مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

امکان سنجی تولید ماست کم‌کالری سین‌بیوتیک با استفاده از آرد موز سبز و ارزیابی خصوصیات فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی آن

مریم نکوئیان[۱]، درنوش جعفرپور[۲*]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، واحد فسا، دانشگاه آزاد اسلامی، فسا، ایران.

۲- استادیار گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، واحد فسا، دانشگاه آزاد اسلامی، فسا، ایران.

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۱/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۲۵

کلمات کلیدی:

ماست کم چرب،

آرد موز سبز،

خواص رئولوژیکی،

جایگزین چربی.

DOI: 10.52547/fsct.18.116.277

* مسئول مکاتبات:

d.jafarpour84@yahoo.com

چکیده

این مطالعه به منظور بررسی تأثیر استفاده از آرد موز سبز به‌عنوان جایگزین چربی بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی ماست کم‌کالری سین‌بیوتیک انجام گردید. بدین منظور مقادیر مختلف آرد موز سبز در غلظت‌های ۱، ۲ و ۳ درصد به ماست افزوده شد. هم‌چنین پودر باکتری *باسیلوس کواگولانس* به میزان 10^9 CFU/g مورد استفاده قرار گرفت. در این پژوهش آزمون‌های pH، اسیدیته، بافت، ویسکوزیته ظاهری، ارزیابی رنگ و ارزیابی حسی صورت پذیرفت و با دو نمونه ماست شاهد کم‌چرب و شاهد پرچرب مقایسه گردید. نتایج این تحقیق نشان داد که جایگزینی آرد موز سبز باعث کاهش معنی‌دار میزان pH و میزان آب انداختگی نمونه‌های ماست نسبت به نمونه شاهد کم‌چرب شد. سفتی بافت و ویسکوزیته ظاهری با افزایش درصد آرد موز سبز، به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرده که در این میان، نمونه حاوی ۲ درصد آرد موز سبز مشابه نمونه شاهد پرچرب بود. همچنین نتایج ارزیابی حسی نشان داد که مطلوب‌ترین نتیجه مربوط به نمونه‌های حاوی ۱ و۲ درصد آرد موز سبز بود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که آرد موز سبز ۲درصد به دلیل دارا بودن خصوصیات فیزیکوشیمیایی مطلوب و ایجاد بافت و طعمی قابل‌قبول می‌تواند به عنوان جایگزین چربی برای تهیه ماست کم‌کالری سین‌بیوتیک مورداستفاده قرار گیرد.

۱- مقدمه

از دیرباز محصولات تخمیری شیر به دلیل خواص مطلوب تغذیه‌ای، ماندگاری بالا، عطر و طعم منحصر به فرد و خواص درمانی، نقش به سزایی در تغذیه خانواده‌ها داشته‌اند. در این میان ماست به دلیل دارا بودن خصوصیات متمایزی مانند حضور باکتری‌های زنده و میزان بالای لاکتیک اسید، خواص تغذیه‌ای و درمانی قابل ملاحظه یکی از پرطرفدارترین محصولات تخمیری به شمار می‌رود [۱]. ماست محصول لبنی تخمیری است که با تخمیر لاکتوز شیر، توسط کشت‌های آغازگر *استرپتوکوکوس ترموفیلوس* و *لاکتوباسیلوس دلبروکی* زیرگونه *بولگاریکوس* بدست می‌آید [۲]. این فرآورده با درصدهای چربی مختلفی ساخته می‌شود، اما امروزه با توجه به افزایش تمایل جهت مصرف فرآورده‌های کم‌چرب و بدون چربی، خصوصاً در افراد مبتلا به بیماری‌های قلبی، عروقی و دارای چربی خون بالا، ترجیح داده می‌شود که از شیر کم‌چربی جهت تهیه این فرآورده استفاده شود [۳]. همان‌گونه که مشخص است، ماست‌های دارای چربی بیشتر، بافت مناسب‌تر و عطر و طعم بهتری دارند به همین علت برای ایجاد چنین خصوصیات یا خصوصیات مشابه در فرآورده‌های کم‌چرب یا بدون چربی باید از جایگزین‌ها یا افزودنی‌های مناسب استفاده نمود [٤].

