مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

بهینه‌سازی خصوصیات فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی ماست کم‌چرب با افزودن صمغ دانه شنبلیله و ریحان و بررسی تاثیر آن بر زندهمانی بیفیدوباکتریوم بیفیدوم

سینا خادمی دهکردی [1]، مریم جعفری [1،2] *

۱- گروه علوم و صنایع غذایی، واحد شهرکرد، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرکرد، ایران

۲- مرکز تحقیقات تغذیه و محصولات ارگانیک، واحد شهرکرد، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرکرد، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت:۱۴۰۲/۱۱/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۴/۲۷

کلمات کلیدی:

ماست کم‌چرب،
صمغ دانه ریحان،
صمغ دانه شنبلیله،
پروبیوتیک

DOI:10.22034/FSCT.22.162.73.

* مسئول مکاتبات:

jafari.iaushk@yahoo.com

چکیده

استفاده از جایگزینهای چربی با خواص پری‌بیوتیکی از جمله صمغ دانه‌ها می‌تواند راهکار مناسبی برای بهبود ویژگیهای کیفی محصولات کم‌چرب باشد. در این پژوهش از روش سطح پاسخ با طرح مرکب مرکزی به منظور مطالعه اثر صمغ دانه ریحان در پنج سطح (۰/۲-۰ درصد) و شنبلیله (۰/۲-۰ درصد) بر خواص فیزیکوشیمیایی، بافتی و ارگانولپتیکی ماست کم‌چرب استفاده گردید. نتایج نشان داد که با افزایش میزان صمغها در فرمولاسیون ماست کم‌چرب میزان pH کاهش یافت. میزان آبانداری ماست کم‌چرب با افزودن صمغ دانه ریحان و شنبلیه کاهش یافت در حالی که ظرفیت نگهداری آب و ویسکوزیته افزایش پیدا کرد. بر پایه نتایج ارزیابی حسی نیز بیشترین امتیاز پذیرش کلی در تیمارهای حاوی مقادیر میانی صمغها کسب گردید. نتایج بهینه‌سازی با طرح مرکب مرکزی نشان داد که بهترین نمونه با خواص فیزیکوشیمیایی و حسی مطلوب زمانی حاصل میشود که فرمولاسیون ماست شامل ۰/۱۴ درصد صمغ دانه ریحان و ۰/۱۳ درصد صمغ دانه شنبلیله باشد. در قسمت دوم پژوهش اثر افزودن مقادیر بهینه صمغ‌های ذکر شده بر زنده‌مانی باکتری پروبیوتیک بیفیدوباکتریوم بیفیدوم و ویژگیهای مختلف ماست کم‌چرب طی دوره نگهداری مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که با افزودن باکتری پروبیوتیک و افزایش زمان نگهداری میزان pH نمونه‌ها کاهش یافت در حالی که اسیدیته افزایش پیدا کرد. یافته‌ها حکایت از آن داشت که در طی دوره نگهداری میزان آب‌اندازی و ویسکوزیته تمامی نمونه‌ها افزایش پیدا کرد در حالی که افزودن باکتری پروبیوتیک اثر قابل توجهی بر این پارامترها نداشت. استفاده از مقادیر بهینه صمغ دانه ریحان و شنبلیه اثر مثبتی بر زندهمانی باکتریهای پروبیوتیک داشت. به طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از صمغ دانه ریحان و شنبلیله به عنوان جایگزین چربی در فرمولاسیون ماست کم‌چرب پروبیوتیک می‌تواند راهکاری جهت بهبود خواص کیفی ماست و افزایش زنده‌مانی باکتری پروبیوتیک باشد.

۱-مقدمه

فرآورده‌های لبنی، از اجزای اصلی سبد غذایی مصرف‌کنندگان به شمار می‌آیند. با این حال، مقدار زیاد چربی در این محصولات، باعث کاهش محبوبیت آنها در بین مصرف‌کنندگان آگاه به نقش تغذیه در سلامت شده است. شواهد علمی بسیاری وجود داد که مصرف زیاد و/یا طولانی محصولات پرچرب، ریسک ابتلا به بیماریهایی مانند چاقی مفرط، دیابت نوع ۲، فشار خون بالا و بیماریهای قلبی-عروقی را افزایش می‌دهد [۱]. از این رو، تولید انواع کم‌چرب این محصولات، یکی از اولویت‌های اصلی تکنولوژیست‌های صنایع غذایی طی چند دهه اخیر بوده است. با این حال، به دلیل نقش کلیدی چربی شیر در شکل‌گیری بافت و عطر و طعم فرآورده‌های لبنی، تولید فرآورده‌های لبنی کم‌چرب از جمله ماست با چالش‌های جدی روبرو می‌باشد [۲]. ماست یکی از پرطرفدارترین محصولات لبنی است که در اثر تخمیر لاکتیکی شیر توسط باکتریهای لاکتیک اسید گرمادوست شکل می‌گیرد. این محصول لبنی اثرات سلامت‌بخش متعددی از قبیل اثر ضد سرطانی، کاهش کلسترول خون، ضد حساسیت، بهبود دسترسی زیستی کلسیم و سایر مواد مغذی، کنترل عفونتهای گوارشی، تحریک سیستم ایمنی و طول عمر دارد. با کاهش چربی در ماست، بافت و طعم ماست‌های کم‌چرب تحت تاثیر قرار می‌گیرد که مورد استقبال مصرف کنندگان قرار نمی‌گیرد [۳]. در طی سالهای گذشته استفاده از جایگزین‌های چربی به منظور بهبود ویژگیهای کیفی ماست پیشنهاد گردیده است. جایگزین مطلوب چربی علاوه بر کاستن چربی و کالری، باید تمام ویژگیهای فرآورده پرچرب اولیه را حفظ کند [٤]. هیدروکلوئیدها از جمله جایگزین‌های چربی می‌باشند که در سالهای اخیر بسیار مورد استفاده قرار گرفته‌اند. برخی از این ترکیبات علاوه بر این که نقش جایگزین چربی را دارند به عنوان یک ترکیب پری‌بیوتیک شناخته می‌شوند. پری‌بیوتیکها، فیبرهای غذایی کربوهیدراتی و غیرقابل هضم هستند که سبب تحریک رشد و تکثیر باکتریهای مانند بیفیدوباکتریوم و لاکتوباسیلوس در روده بزرگ شده و در نتیجه سبب بهبود سلامت میزبان می‌شوند [۵]. از جمله هیدروکلوئیدهای بومی ایران می‌توان به صمغ دانه ریحان و صمغ دانه شنبلیله اشاره کرد که در سالهای اخیر مورد توجه قرار گرفته‌اند.

شنبلیله یکی از قدیمی‌ترین و محبوب‌ترین گیاهان دارویی از تیره بقولات است که گونه‌های مختلف آن در بسیاری از نقاط جهان از جمله هند، آسیای میانه و شمال آفریقا رشد می‌کند. گالاکتومانان دانه شنبلیله مشابه گالاکتومانان دانه لوبیای لوکاست، گوار و تارا می‌باشد و عمدتاً شامل گالاکتوز و مانوز است [٦]. گالاکتومانانها در مواد غذایی، دارویی و آرایشی و بهداشتی کاربردهای گوناگونی همچون پرکننده و ماده زمینه در تولید قرص، ماده پوشاننده در فرآیند ریزپوشانی، تولید فیلم بسته‌بندی، افزایش قوام و پایدارکننده در سیستمهای امولسیونی و سوسپانسیونی و عامل امولسیون کننده، اصلاح کننده بافت و ژل کننده دارند. آنها همچنین به عنوان فیبر غذایی و جایگزین چربی قابل استفاده هستند [۷]. گیاه ریحان با نام علمی *Ocimum basilicum L* یکی از گیاهان بومی ایران است که به عنوان یک گیاه دارویی شناخته شده و مورد استفاده قرار می‌گیرد [۸]. وقتی که دانه ریحان در آب خیسانده می‌شود به دلیل وجود مواد پلی‌ساکاریدی، پریکارپ بیرونی آن متورم شده و به یک ماده ژلاتین مانند تبدیل می‌شود. هیدروکلوئید استخراج شده از دانه ریحان حاوی ساختاری هتروپلی‌ساکاریدی شامل گلوکومانان، زایلان و گلوکان است. این هیدروکلوئید خاصیت امولسیونی و پایداری خوبی دارد که پتانسیل کاربردی آن در مواد غذایی را افزایش داده است [۹-۱۰]. صمغ دانه ریحان یک هیدروکلوئید فعال سطحی است که خواص عملکردی خیلی خوب در قیاس با برخی از صمغهای تجاری دارد [۸]. بررسی‌ها نشان می‌دهد که صمغ دانه ریحان و شنبلیله از پتانسیل بالای جهت جایگزینی با چربی در ماست کم‌چرب برخوردار هستند. با این وجود، تا کنون پژوهشی در ارتباط

با تولید ماست کم‌چرب با استفاده از صمغ دانه ریحان و شنبلیله به عنوان جایگزین چربی صورت نگرفته است. از این رو، هدف پژوهش حاضر، بهینه‌سازی فرمولاسیون ماست کم‌چرب با بهره‌گیری از صمغ دانه ریحان و شنبلیله به عنوان جایگزینی چربی و همچنین بررسی اثر افزودن صمغ‌های ذکر شده بر زنده‌مانی باکتری پروبیوتیک بیفیدوباکتریوم بیفیدوم و ویژگیهای مختلف ماست کم‌چرب طی دوره نگهداری می‌باشد.

