depletion flocculation اشاره کرد؛ این پدیده زمانی رخ می‌دهد که غلظت هیدروکلوئید آزاد بیش از مقدار مورد نیاز باشد و هیدروکلوئید دیگر نتواند آب جذب کند و درنتیجه به شکل رسوب خارج شود. در مطالعه‌ای مشابه، Prakash و همکاران (۲۰۱۰) بیان کردند کاپا و لاندا کاراگینان در غلظت‌های ۰/۰۱ و ۰/۰۳ درصد موجب پایداری و کاهش میزان رسوب شیرکاکائو گردید و غلظت ۰/۱ درصد کاراگینان موجب افزایش رسوب شیرکاکائو شد. Bohme و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند صمغ کتیرا در غلظت ۰/۳ درصد قادر به پایدارسازی کامل نمونه‌های شیر آب پرتقال بود. علت کاهش میزان رسوب در شیرکاکائو در اثر افزایش غلظت پروتئین اینولین و استویا را می‌توان به خاصیت آبدوستی آن‌ها و تشکیل سیستم کلوئیدی پایدار مرتبط دانست (Homayouni Rad, *et al*., 2019).

اندازه ذرات در ماتریس شیرکاکائو تأثیر زیادی بر ویژگی‌های فیزیکی و حسی محصول دارد که هنگام تماس محصول در دهان، بافت شنی و ذرات ناهموار حس خواهد شد (Barros Verde, *et al*., 2021). در این مطالعه با افزایش غلظت صمغ دانه چیا، اینولین و پروتئین آب‌پنیر میانگین اندازه ذرات شیرکاکائو به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. هم‌چنین با افزایش میزان استویا به‌دلیل کم شدن میزان شکر در شیرکاکائو اندازه ذرات کاهش یافت. در بررسی مشابه با افزایش غلظت صمغ دانه ریحان از صفر تا ۰/۲ درصد اندازه ذرات امولسیون‌های ایزوله پروتئین آب‌پنیر افزایش یافت (Khorami, *et al*., 2013). پروتئین آب‌پنیر و اینولین نیز با برهمکنش با پلی‌ساکاریدهای موجود در شیرکاکائو و ایجاد کمپلکس با آن‌ها باعث افزایش اندازه ذرات شیر کاکائو می‌گردند (Hadidi, *et al*., 2020). طبق نتایج Volpini-Rapina و همکاران (۲۰۱۲) فیبرها در شیرشکلات احساس چسبندگی در دهان ایجاد می‌کنند و نمونه‌های دارای اینولین بعد از ۲۷۰ روز نگهداری طعم بهتری داشتند. اضافه‌کردن فیبر به شیرشکلات جایگزین خوبی برای شکر است و احساس دهانی خوبی نیز ایجاد می‌کند (Barros Verde, *et al*., 2021).

احساس دهانی به انواع مواد مختلفی مانند قند، چربی، پروتئین، تثبیت‌کننده‌هایی مانند کاراگینان و سایر عوامل غلیظ‌کننده موجود در شیر شکلات بستگی دارد (Lisak, *et al*., 2011). در این مطالعه نیز هرچه میزان اینولین، صمغ چیا و پروتئین آب‌پنیر افزایش یافت، میزان پذیرش