یکی از مهمترین اهداف کارخانه‌های لبنی تولید محصولی با کیفیت مناسب از لحاظ ظاهر، بافت، طعم و ماندگاری بالا می‌باشد، اما کاهش و یا حذف گلبول‌های چربی شیر تاثیرات نامطلوبی برخصوصیات حسی، مکانیکی و بافتی فرآورده دارد. از جمله مهمترین این عیوب می‌توان به کاهش ویسکوزیته، افزایش آب‌اندازی، سستی بافت و افزایش دانه‌ای شدن در ماست اشاره کرد. روش‌های مختلفی برای رفع این عیوب پیشنهاد شده است از جمله آن‌ها می‌توان به تغییر فرمولاسیون ماست با استفاده از جایگزین‌های چربی اشاره کرد [۵]. جایگزین‌های چربی مبتنی بر پایه کربوهیدراتی و پروتئینی، کالری‌کمتری نسبت به چربی طبیعی ایجاد می‌کنند و خصوصیات حسی، فیزیکوشیمیایی و رئولوژیکی محصولات را بهبود می‌بخشند. علاوه بر آن ماست قابلیت این را دارد که به عنوان یک حامل برای رساندن پروبیوتیک‌ها و پری‌بیوتیکها به بدن مورد استفاده قرار گیرد. از این رو، استفاده از ترکیباتی که بتوانند هم نقش پری‌بیوتیکی داشته و هم به عنوان جایگزین چربی عمل کنند، بسیار حائز اهمیت است.

محصولات لبنی از بهترین سوبستراها برای انتقال تعداد کافی از باکتری‌های پروبیوتیک به مصرف‌کننده در نظر گرفته می‌شود [٦]. پروبیوتیک‌ها میکروارگانیسم‌های زنده‌ای هستند که در صورت مصرف در مقدارهای معین و زنده‌مانی در فرآورده و ناحیه‌ی گوارشی، سلامتی میزبان را بهبود می‌بخشند [۷]. باکتری‌های اسید لاکتیک و بیفیدوباکتریوم‌ها میکروارگانیسم‌های متداولی هستند که به عنوان پروبیوتیک استفاده می‌شوند. اما توانایی زنده ماندن آن‌ها با کاهش pH در معده و برخورد با نمک‌های صفراوی در بدن مصرف‌کنندگان تحت تأثیر قرار می‌گیرد. *باسیلوس کواگولانس* در میان باکتری‌های پروبیوتیک یک باکتری خاص است زیرا توسط یک لایه پروتئینی شبیه اسپور پوشیده شده است که این ویژگی باعث می‌شود که این باکتری بتواند شرایط pH معده و روده را تحمل کند و رشد نیز داشته باشد. این باکتری با ایجاد تغییر در محیط روده می‌تواند باکتری‌های مفید و ضروری روده را حمایت کند و با بهبود وضع محیط و با جایگزین‌شدن میکروارگانیسم‌های مطلوب و ضروری و همچنین با خاصیت آنتاگونیستی، نسبت به باکتری‌های بیماری‌زا بخشی از فعالیت خود را به عنوان یک پروبیوتیک انجام می‌دهد [۸]. پری‌بیوتیک‌ها اجزای غیرقابل هضم غذاهای عملگرا می‌باشند که تکثیر و فعالیت جمعیت باکتریایی مطلوب را در روده تحریک کرده و از تکثیر پاتوژن‌ها ممانعت می‌کنند [۷]. این ترکیبات ممکن است نقش حفاظت کننده‌ای بر روی باکتری‌های پروبیوتیک در طول دوره‌ی نگهداری و عبور از ناحیه‌ی گوارشی داشته باشند [۹]. ترکیب پروبیوتیک‌ها و پری‌بیوتیک‌ها و سینرژیست بین آن‌ها سین‌بیوتیک نامیده می‌شود [۱۰]. در غذاهای سین‌بیوتیک، افزودن پری‌بیوتیک موجب افزایش زنده‌مانی پروبیوتیک‌ها در غذا شده و ماندگاری غذا را افزایش می‌دهد.