۲- مواد و روشها

۲-۱- مواد مورد استفاده

دانه‌های ریحان و شنبلیله از فروشگاه‌های گیاهان دارویی معتبر، شیر از شرکت پگاه تهران، استارتر ماست از شرکت دنیسکو دانمارک و باکتری پروبیوتیک (بیفیدوباکتریوم بیفیدوم *BB12*) از شرکت کریستین هانسن دانمارک تهیه شد. همچنین تمامی مواد شیمیایی مورد استفاده در این پژوهش از شرکت مرک آلمان خریداری شدند.

۲-۲- روشها

۲-۲-۱- استخراج صمغ دانه ریحان

دانه ریحان به نسبت ۱ به ۵۰ در دمای ۵۰ درجه سانتیگراد و pH برابر با ۷ با آب دیونیزه مخلوط شد. پس از مدت ۲۰ دقیقه، مخلوط حاصله به مدت ۲۰ دقیقه و با سرعت ۵۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. صمغ حاصله با استفاده از آون در دمای ۵۰ درجه سانتیگراد خشک شده و در بسته‌بندیهای غیر قابل نفوذ به رطوبت نگهداری شد [۱۱].

۲-۲-۲- استخراج صمغ دانه شنبلیله

پس از تمیز کردن دانه شنبلیله، توسط آسیاب خرد و از الک با مش ۳۰ عبور داده شد. به منظور استخراج صمغ دانه، آب به نسبت ٤٥ به ۱ به دانه افزوده شد. مخلوط آب و دانه با استفاده از همزن با سرعت ثابت ۱۵۰۰ دور در دقیقه در دمای ٦۰ درجه سانتیگراد مخلوط شد. پس از طی زمان لازم (۳ ساعت) دانه‌ها از محلول هیدروکلوئیدی جدا شد. محلول حاصل پس از نگهداری در دمای یخچال به مدت ٢٤ ساعت با افزودن استون به میزان ۳ برابر حجم رسوب داده شد. صمغ حاصل به وسیله صافی جداسازی و به منظور حذف استون و رطوبت در آون با دمای ۳۵ درجه سانتیگراد خشک شد [۱۲].

۲-۲-۳- تهیه ماست کمچرب

به منظور تولید ماست کم‌چرب، شیر کمچرب (۱/۵ درصد چربی) بر روی حمام بخار قرار داده شد و بعد از رسیدن به دمای ٤٥ درجه سانتیگراد، مقادیر مختلف صمغ دانه شنبلیله و ریحان (طبق طرح آزمایشات) به شیر افزوده شده و تا اختلاط کامل همزده شد (لازم به ذکر است ماده خشک با استفاده از افزودن شیر خشک تا مقدار ۱۲ درصد استاندارد شد). هر کدام از تیمارها در دمای ۹۰ درجه سانتیگراد به مدت ۱۰ دقیقه پاستوریزه شد و بعد از خنک شدن تا دمای ٤۲ درجه سانتیگراد، استارتر تجاری (در این مرحله باکتری پروبیوتیک به میزان ۰/۲ گرم بر لیتر در تیمارهای پروبیوتیک اضافه شد) به نمونه افروده شد. سپس نمونه‌ها به انکوباتور ٤۲ درجه سانتیگراد منتقل شدند و پس از رسیدن به pH= ٤/٦ نمونه‌ها تا زمان انجام آزمایشات (روز ۱ام پس از تولید) به یخچال ۵ درجه سانتیگراد انتقال داده شدند [۱۳]. در مرحله دوم پژوهش نمونه ماست کم‌چرب حاوی مقادیر بهینه صمغها تولید و ویژگیهای مختلف آن در طی زمان نگهداری (۱، ۷، ١٤ و ۲۱ روز پس از تولید) با نمونه کم‌چرب حاوی پروبیوتیک، ماست کم‌چرب (بدون صمغ) و ماست کم‌چرب پروبیوتیک (بدون صمغ) مقایسه شد.

۲-۲-٤- آزمون‌های فیزیکوشیمیایی

۲-۲-٤-۱- اندازه‌گیری pH و اسیدیته

اندازه‌گیری pH با استفاده از دستگاه pH متر دیجیتال (Metrohm مدل۸۲۷، ساخت سوئیس) انجام گرفت. همچنین اسیدیته قابل تیتراسیون نمونه‌ها پس از مخلوط کردن ۱۰ گرم از نمونه‌ها با ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر و تیتراسیون با استفاده از سود ۰/۱ نرمال و ۰/۵ میلی‌لیتر معرف فنل فتالئین تا ظاهر شدن رنگ صورتی تعیین شد [١٤].

۲-۲-٤-۲- اندازه‌گیری آب‌اندازی

حدود ۲۵ گرم از نمونه ماست بر روی کاغذ صافی (واتمن شماره ٤۳) ریخته شد و بر روی قیف‌های شیشهای قرار گرفت. مقدار سرم خارج شده پس از ۳ ساعت از طریق

نیروی وزنی بر حسب درصد آب جدا شده محاسبه گردید [۱۵].

۲-۲-٤-۳- ظرفیت نگهداری آب

حدود ۲۰ گرم از نمونه‌های ماست داخل فالکن ریخته شد و به مدت ۱۰ دقیقه در g ×۱۲۵۰ سانتریفیوژ شد. مقدار سرم خارج شده بعد از ۱۰ دقیقه توزین و سپس ظرفیت نگهداری آب بر حسب گرم بر کیلوگرم محاسبه شد [۱۵].

۲-۲-٤-٤- اندازه‌گیری ویسکوزیته

ویسکوزیته نمونه‌های ماست با استفاده از دستگاه ویسکومتر در دمای ٤ درجه سانتیگراد اندازه‌گیری شد. از اسپیندل شماره ۵ با سرعت برشی ٦۰ دور بر دقیقه استفاده شد و عدد مربوط به ویسکوزیته بعد از ۳۰ ثانیه قرائت شد [١٦].

۲-۲-۵- شمارش بیفیدوباکتریوم بیفیدوم

برای شمارش باکتری پروبیوتیک بیفیدوباکتریوم بیفیدوم، بعد از تهیه سری رقت‌ها توسط آب پپتون ۰/۱ درصد، در محیط RCA که فقط اجازه رشد بیفیدوباکتریوم را می‌دهد، به روش پورپلیت کشت داده شد و گرمخانه‌گذاری تحت شرایط بی هوازی (جار بی هوازی حاوی گاز پک) در دمای ۳۷ درجه سانتیگراد به مدت ۷۲ ساعت انجام شد [۱۷].

۲-۲-٦- ارزیابی حسی

نمونه‌های مختلف ماست به صورت اعداد سه رقمی کدگذاری شد و در شرایط یکسان در اختیار ارزیابها قرار گرفت. ویژگیهای حسی ماست کمچرب شامل رنگ، طعم، بافت و پذیرش کلی در چهارچوب آزمون هدونیک ۵ نقطه‌ای (بسیار خوب=۵، خوب=٤، متوسط=۳، بد=۲، خیلی بد=۱) توسط ۱۵ نفر ارزیابی شد [۱۸].

۲-۲-۷- مدل‌سازی و تجزیه و تحلیل آماری

بهینه‌سازی مقادیر صمغ دانه شنبلیله و ریحان در فرمولاسیون ماست کم‌چرب، با استفاده از روش سطح پاسخ و در قالب طرح مرکب مرکزی با ۵ تکرار در نقطه مرکزی برای دو متغیر و در پنج سطح (صفر، ۰/۰۵، ۰/۱۰، ۰/۱۵ و ۰/۲۰ درصد) صورت پذیرفت (جدول ۱). نمونه‌های ماست کم‌چرب بر اساس فرمولاسیونهای مشخص‌شده (۱۳ تیمار) در طرح آزمون تولید و از نقطه‌نظر ویژگیهای فیزیکوشیمیایی و ارگانولپتیکی مورد ارزیابی قرار گرفتند و در ادامه یک مدل چند جمله‌ای (رابطه شماره ۱) به داده‌های تجربی برازیده شد:

رابطه (۱)

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^{3} \beta_i X_i + \sum_{i=1}^{3} \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i=1}^{2} \sum_{j=i+1}^{3} \beta_{ij} X_i X_j + \varepsilon_{ij}$$

در رابطه مذکور Y پاسخ و $\beta 0$ و βi و βii و βij ضرایب رگرسیونی به ترتیب برای عرض از مبداء، اثرات خطی، اثرات درجه دوم و اثرات متقابل بوده و Xi و Xj متغیرهای مستقل می‌باشند. تحلیل سطح پاسخ و ترسیم نمودارها با استفاده از نرم افزار Desigen Expert نسخه ۸ انجام شد. همچنین در مرحله دوم پژوهش برای مقایسه ویژگیهای فیزیکوشیمیایی، ارگانولپتیکی و زنده‌مانی باکتریهای پروبیوتیک نمونه‌های مختلف در طی زمان نگهداری از طرح کاملاً تصادفی و نرم افزار Version SAS ۹.۱ استفاده شد. از آزمون دانکن برای مقایسه میانگین ویژگیهای مختلف استفاده شد و مقادیر در سطح معنی‌داری P <۰/۰۵ مورد ارزیابی قرار گرفت. کلیه اندازه‌گیریها در سه تکرار انجام گرفت. همچنین برای ترسیم نمودارها از نرم افزار اکسل ۲۰۱۳ استفاده شد.