کلی نیز افزایش معناداری را نشان داد. با افزایش استویا ابتدا مقدار پذیرش کلی افزایش یافت اما هرچه که غلظت استویا بیشتر شد میزان مقبولیت به‌دلیل طعم تلخ و فلزی کاهش یافت. Mahato و همکاران (۲۰۲۱)، گزارش کردند هنگامی‌که دو شیرین‌کننده به‌صورت ترکیبی استفاده شوند، طعم تلخ و فلزی شیرین‌کننده استویا توسط عصاره میوه مانک[1] پوشانده شده و منجر به اثر مثبت و هم‌افزایی شیرین‌کننده استویا و عصاره میوه بر پس‌طعم خواهد شد. این موضوع درمجموع منجر به بهبود درک شیرینی و درنهایت دوست داشتن و پذیرش کلی محصول توسط مصرف‌کنندگان می‌شود. مطالعه Ferreira و همکاران (۲۰۱۷) و همچنین Shourideh و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند که شیرهای حاوی اینولین دارای طعم بهتری هستند. در مطالعه Razavizadeh و همکاران (۲۰۲۱) روغن دانه چیا به تنهایی به شیرشکلات اضافه شد که نتایج حاکی از ویژگی‌های حسی پایین بود. و در پژوهشی دیگر به این نتیجه رسیدند که با کپسوله‌کردن می‌توان مشکل را برطرف نمود (Razavizadeh and Tabrizi, 2021).

نتیجه‌گیری

حضور اینولین، استویا، صمغ دانه چیا و پروتئین آب‌پنیر در فرمول شیرکاکائو موجب بهبود خواص تأثیرگذار نظیر ویسکوزیته، میزان رسوب، اندازه ذرات در ارتقاء بازارپسندی و پذیرش کلی محصول توسط مصرف‌کنندگان گردید. با استفاده از روش سطح پاسخ غلظت‌های مطلوب به دست آمد و فرمول بهینه شامل ۷/۹۹٪ اینولین، ۷۰٪ استویا، ۰/۳۴۶٪ صمغ دانه چیا و ۱٪ پروتئین آب‌پنیر معرفی گردید. نتایج نشان داد استفاده توأم از اینولین، استویا، صمغ دانه چیا و پروتئین آب‌پنیر در غلظت مناسب می‌تواند علاوه‌بر پایدارسازی، بدون ایجاد تأثیر نامطلوب بر خصوصیات حسی شیر کاکائو، با داشتن خواص مفید تغذیه‌ای و سلامتی‌بخش، مورد استفاده قرار گیرند. از نقطه نظر صنعتی، نتایج این مطالعه می‌تواند به شرکت‌های مواد غذایی در غلبه بر چالش‌های فنی کاهش قند در نوشیدنی‌های مبتنی بر شیر کمک کند که درنتیجه آن می‌تواند به طور قابل‌توجهی برای سلامت جمعیت به‌خصوص برای کودکان مفید باشد.

منابع

Abedini, A., Pourahmad, R. & Hashemi Ravan, M. (2020). The effect of replacing rhabdiosides A and maltodextrin on the physicochemical and sensory properties of cocoa milk. Journal of Innovation in Food Science and Technology, 11(2), 142-131. [In Persian]

Barros Verde, A., Dutra Alvim, I., Luccas, V. & Vercelino Alves, R. (2021). Stability of milk chocolate with hygroscopic fibers during storage, LWT- Food Science and Technology, 137, 110-477. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110477

Bohme, B., Schneider, R., Harbs, T. & Rohm, H. (2020). Liberation of fat from milk powder particles during chocolate processing through moisture-induced lactose crystallization. LWT - Food Science and Technology, 126, 109-343. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109343

Cahill, J. P. & Provance, M. C. (2002). Genetics of qualitative traits in domesticated chia (Salvia hispanica L.). Journal of Heredity, 93(1), 52-55.

Carter, B.G., Cheng, N. & Kapoor, R. (2021). Microfiltration-derived casein and whey proteins from milk. Journal of Dairy Science, 104, 3.

Chavan, V. R., Gadhe. K. S. & Hingade, S. T. (2017). studies on extraction utilization of chia seed Gel in ice cream as a stabiliazer. Journal of Pharmacogncy and Phytochemistry, 1367-1370.