آرد موز سبز یک منبع پیچیده کربوهیدرات است که از پوره موز سبز (موزهای نابالغ) تهیه می‌شود. آرد موز سبز به عنوان آرد بدون دانه است که طعم موز بسیار بسیار خفیف بوده و هیچ طعمی در زمانی که پخته می‌شود حس نمی‌شود. آرد موز سبز مقدار قند خون را متعادل می‌کند و مقدار فیبر بالای آن سبب کاهش وزن شده و کاملا مغذی است [۱۱]. آرد موز سبز حاوی نشاسته مقاوم (RS)[1] است. نشاسته مقاوم در حالت هضم آهسته بسیار مفید بوده و می‌تواند به عنوان منبع آزادکننده

1. Resistant starch

آهسته گلوکز مورد استفاده قرار گیرد. به طورکلی رفتار فیزیولوژیکی RS شبیه فیبر گوار است که منجر به کاهش pH کولون، حجیم کردن مدفوع، کاهش تحلیل رفتن سلول‌های اپیتلیال در روده بزرگ و کاهش کلسترول و تری‌گلیسرید در خون می‌شود. هم‌چنین RS باقی‌مانده (هضم نشده) توسط میکروفلورهای روده‌ای تخمیر و اسیدهای چرب کوتاه زنجیر به ویژه استات، پروپیونات و بوتیرات تولید می‌کند. نشاسته مقاوم موجود در موز سبز با دارا بودن ویژگی‌های فوق، مکانیسم بالقوه‌ای را در آزاد کردن گلوکز و کمک به افراد دیابتی به ویژه دیابت نوع دو ایجاد می‌کند [۱۲].

مطالعات متعددی در مورد تولید ماست کم‌چرب تحت تاثیر ترکیبات مختلف انجام شده است [۱۵-۱۳]. Amiri Aghdaei و همکاران (۲۰۱۰)، تأثیر استفاده از موسیلاژ دانه ریحان را بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و رئولوژیکی ماست کم‌چرب مورد مطالعه قرار دادند. نتایج تحقیق مذکور نشان داد که افزودن موسیلاژ به ماست موجب کاهش آب‌اندازی شده و ویژگی‌های رئولوژیکی آن را بهبود می‌بخشد [۱۶].

Ghasemi & Mahdian(۲۰۱۹)، اثرات پری‌بیوتیکی فیبرهای حاصل از ضایعات آناناس، انار و گندم را در ماست سین‌بیوتیک مورد بررسی قرار دادند و گزارش نمودند که استفاده از فیبرهای مذکور به‌عنوان ترکیبات پری‌بیوتیک می‌تواند اثرات مثبتی بر مقبولیت این محصول داشته باشد [۱۷]. تاکنون تاثیر آرد موز سبز در فرآورده‌های تخمیری مورد بررسی قرار نگرفته است، لذا مطالعه حاضر با هدف ارزیابی خصوصیات فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی ماست کم‌کالری سین‌بیوتیک حاوی آرد موز سبز و باکتری *باسیلوس کواگولانس* طراحی شده است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد مورد استفاده

برای تهیه ماست، شیر پاستوریزه کم‌چرب (۱/۵ درصد چربی) از کارخانه‌ی پانل فسا تهیه شد. آرد موز سبز از شرکت بهین آزما خریداری شد. استارتر ماست از شرکت هانسن (دانمارک) و باکتری *باسیلوس کواگولانس* از شرکت پردیس رشد مهرگان خریداری شدند. کلیه مواد شیمیایی و محیط‌های کشت مورد استفاده از شرکت مرک آلمان با درجه خلوص تجزیه‌ای تهیه شدند.

۲-۲- آماده‌سازی استارتر

طبق دستور العمل شرکت تولید کننده، افزودن استارتر به صورت مستقیم بوده، بنابراین پودر استارتر مستقیم به شیر افزوده شد.

۲-۳- تهیه ماست

به شیر کم‌چرب، پودر آرد موز سبز با درصدهای ۱، ۲ و۳ درصد اضافه کرده و در دمای ۹۰ درجه سانتیگراد به مدت ۵ دقیقه پاستوریزه شد. سپس دما را کاهش داده (۴۵-۴۲ درجه سانتیگراد) و عمل تلقیح استارتر صورت گرفت (استارتر با پودر باکتری مخلوط و به شیر افزوده شد). پودر باکتری *باسیلوس کواگولانس* به میزان 10^9 CFU/g مورد استفاده قرار گرفت. سپس عملیات گرم خانه‌گذاری تا تشکیل لخته مناسب و رسیدن به pH موردنظر (حداکثر۴/۶) صورت گرفت. بعد از آن نمونه‌های آماده شده در ظرف‌های استریل بسته‌بندی شدند و به مدت ۴ هفته جهت آزمایشات مورد نظر در دمای ۴ درجه سانتیگراد نگهداری و در فواصل زمانی ۰، ۷، ۱۴، ۲۱ و ۲۸ روز پس از تولید آزمایشات مورد نظر انجام شد.