Table 1 Uncoded and coded levels of independent variables used in the RSM design

Independent variable	Symbols	Range and levels				
		-1	-0.5	0	+0.5	+1
Basil seed gum (%)	X_1	0	0.05	0.10	0.15	0.20
Fenugreek seed gum (%)	X_2	0	0.05	0.10	0.15	0.20

۳- نتایج و بحث

۳-۱ pH و اسیدیته

بررسی یافته‌های آماری اثر صمغ دانه شنبلیله و ریحان بر میزان pH و اسیدیته نمونه‌های ماست کم‌چرب نشان داد که هر دو متغیر اثر خطی معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) بر pH و اسیدیته ماست کم‌چرب دارند (جدول ۲). در تفسیر نتایج جدول تجزیه واریانس، مقدار مثبت ضریب رگرسیونی نشان‌دهنده تاثیر افزایشی متغیر مستقل بر روی پارامتر مورد بررسی است در حالی که ضریب منفی تاثیر مخالفی دارد. بر این اساس با افزایش میزان صمغ دانه ریحان و شنبلیله در فرمولاسیون ماست کم‌چرب میزان اسیدیته افزایش می‌یابد در حالی که pH کاهش یافت (جدول ۲). دلیل افزایش اسیدیته و کاهش pH در اثر افزودن صمغ دانه شنبلیله و ریحان (شکل ۱) را می‌توان به اثر پری‌بیوتیکی این صمغ‌ها نسبت داد که موجب رشد بیشتر استارترهای ماست گردیده و در نتیجه مقدار اسید تولیدی افزایش و به دنبال آن اسیدیته افزایش و pH کاهش می‌یابد [۱۹]. در تشابه با نتایج این پژوهش دانکر و همکاران (۲۰۰۷) و حسن و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند که با افزایش صمغ گوار و موسیلاژ دانه شاهی میزان pH ماست کاهش پیدا کرده و بر مقدار اسیدیته افزوده می‌شود [۲۰-۲۱]. همچنین نتایج میلانی و همکاران (۲۰۱۱) در ارتباط با افزودن صمغ گوار به ماست منجمد و الماسی و همکاران (۱٤۰۰) در رابطه با افزودن صمغ ریحان به ماست کم‌چرب در تشابه با نتایج این پژوهش بود [۲۲-۲۳]. با توجه به آنالیز دادهها، مدلهای نهایی به دست آمده برای pH و اسیدیته به موازات تغییر اجزای فرمولاسیون در ماست کمچرب به صورت زیر (رابطه ۲ و ۳) تعیین شد. در واقع پارامترهای مؤثر در مدل به دست آمده با توجه به آنالیز واریانس انجام شده، انتخاب و در مدل نهایی قرار داده شدند.

$$Y_1 = 4.27 - 0.09X_1 - 0.06X_2$$ رابطه (۲)

$$Y_2 = 0.92 + 0.08X_1 + 0.07X_2$$ رابطه (۳)

که در این رابطه Y_1 میزان pH، Y_2 اسیدیته، X_1 صمغ دانه ریحان و X_2 صمغ دانه شنبلیله میباشند.

Table 2 Regression coefficients and analysis of variance (ANOVA) for predicted models for different response

Source	pH		Acidity (%)		Syneresis (%)		WHC (%)		Viscosity (Cp)	
	Coefficient	P value	Coefficient	P value	Coefficient	P value	Coefficient	P value	Coefficient	P value
Constant	4.27	<0.0001	0.92	<0.0001	14.27	0.0020	59.45	<0.0001	3691	<0.0001
Linear										
X_1	-0.09	<0.0001	0.08	<0.0001	-5.23	0.0016	9.30	<0.0001	1165	<0.0001
X_2	-0.06	<0.0001	0.07	<0.0001	-4.64	0.0031	7.71	<0.0001	968.8	<0.0001
Interaction										
X_{12}	0.002	0.588	0.015	0.128	-2.65	0.0489	2.26*	0.0014	142.5	0.0318
Quadratic										
X_{11}	-0.028	0.155	0.012	0.753	3.02	0.5230	-6.13	0.0113	-211	0.3604
X_{22}	-0.008	0.651	-0.008	0.816	2.32	0.6213	-3.53	0.0904	-205	0.3734
R^2	0.9907	-	0.9650	-	0.9024	-	0.9940	-	0.9827	-
R^2-adjust	0.9840	-	0.9400	-	0.8327	-	0.9897	-	0.9875	-
Lack of fit	-	0.398	-	0.392	-	0.272	-	0.073	-	0.207
CV	0.21	-	1.90	-	13.79	-	1.58	-	3.00	-

X_1& X_2 are Basil seed gum and Fenugreek seed gum, respectively.

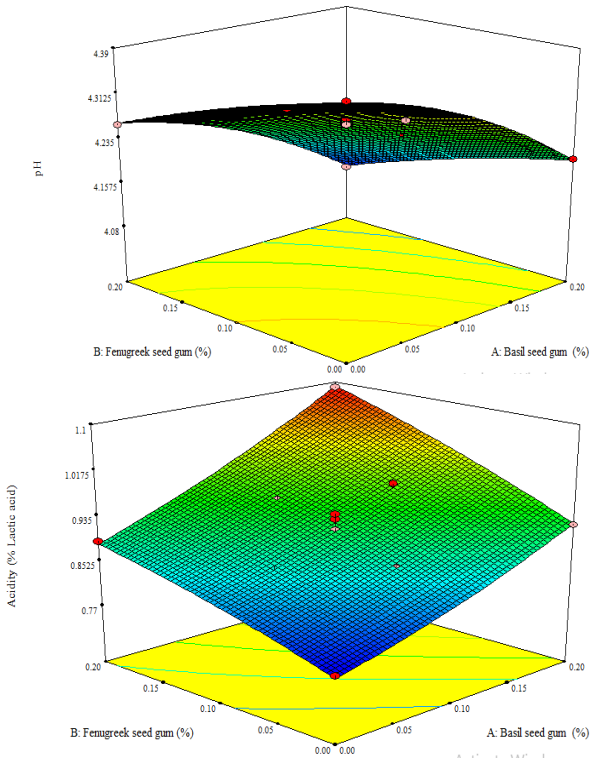

Fig 1 Response surface plots for interaction effects of gums on pH and acidity of low-fat yogurt

۳-۲- آب‌اندازی

آب‌اندازی به ظهور سرم یا آب پنیر در سطح ماست گفته می‌شود که یکی از معایب مهم ماست می‌باشد. آب‌اندازی به دلیل چروکیدگی ساختار سه‌بعدی شبکه پروتئینی ماست رخ می‌دهد که منجر به کاهش قدرت اتصال پروتئین‌های آب پنیر و خروج آن از محصول می‌گردد [۲٤]. یافته‌های آنالیز واریانس اثر غلظتهای مختلف صمغ دانه ریحان و شنبلیله بر میزان آب‌اندازی ماست کم‌چرب نشان می‌دهد که اثرات خطی متغیرهای ذکر شده و همچنین اثر متقابل آنها بر آب‌اندازی معنی‌دار (p<۰/۰۵) بود (جدول ۲). بررسی نمودار رویه سه بعدی (شکل ۲) حکایت از آن دارد که با افزایش صمغ دانه ریحان و شنبلیله میزان آب‌اندازی کاهش پیدا میکند که به علت ایجاد شبکه ژلی متراکم‌تر به دلیل حضور هیدروکلوئیدها در فرمولاسیون ماست و خاصیت جذب آب این هیدروکلوئیدها می‌باشد. در راستای این نتایج کریم و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که افزودن اینولین موجب کاهش آباندازی در ماست شد. این پژوهشگران نیز در توجیه نتایج خود اعلام کردند که با افزودن اینولین میزان ماده خشک و قوام ماست افزایش یافت، از طرفی دیگر اینولین باعث تشکیل شبکه ژلی می‌شوند و جذب سریع آب توسط این شبکه ژلی اتفاق می‌افتد که در نتیجه میزان آب اندازی کاهش می‌یابد [۲۵]. نتایج این پژوهش در تشابه با نتایج غیبی و اشرفی (۱۳۹۸) در بررسی اثر افزودن اینولین و صمغ دانه به بر میزان آباندازی ماست کمچرب بود [۲٦]. همچنین الماسی و همکاران (۱٤۰۰) نیز گزارش کردند افزودن صمغ ریحان موجب کاهش آب‌اندازی ماست کم‌چرب می‌شود [۲۳]. در نهایت عبارات غیر معنیدار (p>۰/۰۵) از مدل حذف شدند و رابطه زیر برای آباندازی ماست به دست آمد.

رابطه (٤) $Y = 14.27 - 5.23X_1 - 4.64X_2 - 2.65X_1X_2 Y = 14.27 - 5.23X_1 - 4.64X_2 - 2.65X_1X_2$

که در این رابطه Y میزان آباندازی، X_1صمغ دانه ریحان و X_2صمغ دانه شنبلیله میباشند.