Ferreira, J. M., Azevedo, B. M., Luccas, V., & Bolini, H. M. A. (2017). Sensory Profile and Consumer Acceptability of Prebiotic White Chocolate with Sucrose Substitutes and the Addition of Goji Berry (Lycium barbarum). Journal of Food Science, 82(3), 818–824. https://doi.org/10.1111/17503841.13632

Gheibi, N., Raftani Amiri, Z. & Kasaei, M. R. (2016). Investigation of the effect of stevia and inulin on the structure, physicochemical and sensory properties of diet ice cream. Iranian Food Science and Industry, (1), 1-14. [In Persian]

Guiotto, E. N., Ixtaina, V. Y., Tomas, M. C. M. & Nolasco, S. M. (2013). Moisture-dependent engineering properties of chia

[1] Monk

(Salvia hispánica L.) seeds. Food Industry, 381-397.

Hadidi, M., Motamedzadegan, A., Jeylani, A. Z. & Khashadeh, S. (2020). Nanoencapsulation of hyssop essential oil in chitosan-pea protein isolate nano-complex. LWT - Food Science and Technology, 144, 111-254.

Homayouni Rad, A., Rasouli Pirouzian, H., Toker, O. & Konar, N. (2019). Application of simplex lattice mixture design for optimization of sucrosefree milk chocolate produced in a ball mill. LWT - Food Science and Technology, 115,108-435. [In Persian] https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108435.

Jafari, M., Fadaei Noghani, W. & Danshi, M. (2016). Investigation of the production of beneficial cocoa milk using ribadioside A, inulin, oligofructose and isomalt sweeteners. Food industry research, 26 (1), 137-123. [In Persian]

Kalyani Nair, K., Kharb, S. & Thompkinson, D. K. (2010). Inulin dietary fiber with functional and health attributes. A review. Food Reviews International, 26, 189-203.

Khorami, M., Hosseini P. & Motamedzadegan, A. (2013). The effect of basil seed gum on the stability, rheological behavior and particle size of whey protein isolate emulsions, Journal of Food Processing and Storage, 2, 91-114. [In Persian]

Lisak, k., Jelicic, I., Tratnik, L. & Bozanic, R. (2011). Influence of sweetener stevia on the quality of strawberry flavoured fresh yoghurt. Mljekarstvo / Dairy, 61(3), 220-225.

Nieman, D. C., Gillitt, N., Jin, F., Henson, D. A., Kennerly, K., Shanely, R. A., Ore, B., Su, M. & Schwartz, S. (2012). Chia seed supplementation and disease risk factors in overweight women: a metabolomics investigation. Journal of Alternative and Complementary Medicine, 18(7), 700-708.

Mahato, D. K., Keast, R., Liem, D., Russell, C. G., Cicerale, S. & Gamlath, S. (2021). Optimisation of natural sweeteners for sugar reduction in chocolate flavoured milk and their impact on sensory attributes. International Dairy Journal. 115, 104-922. https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2020.104922

Meyer, D. & Stasse-Wolthuis, M. (2009). The bifidogenic effect of inulin and oligofructose and its consequences for gut health. European Journal of Clinical Nutrition, 63, 1277-1289

Prakash, S., Huppertz, T., Karvchuk, O. & Deeth, H. (2010). Ultra-hightemperature processing of chocolate flavoured milk. Journal of Food Engineering, 96(2), 179-184.

Razavizadeh, B. M., Yeganehzad, S., Shahidi Noghabi, M. & Hashemi, S. (2021). Optimization of formulation of fortified milk chocolate with chia seed oil, vitamin D3, and calcium by surface response method. The Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology, 10(1), 29-42. https://doi.org/10.22101/ jrifst.2020.226037.1163

Razavizadeh, A. & Tabrizi, P. (2021). Characterization of fortified compound milk chocolate with microcapsulated chia seed oil. LWT- Food Science and Technology, 150, 111-993.

Sardar, H., Nisar, A., Anjum, M., Naz, S. & Ejaz, S. (2021). Foliar spray of moringa leaf extract improves growth and concentration of pigment, minerals and stevioside in stevia (Stevia rebaudiana Bertoni). Industrial Crops & Products, 16(6), 113-485.