۲-۴- آزمون‌ها

۲-۴-۱- اندازه‌گیری pH

میزان pH نمونه‌ها با استفاده از pHمتر (مدل SKY/JBX، ساخت کشور آلمان) طبق استاندارد ملی به شماره ۲۸۵۲ در طی مدت نگهداری اندازه‌گیری شد.

۲-۴-۲- اندازه‌گیری اسیدیته

اندازه‌گیری اسیدیته ماست‌ها طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۲۸۵۲ انجام شد. ابتدا نمونه‌ها توسط قاشق کاملا یکنواخت گردید و ۱۸ گرم ماست در بشر ریخته و به آن ۱۸ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد. پس از آن ۳ تا ۵ قطره فنل فتالئین افزوده و با سدیم هیدروکسید (سود) ۰/۱ نرمال تیتر گردید تا رنگ صورتی پایدار که حداقل ۵ ثانیه ثابت بماند، ظاهر شود. مقدار سود مصرفی یادداشت شد و با استفاده از فرمول، درصد اسیدیته بر حسب اسید لاکتیک محاسبه شد.

۲-۴-۳- اندازه‌گیری ماده خشک

ماده خشک نمونه‌ها با استفاده از تبخیر در آون طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۶۹۵ در طی مدت نگهداری اندازه‌گیری شد. بدین صورت که حدود ۵ گرم از نمونه در داخل ظرفی که قبلا به وزن ثابت رسانده شده وزن نموده و داخل آون ۱۰۵ درجه سلسیوس قرار داده شد تا به وزن ثابت برسد. بعد از

سرد کردن در داخل دسیکاتور، نمونه را وزن نموده و از فرمول زیر درصد ماده خشک آن محاسبه شد [۱۸].

$$\text{ماده خشک (٪)} = \frac{\text{وزن پلیت خالی - وزن نهایی نمونه همراه با پلیت}}{\text{وزن نمونه}} \times ۱۰۰$$

۲-٤-٤- ویسکوزیته ظاهری

ویژگی‌های رئولوژیکی نمونه‌های ماست با استفاده از ویسکومتر بروکفیلد (مدل DVII-RV، ساخت آمریکا) در دمای اتاق ۲۵ درجه سانتیگراد و با اسپیندل شماره ۳ و سرعت ۳۰ دور در دقیقه اندازه‌گیری و بر حسب سانتی‌پوآز قرائت گردید.

۲-٤-٥- اندازه‌گیری بافت

برای سنجش بافت نمونه‌ها از دستگاه آنالیز بافت (شرکت بروکفیلد مدل LFRA ساخت آمریکا، با سلول بارگذاری ٤٥۰۰ گرم) استفاده شد. صفت‌های بافتی از جمله سفتی، نیروی چسبندگی و انسجام نمونه‌های ماست مورد ارزیابی قرار گرفتند. اندازه‌گیری با استفاده از ظرف اندازه‌گیری با ارتفاع ۲۲ و ضلع داخلی ۱۲ میلی‌متر و پروب با ضلع ۱۵ میلی‌متر انجام شد. سفتی، حداکثر نیروی لازم برای تغییر شکل مورد نظر می‌باشد که بر حسب گرم بیان می‌شود. نیروی چسبندگی (میلی ژول)، نیروی لازم برای جدا شدن پروب از نمونه و یا بیشترین نیروی منفی تولید شده در طول برگشت و خارج شدن پروب از ظرف اندازه گیری می‌باشد. شاخص انسجام تحت عنوان قدرت پیوندهای داخلی غذاها تعریف می‌شود و قدرت کشش و پیوستگی غذاها را نشان می‌دهد [۱۹].