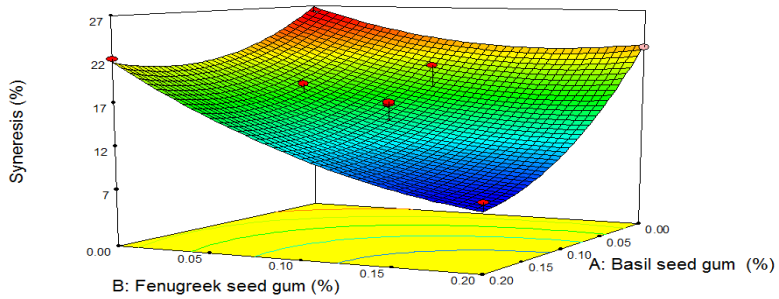

Fig 2 Response surface plots of interaction effects of gums on syneresis of low-fat yogurt

۳-۳- ظرفیت نگهداری آب

ظرفیت نگهداری آب، توانایی بافت ماست جهت ممانعت از خروج آب از داخل محصول و مهاجرت به سطح آن می‌باشد. ساختار شبکه سه بعدی پروتئینی وظیفه اصلی نگهداری و به دام انداختن مولکولهای آب در محصول را بر عهده دارد [۲۷]. یافته‌های آماری حکایت از آن دارد که هر دو متغیر مستقل اثر خطی معنی‌داری (p<۰/۰۵) بر میزان ظرفیت نگهداری آب داشتند همچنین اثر متقابل آنها و اثر درجه دوم صمغ دانه ریحان نیز از نظر آماری معنی‌دار (p<۰/۰۵) بود (جدول ۲). همانگونه که در شکل ۳ مشخص است با افزایش میزان صمغ دانه ریحان و شنبلیله در فرمولاسیون ماست کم‌چر میزان ظرفیت نگهداری آب افزایش پیدا کرد. افزایش میزان ظرفیت نگهداری آب ماست در نتیجه افزودن صمغها را می‌توان به افزایش مقدار ماده خشک در ماست و ایجاد ساختمان متراکم‌تر، پایدار شدن شبکه ژلی و تخلخل کمتر نسبت داد که باعث افزایش قابلیت نگهداری آب در ماست می‌شود [۲۸]. در تشابه با نتایج این پژوهش لاجوردی و همکاران (۱۳۹۹) گزارش کردند که افزودن دو صمغ لوبیای خرنوب و زانتان موجب افزایش ظرفیت نگهداری آب ماست می‌شود [۲۹]. در پژوهشی دیگر گانتومور و همکاران (۲۰۲٤) نیز گزارش کردند که با افزودن پروتئین آب پنیر اصلاح شده، میزان ظرفیت نگهداری آب ماست کمچرب افزایش یافت [۳۰]. رابطه ۵، مدل نهایی به دست آمده برای توضیح تغییرات ظرفیت نگهداری آب ماست کمچرب بر اساس اجزای فرمولاسیون را نشان میدهد.

$$Y = 59.45 + 9.30X_1 + 7.71X_2 + 2.26X_1X_2 - 6.13X_1^2$$

رابطه (۵)

$$Y = 59.45 + 9.30X_1 + 7.71X_2 + 2.26X_1X_2 - 6.13X_1^2$$

که در این رابطه Y میزان ظرفیت نگهداری آب، X_1صمغ دانه ریحان و X_2صمغ دانه شنبلیله میباشند.

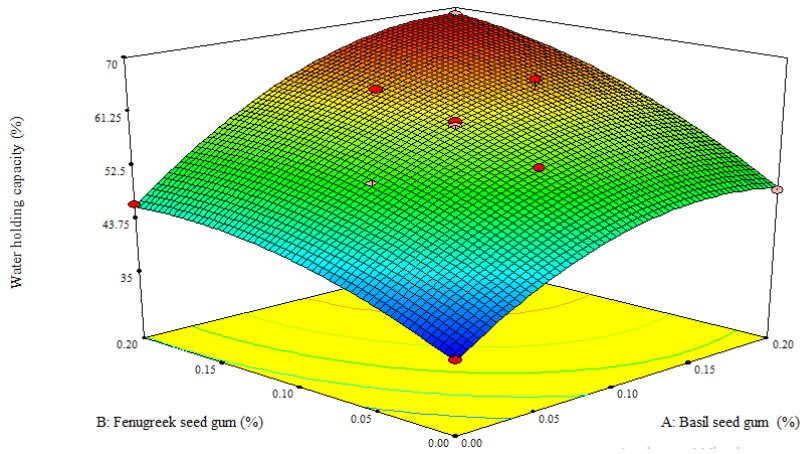

Fig 3 Response surface plots for interaction effects of gums on WHC of low-fat yogurt

۳-٤- ویسکوزیته

نتایج حاصل از آنالیز ویسکوزیته نمونه‌های ماست کم‌چرب نشان داد که هر دو متغیر صمغ دانه ریحان و شنبلیه اثر خطی و متقابل معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) بر ویسکوزیته ماست کم‌چرب دارند (جدول ۲). ویسکوزیته تحت تاثیر عوامل متعددی مانند ترکیبات تشکیل دهنده به ویژه چربی و پایدارکننده ها، نوع وکیفیت اجزا، غلظت و دما می‌باشد [۳۱]. بررسی نمودار سه بعدی (شکل ٤) نشان می‌دهدکه افزایش صمغ دانه ریحان و شنبلیله سبب افزایش ویسکوزیته ماست کم‌چرب شده است. در این رابطه می‌توان گفت که هیدروکلوئیدها با باند کردن آب آزاد موجود در نمونه باعث افزایش ویسکوزیته می‌شوند. ساها و باتاچاریا (۲۰۱۰) گزارش کردند که افزایش ویسکوزیته از تعامل بین زنجیره‌های پلیمری ترکیبات قوام دهنده ایجاد شده و در سیستم‌های با ویسکوزیته بالا مولکولهای موجود در شبکه ژلی ایجاد شده با یکدیگر تماس بیشتری پیدا می‌کنند و تحرک ذرات فاز پراکنده کاهش پیدا می‌کند. هیدروکلوئیدها شبکه‌های منسجم و متراکم ایجاد کرده و موجب عدم تحرک و درگیر شدن فاز پراکنده در فاز سوسپانسیون می‌شوند [۳۲]. در تطابق با نتایج این پژوهش الماسی و همکاران (۱٤۰۰) گزارش کردند افزودن صمغ ریحان موجب افزایش ویسکوزیته ماست کم‌چرب می‌شود [۲۳]. در همین راستا کیم و همکاران (۲۰۲۰) نیز گزارش کردند که با افزودن صمغ دانه ریحان به فرمولاسیون ماست کمچرب میزان ویسکوزیته افزایش پیدا میکند [۳۳]. مدل نهایی به دست آمده برای ویسکوزیته در رابطه ٦ نشان داده شده است.

رابطه (٦)

$$Y = 3691.29 + 1165.922X_1 + 968.89X_2 + 142.5X_1X_2$$
$$Y = 3691.29 + 1165.922X_1 + 968.89X_2 + 142.5X_1X_2$$
$$Y = 59.45 + 9.30X_1 + 7.71X_2 + 2.26X_1X_2 - 6.13X_1^2$$

که در این رابطه Y میزان ویسکوزیته، X_1صمغ دانه ریحان و X_2صمغ دانه شنبلیله میباشند.

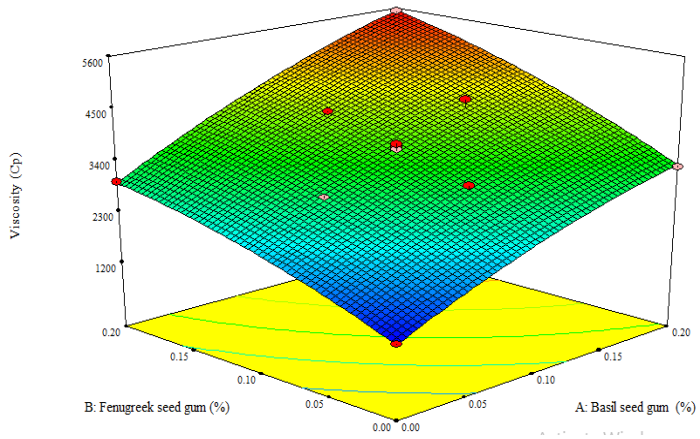

Fig 4 Response surface plots for interaction effects of gums on viscosity of low-fat yogurt

۳-۵- ویژگیهای ارگانولپتیکی

3-5-1-عطر و طعم

بررسی یافتههای آماری (جدول ۳) حکایت از آن دارد که تغییر غلظت صمغ دانه ریحان و شنبلیله در فرمولاسیون ماست کمچرب، تاثیر خطی معنیداری بر مقبولیت عطر و طعم دارد ($p<۰/۰۵$). نگاهی به نمودار سه بعدی (شکل ٤) نشان میدهد که با افزایش میزان صمغ دانه ریحان و شنبلیله میزان مقبولیت طعم ماست کمچرب افزایش پیدا کرده است.

در تشابه با نتایج این پژوهش الماسی و همکاران (۱٤۰۰) گزارش کردند که افزودن صمغ دانه ریحان باعث بهبود ویژگیهای حسی شده است که علت آن می‌تواند قوام کم آن در طول بلع و کاهش اصطکاک با دهان به دلیل جذب آب بالا و حالت ژلهای ایجاد شده در بافت باشد [۲۳]. همچنین توکلیپور و همکاران (۲۰۱٤) نیز بیان کردند که امتیاز طعم ماست کمچرب با افزودن نشاسته ذرت اصلاح شده، افزایش مییابد .[34]رابطه ۷ مدل نهایی به دست آمده برای مقبولیت عطر و طعم را نشان میدهد:

$$Y_1 = 3.90 + 0.26X_1 + 0.14X_2$$ رابطه (۷)

که در این رابطهها Y_1مقبولیت عطر و طعم، X_1صمغ دانه ریحان و X_2صمغ دانه شنبلیله میباشند.