Shourideh, M., Taslimi, A., Azizi, M. H. & Mohammadifar, M. A. (2012). Effects of D-tagatose and inulin of some physicochemical, rheological and sensory proper-ties of dark chocolate. International Journal of Bioscience, Biochemistry and Bio-informatics, 2(5), 314-319. https://doi.org/10.7763/IJBBB.2012.V2.124

Syrbe, A., Bauer, W. J. & Klostermeyer, H. (1998). Polymer science concepts in dairy systems_ An overview of milk protein and food hydrocolloid interaction. Int. Dairy Journal, 8, 179-193.

Vaucher, A. C. d. S., Dias, P. C., Coimbra, P. T., Costa, I. d. S. M., Marreto, R. N., Dellamora-Ortiz, G.M. & Ramos, M. F. (2019). Microencapsulation of fish oil by casein-pectin complexes and gum arabic microparticles: oxidative stabilisation. Journal of microencapsulation, 36(5), 459-473.

Volpini-Rapina, L.F., Sokei, F. R. & Conti-Silva, A. C. (2012). Sensory profile and preference mapping of orange cakes with addition of prebiotics inulin and oligofructose. LWT- Food Science and Technology, 48(1), 37-42. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.03.008

chocolate flavoured milk to temporal aspects of texture. International Dairy Journal, 110, 104-794.
https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2020.104794

Yanes, M., Duran, L. & Costell, E. (2002). Rheological and optical properties of commercial chocolate milk beverages. Journal of Food Engineering, (51), 229–234.

Zhu, Y., Bhandari, B. & Prakash, S. (2020). Relating the tribo-rheological properties of

Optimization of Functional Cocoa Milk Formulation Containing Inulin, Stevia, Chia Seed Gum and Whey Protein

Sh. Saedi [a], S. Jafarian[b*], S. H. Hosseini Ghaboos [c], L. Roozbeh Nasiraei [b]

[a] PhD Student of the Department of Food Science and Technology, Noor Branch, Islamic Azad University, Noor, Iran.

[b] Assistant Professor of the Department of Food Science and Technology, Noor Branch, Islamic Azad University, Noor, Iran.

[c] Assistant Professor of the Department of Food Science and Technology, Azadshahr Branch, Islamic Azad University, Azadshahr, Iran.

Received: 7 March 2022 Accepted: 3 August 2022

Abstract

Introduction: Cocoa milk is one of the most popular non-fermented dairy products, but due to its high levels of sucrose, it might cause diabetes and tooth decay in children. Due to the fact that today the tendency to consume natural foods is increasing with low calories and high shelf life, therefore, replacing sucrose with other sweeteners, especially natural ones, will be important. In this study, the aim is to optimize and achieve the highest percentage of viscosity and overall acceptance as well as reducing the amount of sedimentation and particle size that is one of the important quality indicators of cocoa milk in consumer acceptance.

Materials and Methods: For this purpose, treatment was performed based on cocoa milk formulation and based on the highest level of response. Independent variables included inulin (2 to 8%), chia seed gum (0.1 to 0.5%), stevia (50 to 100%) and whey protein concentrate (1 to 3%) and response variables, consisting of viscosity, particle size, sediment percentage and overall acceptance were considered. The functional relationship between the parameters affecting the cocoa milk formulation was determined using the Box Behnken experimental design.

Results: Based on the selected models, the optimal formulation was selected by the software consisted of 99.7% inulin, 70% stevia, 0.346% chia seed gum and 1% whey protein.

Conclusion: The presence of inulin, stevia, chia seed gum and whey protein in cocoa milk formula improved the effective properties such as increasing viscosity, reducing sedimentation and cocoa milk particle size in promoting marketability and product acceptance by consumers. Therefore health-promoting in cocoa milk formulation can lead to the production of useful products while maintaining quality and sensory properties.

***Keywords**: Cocoa Milk, Functional, Inulin, Stevia, Viscosity.*

* Corresponding Author: Drsjafarian@yahoo.com