۲-٤-٦- اندازه‌گیری رنگ

به منظور اندازه‌گیری ویژگی‌های رنگی نمونه‌های مختلف ماست، نمونه‌ها در جعبه با دیواره‌های سفید با ابعاد (۵۰×۵۰×۵۰) قرار داده شدند. درون جعبه از یک لامپ فلورسنت کم‌مصرف با توان ۲۰ وات با نور سفید استفاده گردید. توزیع نور درون جعبه کاملاً یکنواخت بود. عکس‌برداری بوسیله یک دوربین دیجیتالی با فاصله ۳۰ سانتی‌متر از نمونه و عمود برآن درون جعبه انجام گردید. تصاویر بدست آمده به نرم افزار فتوشاپ منتقل و مولفه‌های رنگ (L*، a* و b*) آن‌ها بدست آمد. مولفه رنگ L* بیانگر روشنایی (Lightness)، مولفه رنگ a* نشان‌دهنده میزان سبزی و قرمزی (Redness-Greeness) و مولفه رنگ b* میزان آبی و زرد (Yellowness-Blueness) را نشان می‌دهد. سپس مؤلفه‌های رنگ برای آنالیز آماری استفاده شد [۲۰].

۲-٤-۷- اندازه‌گیری درصد آب‌اندازی

جهت اندازه‌گیری میزان آب‌اندازی ماست، ۲۵ گرم نمونه را روی کاغذ صافی واتمن شماره ٤۱ توزین کرده و روی قیف قرار داده شد. میزان آب خارج شده از قیف پس از ۱۲۰ دقیقه در دمای ٤ درجه سانتیگراد با عنوان آب‌اندازی بیان شد که بر حسب گرم آب در صد گرم نمونه بیان گردید [۱٦].

۲-٤-۸- ارزیابی حسی

ارزیابی ویژگی‌های حسی توسط ۱۵ نفر از افراد ارزیاب، که خصوصیات حسی مورد نظر برای آنها تبیین گردید، انجام شد. ویژگی مورد آزمون شامل پذیرش کلی بود که آزمون در مقیاس هدونیک ۵ نقطه‌ای (عدد ۱بسیار نامطلوب و عدد ۵ بسیار مطلوب) طراحی گردید.

۲-۵- آنالیز آماری

آزمایشات در سه تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شدند. نتایج ابتدا در معرض تجزیه واریانس یکطرفه قرار گرفته و سپس برای مقایسه میانگین‌ها و بررسی اختلاف معنی‌داری بین تیمارها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح معنی‌داری ۹۵٪ استفاده گردید. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها توسط نرم افزار SPSS نسخه ۲۰ انجام شد. منحنی‌های مربوطه در محیط EXCEL توسط نرم افزار OFFICE 2016 رسم شدند.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- تغییرات pH و اسیدیته

نتایج حاصل از اسیدیته نمونه‌های ماست کم‌چرب در جدول ۱ آورده شده است. همان‌طور که در این جدول مشاهده می‌شود با افزایش زمان نگهداری، میزان اسیدیته در همه تیمارها به طور معناداری افزایش یافته است ($P<۰/۰۵$). همچنین میزان اسیدیته نمونه‌های حاوی یک درصد و دو درصد آرد موز سبز از روز اول تا روز ۷ به‌طور معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) کمتر از شاهد پرچرب (تجاری) بوده است و در روز ١٤ اختلاف معنی‌داری با نمونه شاهد پرچرب نداشت. در نمونه‌های کم‌چرب حاوی سه درصد آرد موز سبز تنها در روز اول به‌طور معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) کمتر از شاهد پرچرب می‌باشد. کمترین میزان اسیدیته با گذشت ۲۸ روز نگهداری مربوط به نمونه

شاهد کم‌چرب و بیشترین میزان اسیدیته مربوط به نمونه ماست کم‌چرب حاوی ۳ درصد آرد موز سبز می‌باشد.

نتایج حاصل از pH نمونه‌های ماست کم‌چرب در جدول ۲ آورده شده است. همان‌طور که در این جدول مشاهده می‌شود با افزایش زمان نگهداری میزان pH در همه‌ی تیمارها کاهش یافته است. نگهداری اثر معنی‌داری برروی pH نمونه‌ها داشته است ($P<۰/۰۵$). افزودن آرد موز سبز به ماست باعث کاهش pH در نمونه‌ها می‌شود، بیشترین pH در نمونه مربوط به نمونه ماست حاوی ۱ درصد آرد موز سبز و کمترین pH مربوط به نمونه ماست حاوی ۳ درصد آرد موز سبز می‌باشد.