Table 3 Regression coefficients and analysis of variance for predicted models for different responses

Source	Color (1-5)		Flavor (1-5)		Texture (1-5)		Overall acceptability	
	Coefficient	P value	Coefficient	P value	Coefficient	P value	Coefficient	P value
Constant	3.91	0.2436	3.90	0.0067	3.97	<0.0001	4.01	<0.0001
Linear								
X_1	-0.022	0.6756	0.26	0.0023	-0.17	0.0122	-0.29	0.0125
X_2	-0.11	0.0654	0.14	0.0452	-0.12	0.0435	-0.22	0.0371
Interaction								
X_{12}	0.000	1.00	-0.04	0.5233	-0.12	0.0495	-0.15	0.1463
Quadratic								
X_{11}	-0.38	0.1251	-0.19	0.4656	-1.87	<0.0001	-1.05	0.0252
X_{22}	0.42	0.0967	-0.11	0.6733	-1.07	0.0015	-1.85	0.0016
R^2	0.5542	-	0.8603	-	0.9965	-	0.9893	-

R^2-adjust	02358	-	0.7605	-	0.9940	-	0.9817	-
Lack of fit	-	0.0174	-	0.1191	-	0.7643	-	0.5583
CV	2.75	-	3.14	-	3.58	-	6.10	-

X_1& X_2 are Basil seed gum and Fenugreek seed gum, respectively.

3-5-2-مقبولیت بافت

نتایج آماری (جدول ۳) اثر غلظتهای مختلف صمغ دانه ریحان و شنبلیله بر مقبولیت بافت ماست کمچرب نشان داد که متغیرهای ذکر شده اثر معنیداری (p<۰/۰۵) بر مقبولیت بافت دارند. همچنین اثر متقابل متغیرها و اثرات درجه دوم آنها نیز از نقطه نظر آماری معنیدار بود (p<۰/۰۵). بررسی نمودار سهبعدی (شکل ٤) مقبولیت بافت ماست کمچرب از دید پانلیستها نشان میدهد که افزایش غلظت صمغ دانه ریحان و شنبلیله اثر دوگانهای بر میزان مقبولیت بافت داشته است و بیشترین امتیاز مقبولیت بافت مربوط به تیمارهای حاوی حدود میانی صمغها بود. صمغها به دلیل خاصیت پلیمری و هیدروکلوئیدی باعث افزایش میزان جذب آب و در نتیجه بهبود قوام ماست شدند. در تشابه با این نتایج رادی و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که استفاده از نشاسته گندم اصلاح شده در فرمولاسیون ماست کمچرب موجب بهبود پذیرش بافت محصول در بین مصرفکنندگان میشود [۳۵]. در همین راستا کیم و همکاران (۲۰۲۰) نیز اثر مثبت افزودن صمغ دانه ریحان را بر میزان امتیاز بافت ماست کمچرب گزارش کردند [۳۳]. شایان ذکر است در غلظتهای بالای صمغ میزان مقبولیت بافت در بین پانلیستها به گونه قابل توجهی کاهش یافت که این موضوع احتمالاً به دلیل ویسکوزیته بالای نمونههای حاوی مقادیر بالای صمغها باشد که بافت ماست را به گونه منفی تحت تاثیر قرار داده و مورد قبول مصرف کنندگان واقع نمیگردد. رابطه ۸ مدل نهایی به دست آمده برای مقبولیت بافت را نشان میدهد:

رابطه (۸)
$$Y_2 = 3.97 - 0.17X_1 - 0.12X_2 - 0.12X_1X_2 - 1.87X_1^2 - 1.07X_2^2$$

که در این رابطهها Y_2مقبولیت بافت، X_1صمغ دانه ریحان و X_2صمغ دانه شنبلیله میباشند.

3-5-3-پذیرش کلی

بررسی یافتههای ارزیابی پذیرش کلی ماست کمچرب (جدول ۳) نشان میدهد که هر دو متغیر مستقل اثر معنیداری بر پذیرش کلی داشتند. همچنین اثرات درجه دوم آنها نیز معنیدار بود (p۰/۰۵ ≥). بررسی نمودار سهبعدی (شکل ٤) حکایت از آن دارد که افزایش میزان صمغها اثر دوگانهای بر پذیرش کلی ماست کمچرب داشته است و بیشترین امتیاز پذیرش کلی در تیمارهای حاوی حدود میانی صمغها کسب شد. در زمینه مواد غذایی که در دسته ژلها طبقهبندی میشوند، مهمترین ویژگی که بر پذیرش آنها تاثیر میگذارد، بافت ماده غذایی است. هر چه انسجام بافت بیشتر و به عبارتی خلل و فرج کمتری داشته باشد، پذیرش کلی بالاتر است. بافت ماست تاثیر مستقیم بر احساس دهانی دارد و احساس دهانی در مواد غذایی ژل مانند از خصوصیات مهم است که بر سایر فاکتورها تاثیر میگذارد. صمغها به علت جذب آب موجب استحکام بافت ماست میشوند و احساس دهانی مطلوب، شبیه به چربی ایجاد میکنند [۳٦]. به همین دلیل است که ارزیابها امتیاز پذیرش کلی بیشتری به نمونههای حاوی حدود میانی صمغها دادهاند. کاهش پذیرش کلی نمونهها در غلظتهای بالای صمغ احتمالاً به دلیل اثر منفی صمغ در غلظتهای بالا بر بافت ماست میباشد که از دید پانلیستها مورد استقبال قرار نمیگیرد. این نتایج در تشابه با یافتههای نوروزی و همکاران (۱٤۰۰) در بررسی اثر مقادیر مختلف صمغ دانه بالنگو بر پذیرش کلی ماست کمچرب در بین مصرفکنندگان بود [۳۷]. دلیلی و همکاران (۱۳۹٦) نیز تاثیر مثبت موسیلاژ بامیه و صمغ گوار را بر ویژگیهای حسی ماست کمچرب گزارش کردند [۱۹]. رابطه ۹ مدل نهایی به دست آمده برای پذیرش کلی را نشان میدهد:

رابطه (۹)
$$Y_3 = 4.01 - 0.29X_1 - 0.22X_2 - 1.05X_1^2 - 1.85X_2^2$$

که در این رابطهها Y_3پذیرش کلی، X_1صمغ دانه ریحان و X_2صمغ دانه شنبلیله میباشند.

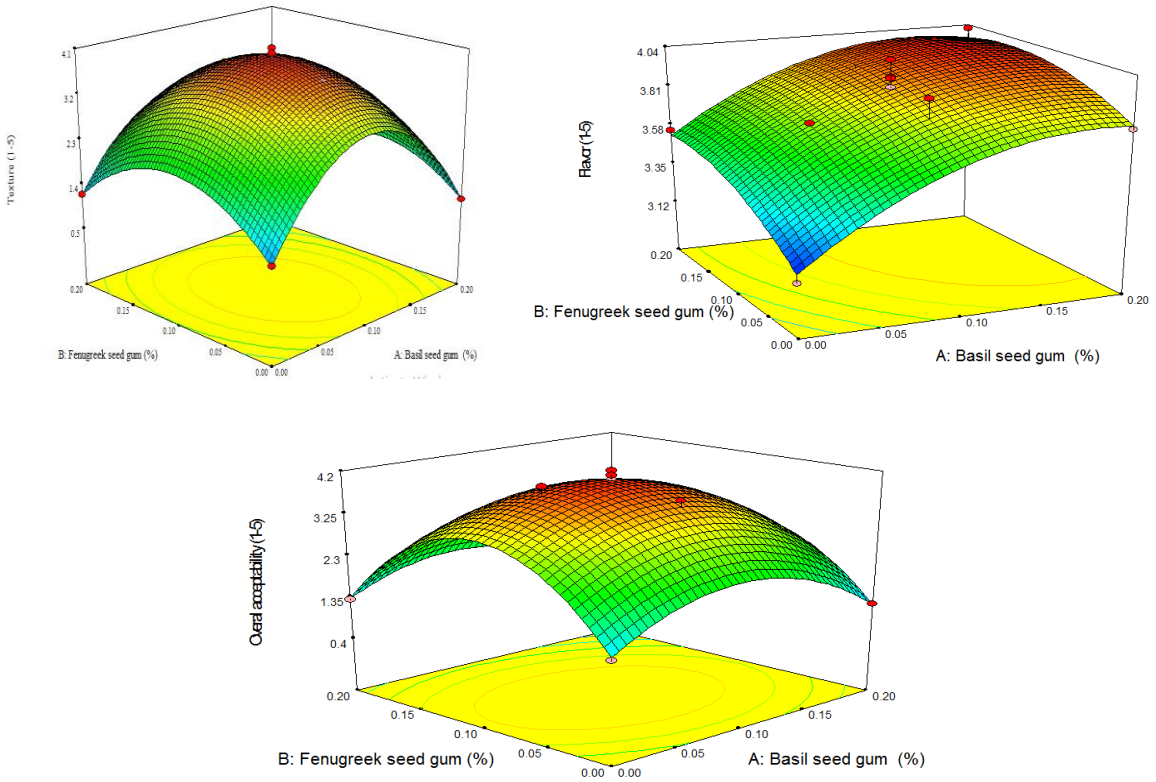

Fig 4 Response surface plots for effects of formulation ingredients on organoleptic characteristics of low-fat yogurt

۳-٦- بهینهسازی و تائید آماری مدلهای رگرسیونی

نتایج حاصل از بهینهسازی نشان داد که با بهکارگیری مقدار ۰/۱٤ درصد صمغ دانه ریحان و ۰/۱۳ درصد صمغ دانه شنبلیله در فرمولاسیون ماست میتوان محصولی کمچرب با ویژگیهای نزدیک به ماست پرچرب تولید نمود. تیمار پیشنهادی با شرایط یکسان همانند سایر تیمارها تولید و نتایج حاصل از آن با نتایج پیشگویی شده توسط مدلها مقایسه گردید (جدول ۳). عدم وجود اختلاف معنیدار در سطح احتمال ۹۵٪ بین نتایج پیشگویی شده و نتایج به دست آمده از تیمار پیشنهادی، صحت پیشگویی مدلها را به خوبی اثبات نمود.