در ضمن اثر متقابل افزودن آرد موز سبز و زمان نگهداری بر روی pH و اسیدیته ماست در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود و به ترتیب باعث کاهش و افزایش این شاخص‌ها گردید. کاهش pH و افزایش اسیدیته ماست سین بیوتیک حاوی آرد موز سبز نسبت به نمونه شاهد به دلیل مواد کربوهیدراتی موجود در آرد موز می‌باشد و با افزایش غلظت آن در ماست سین بیوتیک، استارترها و باکتری *باسیلوس کواگولانس* این مواد را تخمیر و مصرف می‌کنند و باعث کاهش pH و افزایش اسیدیته در طی زمان نگهداری می‌شوند. اسیدیته فرآورده‌های شیری تحت تأثیر تعادل میان ترکیبات نیتروژنی محصولات ناشی از واکنش‌های پروتئولیتیک و اسید لاکتیک ناشی از فعالیت تخمیری باکتری‌های اسید لاکتیک قرار می‌گیرد [۲۱]. در طی مطالعه‌ای که خصوصیات ماست پروبیوتیک غنی شده با ریتنتیت و کنسانتره پروتئین آب پنیر صورت پذیرفت، مشخص شد در تمامی نمونه‌ها با افزایش زمان ماندگاری pH تا حدی کاهش یافته که به دلیل فعالیت استارتر ماست و *لاکتوباسیلوس* بوده که با تخمیر کربوهیدرات اسید تولید شده، ترکیبات قابل‌هضم‌تر برای باکتری‌های پروبیوتیک و استارترها زودتر تجزیه شده است و تولید استات و لاکتات را افزایش می‌دهد [۲۲]. Zomorodi (۲۰۱۳)، با بررسی ویژگی‌های ماست میوه‌ای حاوی فیبر گندم نشان داد، با افزایش فیبر گندم تأثیر معنی‌داری در pH نمونه‌های ماست مشاهده نشد اما در طول نگهداری به مدت ۲۸ روز pH نمونه‌ها به‌طور معنی‌داری کاهش یافت [۲۳].

Table 1 Changes in the acidity (%lactic acid) of low-fat synbiotic yogurt

Day / Treatment	1	7	14	21	28
Low-fat control	1.15 ± 0.01^{aC}	1.17 ± 0.01^{aB}	1.17 ± 0.01^{bB}	1.26 ± 0.05^{cA}	1.27 ± 0.01^{dA}
High-fat control	1.14 ± 0.01^{aC}	1.16 ± 0.01^{aC}	1.20 ± 0.01^{bB}	1.22 ± 0.02^{cB}	1.29 ± 0.02^{dA}
1	1.14 ± 0.07^{aC}	1.09 ± 0.07^{bB}	1.16 ± 0.08^{bB}	1.39 ± 0.08^{bA}	1.41 ± 0.06^{cA}
2	1.12 ± 0.09^{aD}	1.13 ± 0.04^{abC}	1.20 ± 0.05^{bC}	1.39 ± 0.23^{bB}	1.66 ± 0.04^{bA}
3	1.13 ± 0.03^{aE}	1.17 ± 0.05^{aD}	1.64 ± 0.08^{aC}	2.24 ± 0.05^{aB}	2.35 ± 0.01^{aA}

Treatments include: Low-fat control: Low-fat synbiotic yogurt containing *B. coagulans* without green banana flour; High-fat control: High-fat synbiotic yogurt containing *B. coagulans* without green banana flour; 1: Low-fat synbiotic yogurt containing *Bacillus coagulans* and 1% green banana flour; 2: Low-fat synbiotic yogurt containing *B. coagulans* and 2% green banana flour; 3: Low-fat synbiotic yogurt containing *B. coagulans* and 3% green banana flour

The same lowercase letters are not significantly different between different treatments for each day at $P > 0.05$. Values of the same treatment, followed by the same uppercase letter, are not statistically different at $P > 0.05$.

Table 2 Changes in pH of low-fat synbiotic yogurt

Day / Treatment	1	7	14	21	28
Low-fat control	4.13 ± 0.02^{aA}	4.01 ± 0.02^{bB}	4.02 ± 0.03^{aB}	3.80 ± 0.02^{aC}	3.75 ± 0.05^{aC}
High-fat control	4.18 ± 0.02^{aA}	4.07 ± 0.01^{abB}	3.84 ± 0.01^{aB}	3.77 ± 0.03^{aD}	3.71 ± 0.02^{aE}
1	4.18 ± 0.02^{aA}	4.15 ± 0.01^{aB}	3.63 ± 0.01^{cC}	3.41 ± 0.02^{bD}	3.39 ± 0.01^{bD}
2	4.16 ± 0.01^{aA}	3.91 ± 0.03^{cB}	3.62 ± 0.02^{cC}	3.48 ± 0.06^{bD}	3.42 ± 0.02^{bD}
3	4.18 ± 0.03^{aA}	3.69 ± 0.05^{dB}	3.41 ± 0.05^{dC}	3.12 ± 0.02^{dD}	2.97 ± 0.08^{cE}

Treatments include: Low-fat control: Low-fat synbiotic yogurt containing *B. coagulans* without green banana flour; High-fat control: High-fat synbiotic yogurt containing *B. coagulans* without green banana flour; 1: Low-fat synbiotic yogurt containing *Bacillus coagulans* and 1% green banana flour; 2: Low-fat synbiotic yogurt containing *B. coagulans* and 2% green banana flour; 3: Low-fat synbiotic yogurt containing *B. coagulans* and 3% green banana flour

The same lowercase letters are not significantly different between different treatments for each day at $P > 0.05$. Values of the same treatment, followed by the same uppercase letter, are not statistically different at $P > 0.05$.

۳-۲- تغییرات ویسکوزیته

نتایج حاصل از گرانروی نمونه‌های ماست کم‌چرب سین‌بیوتیک حاوی آرد موز سبز در شکل ۱ آورده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود با افزایش میزان آرد موز سبز گرانروی در نمونه‌ها افزایش یافت به طوری که نمونه حاوی سه درصد آرد موز سبز بیشترین میزان گرانروی را داشته و همچنین نمونه شاهد کم‌چرب بدون آرد موز سبز کمترین گرانروی را نشان داد. با توجه به نتایج به دست آمده مشخص شد که با افزایش زمان نگهداری، ویسکوزیته در همه تیمارها به طور معنی‌داری افزایش یافت ($P < ۰/۰۵$). در ضمن اثر متقابل غلظت آرد موز سبز و زمان نگهداری بر گرانروی ماست در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌داری می‌باشد و باعث افزایش گرانروی ماست‌ها می‌گردد. در روز ١٤ نگهداری بین نمونه شاهد پرچرب و نمونه ماست حاوی ۱ درصد آرد موز سبز در این ویژگی اختلاف معنی‌داری نداشتند. به دلیل اینکه با افزایش غلظت آرد موز سبز گرانروی ماست کم‌چرب افزایش می‌یابد و همچنین ماست پرچرب بدلیل چربی موجود در آن نسبت به ماست کم‌چرب گراونری بیشتری دارد. در نتیجه با افزدون آرد موز سبز بدلیل افزایش پیوستگی بافت، گراونری ماست کم‌چرب افزایش می‌یابد که این افزایش برای نمونه حاوی ۱ درصد آرد موز سبز در روز ١٤ نگهداری با نمونه شاهد پرچرب اختلاف معناداری نداشت ($P > ۰/۰۵$). این نظر مطابق با یافته‌های Marcotte و همکاران (۲۰۰۱) است که اظهار داشتند افزایش غلظت هیدروکلوئیدها با افزایش ویسکوزیتهٔ ظاهری مرتبط می‌باشند [٢٤]. به نظر می‌رسد آرد موز سبز با باند کردن آب آزاد موجود در نمونه باعث افزایش ویسکوزیته می‌گردد. Amiri Aghdaei و همکاران (۲۰۱۰)، با بررسی تأثیر دانه اسفرزه بر ویسکوزیته ماست کم‌چرب به این نتیجه رسیدند که نمونه‌های حاوی اسفرزه ویسکوزیته بالاتری نسبت به نمونه کنترل در طول دوره نگهداری داشتند که این افزایش ویسکوزیته با افزایش غلظت اسفرزه رابطه مستقیم داشتند. هم‌چنین در طول دوره نگهداری میزان ویسکوزیته به‌طور معنی‌داری افزایش یافت که با نتایج بدست آمده در این تحقیق مطابقت دارد [١٦]. Ladjevardi و همکاران (۲۰۱۷)، در پژوهش خود اثر صمغ زانتان بر خصوصیات فیزیکی ماست فراسودمند سین‌بیوتیک از شیر شتر با استفاده از β-گلوکان جو دوسر را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها بیان کردند که صمغ زانتان به دلیل خاصیت بافت‌دهندگی و هیدراته شدن مناسب، موجب ایجاد یک بافت مستحکم پروتئین-پلی ساکارید به همراه پروتئینهای شیر شتر در محصول شده و به همین دلیل گرانروی ماست تولیدی را افزایش داده است. در حالی که β-گلوکان جو دوسر تاثیری بر ویسکوزیته ماست نداشته است [۲۵].