Table 4 Predicted and experimental values for responses at the optimum point ingredients

	pH	Acidity	Syneresis	WHC	Viscosity	Flavor	Texture	Total point
Predicted	4.21	0.974	11.12	64.50	4410.8	3.99	3.47	3.46
Experimental	4.25±0.23	0.982±0.08	11.67±0.85	63.96±1.04	4350±82.1	3.89±0.11	3.52±0.12	3.55±0.13

۳-۷- بررسی ویژگیهای تیمارهای مختلف ماست طی دوره نگهداری

و۳-۷-۱- **pH** و اسیدیته

بر پایه یافته‌های آماری (جدول ۵) طی دوره نگهداری pH تمامی تیمارهای مورد پژوهش ماست بر خلاف اسیدیته متحمل کاهش معنی‌داری (p<۰/۰۵) شده‌اند. در طول دوره نگهداری میزان pH نمونه شاهد (ماست کم‌چرب بدون افزودن صمغ) و شاهد حاوی باکتری پروبیوتیک به گونه معنی‌داری (p<۰/۰۵) بیشتر از تیمارهای حاوی مقادیر بهینه صمغها (پروبیوتیک یا غیر پروبیوتیک) بود. همچنین نتایج گویای این مطلب بود که بیشترین و کمترین میزان اسیدیته در مقاطع مختلف نگهداری به ترتیب مربوط به تیمار پروبیوتیک حاوی مقادیر بهینه صمغها و نمونه شاهد بود. کاهش pH نمونه‌ها و افزایش اسیدیته در طول مدت نگهداری به دلیل فعالیت باکتریهای مولد اسیدلاکتیک و تولید اسید ثانویه می‌باشد. همچنین همانگونه که در قسمتهای پیشین نیز ذکر گردید علت پایین‌تر بودن pH و بالاتر بودن اسیدیته در نمونه‌های حاوی صمغ احتمالاً به دلیل تحریک فعالیت متابولیکی باکتریهای آغازگر مولد اسید بوده است. میزان تغییرات اسیدیته در رابطه عکس با pH قرار دارد و عواملی که باعث کاهش pH شده‌اند باعث افزایش اسیدیته می‌گردند. این نتایج در تشابه با یافته‌های و فرجی و همکاران (۱۳۹۵) در بررسی اثر صمغ عربی و تراگاکانت بر میزان pH و اسیدیته ماست کمچرب حاوی باکتری پروبیوتیک لاکتوباسلوس کازئی بود [۳۸]. افزودن باکتری پروبیوتیک موجب افزایش اسیدیته و کاهش pH گردید که این موضوع می‌تواند به دلیل فعالیت باکتری بیفیدوباکتریوم بیفیدوم در pHهای پایین و مصرف مواد قندی و به دنبال آن افزایش اسیدیته و کاهش pH باشد. در این زمینه قاسمپور و همکاران (۱۳۸۹) گزارش کردند که نمونههای ماست حاوی باکتری پروبیوتیک لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس و بیفیدوباکتریوم بیفیدوم میزان pH کمتر و اسیدیته بیشتری نسبت به نمونه شاهد داشتند [۳۹].

Table 5 Means±SD of pH and acidity of different low-fat yogurt samples during storage

Treatment	Ph			
	Day 1	Day 7	Day 14	Day 21
Control low-fat	4.39±0.04^{aA}	4.33±0.02^{bA}	4.25±0.01^{cA}	4.09±0.02^{dA}
Optimized low-fat	4.25±0.03^{aB}	4.18±0.04^{bC}	4.11±0.01^{cC}	4.01±0.02^{dB}
Control low-fat+ Probiotic bacteria	4.37±0.03^{aA}	4.28±0.04^{bB}	4.20±0.04^{cB}	4.06±0.03^{dA}
Optimized low-fat+ Probiotic bacteria	4.23±0.03^{aB}	4.13±0.05^{bD}	4.07±0.05^{cD}	3.98±0.05^{dB}
Treatment	Acidity			
	Day 1	Day 7	Day 14	Day 21
Control low-fat	0.780±0.006^{dD}	0.795±0.003^{cD}	0.812±0.001^{bD}	0.850±0.001^{aD}
Optimized low-fat	0.982±0.005^{dB}	0.994±0.002^{cB}	1.09±0.001^{bB}	1.15±0.005^{aB}
Control low-fat+ Probiotic bacteria	0.789±0.001^{dC}	0.810±0.005^{cC}	0.832±0.007^{bC}	0.869±0.005^{aC}
Optimized low-fat+ Probiotic bacteria	0.994±0.009^{dA}	1.09±0.005^{cA}	1.18±0.006^{bA}	1.29±0.001^{aA}

$^{a-d}$ Means within the same row with different superscripts differ (P<0.05)
$^{A-D}$ Means within the same column with different superscripts differ (P<0.05)

۳-۷-۲- آباندازی

نتایج تحلیل آماری (جدول ٦) نشان داد که میزان آب‌اندازی تمامی نمونه‌ها با افزایش زمان نگهداری افزایش پیدا کرد (p<۰/۰۵). همچنین در دوره نگهداری میزان آب‌اندازی نمونه‌های کم‌چرب حاوی مقادیر بهینه صمغها کمتر از نمونه‌های بدون صمغ بود (p<۰/۰۵) اما افزودن باکتری پروبیوتیک اثر معنی‌داری بر این پارامتر نداشت. همانگونه که در قسمت اول پژوهش ذکر گردید علت کاهش آب‌اندازی با افزودن صمغها می‌تواند به دلیلی شبکه ژلی متراکم‌تر در حضور هیدروکلوئیدها و خاصیت جذب آب آنها نسبت داد. در ارتباط با افزایش آب‌اندازی در طی نگهدرای نیز می‌توان گفت که کاهش pHدر طی دوره نگهداری باعث تغییر فرم طبیعی پروتئین شده و در اثر دناتوره شدن پروتئین، آب متصل به آن آزاد شده و آب‌اندازی افزایش می یابد [٤٠]. در

تشابه با نتایج این پژوهش رزمخواه و همکاران (۱۳۹۸) افزایش میزان آب‌اندازی نمونه‌های حاوی پکتین و صمغهای دانه مرو و ریحان را در طی نگهداری گزارش کردند [٤١]. همچنین الماسی و همکاران (١٤٠٠) و بهنیا و همکاران (۱۳۹۳) نیز اثر منفی افزایش زمان نگهداری بر آب اندازی را در ماست کم‌چرب گزارش کردند [۲۳، ٤۲].

Table 6 Means±SD of syneresis of different low-fat yogurt samples during storage

Treatment	Syneresis			
	Day 1	Day 7	Day 14	Day 21
Control low-fat	25.87 ± 0.19^{cA}	25.90 ± 0.22^{cA}	26.73 ± 0.12^{bA}	27.25 ± 0.20^{aA}
Optimized low-fat	11.67 ± 0.22^{cB}	11.75 ± 0.17^{bcB}	11.95 ± 0.30^{bB}	12.43 ± 0.31^{aB}
Control low-fat+ Probiotic bacteria	25.15 ± 0.25^{cA}	25.39 ± 0.25^{cA}	26.43 ± 0.32^{bA}	26.90 ± 0.25^{aA}
Optimized low-fat+ Probiotic bacteria	11.43 ± 0.29^{cB}	11.44 ± 0.315^{cB}	11.83 ± 0.29^{bB}	12.33 ± 0.21^{aB}

[a-d] Means within the same row with different superscripts differ (P<0.05)
[A-D] Means within the same column with different superscripts differ (P<0.05)

3-7-3- ویسکوزیته

یافته‌های بررسی تغییرات ویسکوزیته (جدول ۷) حکایت از آن داشت که طی دوره نگهداری ویسکوزیته تمامی نمونه‌ها به صورت معنی‌داری (p<۰/۰۵) افزایش پیدا می‌کند و در مقاطع یکسان نگهداری ویسکوزیته تیمارهای حاوی صمغ دانه ریحان و شنبلیله بیشتر از نمونه شاهد کم‌چرب (پروبیوتیک یا غیر پروبیوتیک) بود (p<۰/۰۵). همچنین لازم به ذکر است که بر طبق یافته‌ها افزودن باکتری پروبیوتیک اثر معنی‌داری (p<۰/۰۵) بر میزان ویسکوزیته نداشت. به طور کلی افزایش ویسکوزیته در طول دوره نگهداری احتمالاً به دلیل ایجاد تغییرات در اتصالات پروتئین-پروتئین و همچنین افزایش ظرفیت اتصال به آب صمغها است که سبب کاهش جریان‌پذیری و افزایش مقاومت نمونه در برابر جاری شدن یا همان ویسکوزیته ظاهری می‌شود [۲۳]. ناطقی (۱۳۹۸) طی بررسی امکان تولید ماست همزده کم‌چرب با استفاده از صمغ زدو به نتایج مشابهی دست یافت [۳٦]. همچنین الماسی و همکاران (١٤٠٠) نیز یافته‌های مشابهی گزارش کردند [۲۳].

Table 7 Means±SD of viscosity of different low-fat yogurt samples during storage

Treatment	Viscosity			
	Day 1	Day 7	Day 14	Day 21
Control low-fat	1299 ± 53^{dB}	1690 ± 61^{cB}	2046 ± 70^{bB}	2473 ± 73^{Ab}
Optimized low-fat	4350 ± 82^{dA}	4832 ± 95^{cA}	5232 ± 92^{bA}	5621 ± 87^{aA}
Control low-fat+ Probiotic bacteria	1310 ± 56^{dB}	1578 ± 91^{cB}	2001 ± 71^{bB}	2560 ± 82^{aB}
Optimized low-fat+ Probiotic bacteria	4439 ± 90^{dA}	4841 ± 96^{cA}	5168 ± 87^{bA}	5770 ± 98^{aA}

[a-d] Means within the same row with different superscripts differ (P<0.05)
[A-D] Means within the same column with different superscripts differ (P<0.05)

۳-۷-٤- شمارش بیفیدوباکتریوم بیفیدوم

بر طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۱۱۳۲۵ ماستی پروبیوتیک در نظر گرفته می‌شود که شمار میکروبی هر یک از گونه‌های پروبیوتیک به کار رفته در آن تا پایان تاریخ نگهداری کمتر از 10^6 cfu/mL باشد [٤۳]. نتایج بررسی شمار بیفیدوباکتریوم بیفیدوم (جدول ۸) نمونه‌های مختلف ماست در طی دوره نگهداری نشان داد که تغییرات شمار بیفیدوباکتریوم بیفیدوم هر دو نمونه در طی فرآیند نگهداری از الگوی یکسانی پیروی کرده است و با افزایش زمان نگهداری به گونه معنی‌داری کاهش پیدا کرده است ((p<۰/۰۵). بررسی نتایج آماری همچنین نشان داد که در تمامی مقاطع نگهداری شمار بیفیدوباکتریوم بیفیدوم نمونه حاوی مقادیر بهینه صمغ دانه شنبلیله و ریحان به گونه معنی‌داری بیشتر از نمونه شاهد پروبیوتیک بود (p<۰/۰۵). بقاً باکتریهای پروبیوتیک در ماست وابسته به عواملی نظیر گونه مورد استفاده، واکنش بین گونه‌های موجود در محیط کشت، ترکیب شیمیایی محیط کشت تخمیری، اسیدیته

نهایی، مواد جامد شیر، درجه حرارت و سطوح تلقیح دارد [٤٠]. در نمونه حاوی مقادیر بهینه صمغها قابلیت زنده‌مانی باکتری پروبیوتیک نسبت به نمونه فاقد صمغ بیشتر بود. افزودن پری‌بیوتیکها می‌تواند مواد مغذی فرآورده را افزایش دهد و یا از اثرات منفی محیط بر روی باکتریها بکاهد [٢٠]. همچنین با افزایش زمان نگهداری و فعالیت باکتریها اسیدیته نمونه‌ها افزایش و میزان مواد مغذی موجود کاهش می‌یابد که احتمالاً سبب کاهش تعداد باکتریها با افزایش زمان نگهداری خواهد شد. دانکر و همکاران (٢٠٠٦) گزارش کردند که غنی‌سازی ماست با پری‌بیوتیکها مخصوصاً اینولین، منجر به بهبود زنده‌مانی باکتریهای پروبیوتیک ماست طی دوره نگهداری می‌شود [٢٠]. در تشابه با نتایج این پژوهش دلیلی و همکاران (١٣٩٦) گزارش کردند که افزودن صمغ گورا و بامیه به فرمولاسیون ماست کم‌چرب اثر مثبتی بر زندهمانی باکتری بیفیدوباکتریوم بیفیدوم طی دوره نگهداری دارد [١٩]. همچنین حسینی و همکاران (١٣٩٥) نیز اعلام کردند که میزان زندهمانی باکتری پروبیوتیک لاکتوباسیلوس پاراکازئی در نمونههای ماست همزده بدون چربی حاوی مالتودکسترین و زانتان بیشتر از نمونه شاهد بود [٤٠]

Table 8 Means±SD of *bifidobacterium bifidum* count (log10 cfu/ml) of different low-fat yogurt samples during storage

Treatment	*Bifidobacteriumbifidum*			
	Day 1	Day 7	Day 14	Day 21
Control low-fat+ Probiotic bacteria	7.35 ± 0.11^{aB}	7.05 ± 0.08^{bB}	6.53 ± 0.08^{cB}	6.03 ± 0.15^{dB}
Optimized low-fat+ Probiotic bacteria	7.95 ± 0.15^{aA}	7.64 ± 0.06^{bA}	7.32 ± 0.16^{cA}	6.94 ± 0.15^{dA}

$^{a-d}$ Means within the same row with different superscripts differ ($P<0.05$)
$^{A-D}$ Means within the same column with different superscripts differ ($P<0.05$)

٤-نتیجه‌گیری کلی

در قسمت اول این پژوهش اثر صمغ دانه شنبلیله و ریحان بر ویژگیهای فیزیکوشیمیایی و حسی ماست کم‌چرب با استفاده از روش سطح پاسخ مورد بررسی قرار گرفت. به طور کلی نتایج این قسمت از پژوهش نشان داد با بهره‌گیری از مقادیر بهینه صمغ دانه ریحان (٠/١٤ درصد) و شنبلیله (٠/١٣ درصد) در فرمولاسیون ماست کم‌چرب می‌توان محصولی کم‌چرب با ویژگیهای مطلوب فیزیکوشیمیایی و حسی و مشابه ماست پرچرب تولید کرد. در قسمت دوم این پژوهش نمونه ماست کم‌چرب حاوی مقادیر بهینه صمغها با نمونه کم‌چرب پروبیوتیک حاوی مقادیر بهینه صمغها، نمونه کم‌چرب (بدون صمغ) و نمونه کم‌چرب پروبیوتیک (بدون صمغ) طی دوره نگهداری مقایسه شد. نتایج نشان داد که با افزایش زمان نگهداری میزان pH بر خلاف اسیدیته کاهش پیدا کرد. همچنین بر پایه یافته‌ها افزودن باکتری پروبیوتیک موجب کاهش pH و افزایش اسیدیته شد. میزان آب‌اندازی و ویسکوزیته تمامی نمونه‌ها با افزایش زمان نگهداری افزایش یافت و افزودن باکتری پروبیوتیک بر این پارامترها اثر معنی‌داری نداشت. نتایج شمارش باکتری پروبیوتیک (بیفیدوباکتریوم بیفیدوم) نیز گویای این مطلب بود که بکارگیری صمغهای دانه ریحان و شنبلیله در فرمولاسیون ماست کم‌چرب اثر مثبتی بر افزایش زنده‌مانی باکتری پروبیوتیک دارد.

٥- منابع

[1] Danesh, E., Goudarzi, M., &Jooyandeh, H. (2018). Transglutaminase-mediated incorporation of whey protein as fat replacer into the formulation of reduced-fat Iranian white cheese: physicochemical, rheological and microstructural characterization. Journal of Food Measurement and Characterization, 12(4), 2416-2425.

[2] McClements, D. J. (2015). Reduced-fat foods: the complex science of developing diet-based strategies for tackling overweight and obesity. Advances in Nutrition, 6(3), 338S-352S.
[3] Helal, A., Rashid, N. N., Dyab, N. E., Otaibi, M. A. &Alnemr, T. M. (2018). Enhanced Functional, Sensory, Microbial and Texture Properties of Low-Fat Set Yogurt Supplemented with High-Density Inulin. J Food Processing & Beverages, 6(1), 11.
[4] Guven, M., Yasar, K., Karaca, O. B. &Hayaloglu, A. A. (2005). The effect of inulin as a fat replacer on the quality of set-type low-fat yogurt manufacture. International Journal of Dairy Technology, 58(3), 180-184.
[5] Roberfroid, M. B. (2005). Introducing inulin-type fructans. British Journal of Nutrition, 93(S1), S13-S25.
[6] Stephen, A. M., & Phillips, G. O. (2016). Food polysaccharides and their applications. CRC press.
[7] Ghobadi, E., Varidi, M., Varidi, M. J., &Koocheki, A. (2018). Fenugreek seed gum: extraction optimization and evaluation of antioxidant properties. Innovative Food Technologies, 5(3), 447-468 [In Persian] .
[8] BahramParvar, M., & Goff, H. D. (2013). Basil seed gum as a novel stabilizer for structure formation and reduction of ice recrystallization in ice cream. Dairy Science & Technology, 93(3), 273-285.
[9] Javidi, F., Razavi, S. M., Behrouzian, F., &Alghooneh, A. (2016). The influence of basil seed gum, guar gum and their blend on the rheological, physical and sensory properties of low-fat ice cream. Food Hydrocolloids, 52, 625-633.
[10] Naji-Tabasi, S., &Razavi, S. M. A. (2017). Functional properties and applications of basil seed gum: An overview. Food Hydrocolloids, 73, 313-325.
[11] Razavi, S., Mortazavi, S. A., Matia-Merino, L., Hosseini-Parvar, S. H., Motamedzadegan, A., &Khanipour, E. (2009). Optimisation study of gum extraction from Basil seeds (Ocimumbasilicum L.). International journal of food Science & Technology, 44(9), 1755-1762.
[12] Niasti, S., pourhaji, F. & sahraiyan, B. (2019). Evaluation of replacement of oil by Fenugreek seed gum on quality properties of low-fat chiffon cake. Iranian Food Science and Technology, 16 (94), 23-37 [In Persian] .
[13] Soofi, M., Alizadeh, A. & Mousavi Kalajahi, S. E. (2019) Optimization of low-fat prebiotic yogurt processing containing inulin at different temperatures and shear stresses. Iranian Food Science and Technology, 16(86), 109-118[In Persian] .
[14] AOAC (1997) Official Methods of Analysis. 16th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
[15] Sodini, I., Montella, J. & Tong, P. S. (2005). Physical properties of yogurt fortified with various commercial whey protein concentrates. Journal of the Science of Food and Agriculture, 85(5), 853-859.
[16] Sahan, N., Yasar, K. & Hayaloglu, A. A. (2008). Physical, chemical and flavor quality of non-fat yogurt as affected by a β-glucan hydrocolloidal composite during storage. Food Hydrocolloids, 22(7), 1291-1297.
[17] Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (2011). Milk products - possible count of Bifidobacterium. National Standard Organization of Iran, No. 13772.
[18] Isik, U., Boyacioglu, D., Capanoglu, E. & Erdil, D. N. (2011). Frozen yogurt with added inulin and isomalt. Journal of dairy science, 94(4), 1647-1656.
[19] Dalili, R., Khosrowshahi, A. &Almasi, H. (2017). Effect of okra mucilage (Hibiscus esculentus l.) and guar gum as fat replacers on viability of Bifidobacterium bifudum and some quality properties of low-fat yoghurt. Food industry research, 27(3), 77-98 [In Persian] .
[20] Donkor, O. N., Nilmini, S. L. I., Stolic, P., Vasiljevic, T., & Shah, N. P. (2007). Survival and activity of selected probiotic organisms in set-type yoghurt during cold storage. International dairy journal, 17(6), 657-665.
[21] Hassan, L. K., Haggag, H. F., ElKalyoubi, M. H., Abd EL-Aziz, M., El-Sayed, M. M., & Sayed, A. F. (2015). Physico-chemical properties of yoghurt containing cress seed mucilage or guar gum. Annals of Agricultural Sciences, 60(1), 21-28.
[22] Milani, E., &Koocheki, A. (2011). The effects of date syrup and guar gum on physical, rheological and sensory properties of low-fat frozen yoghurt dessert. International journal of dairy technology, 64(1), 121-129.
[23] Almasi, N., MohammadzadehMilani, J. &Najafian, L. (2022). Effect of Basil Seed Hydrocolloid on Physicochemical and Sensory properties of low-fat Yogurt. Iranian Food Science and Technology, 18 (121), 1-11 [In Persian].
[24] Lucey, J. A. (2004). Cultured dairy products: an overview of their gelation and texture properties. International Journal of Dairy Technology, 57(2-3), 77-84.
[25] Karim, M., Naderi, B., Mirzaie, M. &Sanjabi, N. (2018). Investigating the Physicochemical and Sensory Characteristics of Low-fat Yoghurt containing Long-chain Inulin and CarboxyMethyl Cellulose. Food Technology & Nutrition, 15: 85-98.
[26] Gheybi, N., &ashrafi, R. (2020). The Effect of Inulin and Quince Seed Gum Powder on the Physicochemical and Qualitative Properties of Low-Fat Yogurt. Iranian Journal of Biosystems Engineering, 50(4), 963-975 [In Persian] .
[27] Bahrami, M., Ahmadi, D., Alizadeh, M., &Hosseini, F. (2013). Physicochemical and sensorial

properties of probiotic yogurt as affected by additions of different types of hydrocolloids. Food Science of Animal Resources, 33(3), 363-368.
[28] Aziznia, S., Khosrowshahi, A., Madadlou, A., &Rahimi, J. (2008). Whey protein concentrate and gum tragacanth as fat replacers in nonfat yogurt: chemical, physical, and microstructural properties. Journal of dairy science, 91(7), 2545-2552.
[29] Ladjvardi, Z. S., Yarmand, M. S., Emam-Djomeh, Z., &Niasari-Nasalji, A. (2020). Synergistic effect of locust bean and xanthan gum on viability of probiotic bacteria and water holding capacity of synbiotic yogurt from camel milk. Iranian Food Science and Technology Research Journal, 16(1), 131-143 [In Persian].
[30] Gantumur, M. A., Sukhbaatar, N., Jiang, Q., Enkhtuya, E., Hu, J., Gao, C., ... & Li, A. (2024). Effect of modified fermented whey protein fortification on the functional, physical, microstructural, and sensory properties of low-fat yogurt. Food Control, 155, 110032.
[31] Aghajani, A., Mirzaei, F., Kermani, M., SaeidiAsl, M.R. &Pedram Nia, A. (2023). Physicochemical and Sensory Evaluation of low-fat Probiotic Yogurt Containing Corn Starch and FerulagoAngulata (Chevil) Extract. Journal of Innovation in Food Science and Technology, 14(4), 51-67 [In Persian].
[32] Saha, D., & Bhattacharya, S. (2010). Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: a critical review. Journal of food science and technology, 47, 587-597.
[33] Kim, S. Y., Hyeonbin, O., Lee, P., & Kim, Y. S. (2020). The quality characteristics, antioxidant activity, and sensory evaluation of reduced-fat yogurt and nonfat yogurt supplemented with basil seed gum as a fat substitute. Journal of dairy science, 103(2), 1324-1336.
[34] Tavakolipour, H., Vahid-moghadam, F., & Jamdar, F. (2014). Textural and sensory properties of lowfat concentrated flavored yogurt by using modified waxy corn starch and gelatin as a fat replacer. Int J Biosci, 5(6), 61-67.
[35] Radi, M., Niakousari, M., & Amiri, S. (2009). Physicochemical, textural and sensory properties of low-fat yogurt produced by using modified wheat starch as a fat replacer. Journal of Applied Sciences, 9(11), 2194-2197.
[36] Nateghi, L. (2019). An Investigation about Possibility the Manufacture of Low-Fat Stirred Yoghurt using Zedo Gum. Food industry engineering research, 18(2), 29-42 [In Persian].
[37] Nowrouzi, S., GhodsRohani, M. &Rashidi, H. (2021). Effects of Balangu Seed Gum on Physicochemical and Sensory Characteristics of Low-Fat Fresh Yoghurts. Iranian J NutrSci Food Technol, 16 (2), 69-78 [In Persian].
[38] Faraji, F., porahmad, R., & hashemi, M. (2016). Effect of Arabic gum and Tragacanth gum on viability of Lactobacillus casei and physicochemical and sensory properties of probiotic reconstituted yogurt. Journal of Food Research, 26(1), 61-74 [In Persian].
[39] Ghasempour, Z., Alizadeh, M. & R Bari, M. (2011). Optimisation of probiotic yoghurt production containing Zedo gum. International Journal of Dairy Technology, 65: 118-125.
[40] Hosseini, S.r., Pourahmad, R. &Rajaei, P. (2015). The effect of maltodextrin and xanthan gum on physicochemical, sensory and microbial properties of probiotic free-fat stirred-type yoghurt containing Lactobacillus paracasei subsp. Paracasei. Journal of applied microbiology in food industry, 2(1), 39-50 [In Persian].
[41] RazmkhahSharbiani, S., Razavi, S. M. A., Khalil, B. &Mozaheri Tehrani, M. (2010). Investigating the effect of using pectin, fennel seed gum and basil on the physicochemical and sensory properties of abstract and untreated yogurt. Iranian Food Science and Technology, 6(1), 27-36 [In Persian].
[42] Behnia, A., Karazhiyan, H., Niazmand, R., &MohammadiNafchi, A. R. (2014). Effect of Cress seed gum on rheological and textural properties of low-fat yoghurt. Research and Innovation in Food Science and Technology, 3(3), 255-266 [In Persian].
[43] Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (2011). Probiotic Yogurt - characteristics and test methods, Iranian National Standard No. 11325.

Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Optimization of physicochemical, textural and sensory properties of low-fat yogurt by adding fenugreek and basil seeds gum and investigating its effect on *Bifidobacterium bifidum* viability

Sina Khademi Dehkordi[1], Maryam Jafari [1,2*]

1- Department of Food Science and Technology, Shahrekord Branch, Islamic Azad University, Shahrekord, Iran.

2- Research Center of Nutrition and Organic Products, Shahrekord Branch, Islamic Azad University, Shahrekord, Iran

ARTICLE INFO

Article History:

Received:2024/2/1

Accepted:2024/7/17

Keywords:

Low-fat yogurt,
Basil seed gum,
Fenugreek seed gum,
Probiotic

DOI: **10.22034/FSCT.22.162.73.**

*Corresponding Author E-

Jafari.iaushk@yahoo.com

ABSTRACT

The use of fat substitutes with prebiotic properties, such as seeds gum, can be a suitable solution to improve the quality characteristics of low-fat products. In this research, response surface method with central composite design used to investigate the effect of basil seeds (0-0.2%) and fenugreek seeds gum (0-0.2%) on the physicochemical, textural and organoleptic properties of low-fat yogurt. The results showed that with the increase in the amount of gums in the low-fat yogurt formulation, the pH decreased. Addition of basil and fenugreek seeds gum reduced the syneresis of low-fat yogurt, while the water holding capacity and viscosity increased. Based on the results of sensory evaluation, the highest overall acceptance score was obtained in the treatments containing intermediate amounts of gums. The results of optimization with the central composite design showed that the best sample with optimum physicochemical and sensory properties was obtained when 0.14% of basil seed gum and 0.13% of fenugreek seed gum were used in the yogurt formulation. In the second part of the research, the viability of *Bifidobacterium bifidum* in the optimal yogurt formulation and different characteristics of low-fat yogurt was evaluated during the storage period. The results showed that by adding probiotic bacteria and increasing the storage time, the pH of the samples decreased while the acidity increased. The findings indicated that during the storage time, the amount of syneresis and viscosity of all samples increased, while the addition of probiotic bacteria did not have a significant effect on these parameters. Based on the results of counting probiotic bacteria, the use of optimal amounts of basil and fenugreek seeds gum had a positive effect on the viability of probiotic bacteria. In general, the results of this research showed that the use of basil and fenugreek seeds gum as a fat substitute in probiotic low-fat yogurt formulation can improve the quality properties of low-fat yogurt and increase the viability of probiotic bacteria.