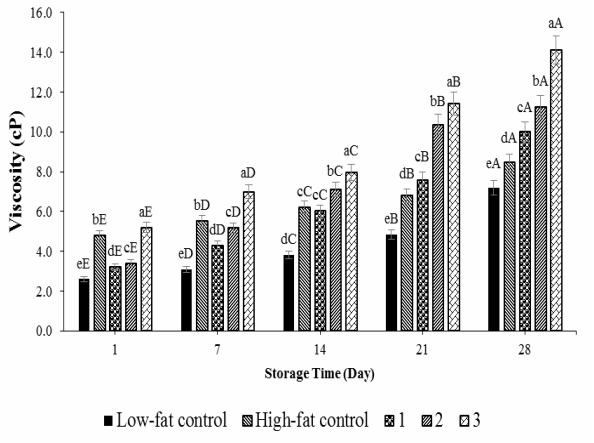

Fig 1 Changes in the viscosity (centipoise) of low-fat synbiotic yogurt. The same lowercase letters are not significantly different between different treatments for each day at $P > 0.05$. Values of the same treatment, followed by the same uppercase letter, are not statistically different at $P > 0.05$. Treatments include: Low-fat control: Low-fat synbiotic yogurt containing *B. coagulans* without green banana flour; High-fat control: High-fat synbiotic yogurt containing *B. coagulans* without green banana flour; 1: Low-fat synbiotic yogurt containing *Bacillus coagulans* and 1% green banana flour; 2: Low-fat synbiotic yogurt containing *B. coagulans* and 2% green banana flour; 3: Low-fat synbiotic yogurt containing *B. coagulans* and 3% green banana flour.

۳-۳- تغییرات درصد ماده خشک

نتایج حاصل از ماده خشک نمونه‌های ماست با آرد موز سبز در جدول ۳ آورده شده است. با توجه به نتایج ارائه‌شده در جدول، مشاهده می‌شود با افزایش زمان نگهداری درصد ماده خشک به طور معنی‌داری کاهش یافت ($P<۰/۰۵$). همچنین نمونه‌های حاوی ۲ درصد و ۳ درصد آرد موز سبز بالاترین میزان ماده خشک را در روز ۱تا ١٤ داشتند و میزان ماده خشک نمونه‌ها در روز ۲۸ کاهش یافته و بین نمونه‌ها اختلاف معنی‌داری مشاهده شد ($P<۰/۰۵$). با افزودن آرد موز سبز میزان ماده خشک نمونه‌ها افزایش می‌یابد. بالاترین و کمترین میزان درصد ماده خشک در طی نگهداری ۲۸ روزه به ترتیب مربوط به تیمار ۳ (ماست کم‌چرب حاوی ۳ درصد آرد موز

سبز) و تیمار شاهد کم‌چرب بود. در ضمن تأثیر متقابل پارامتر افزودن آرد موز سبز و زمان نگهداری بر ویژگی درصد ماده خشک ماست در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود و باعث کاهش با شیب کمتر این شاخص گردید. مطالعات Azimi Mahale و همکاران (۲۰۱۷) نشان داد که با افزایش درصد فیبر پرتقال ماده خشک ماست افزایش یافت [۲۶]. به طور مشابه Sahan و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که افزایش بتاگلوکان، ماده خشک ماست بدون چربی را افزایش می‌دهد [۲۷].

Table 3 Changes in dry matter (%) of low-fat synbiotic yogurt samples

Day / Treatment	1	7	14	21	28
Low-fat control	15.39 ± 0.01^{dA}	14.4 ± 0.01^{dB}	12.40 ± 0.01^{dC}	11.21 ± 0.01^{eD}	10.38 ± 0.01^{eE}
High-fat control	16.85 ± 0.03^{cA}	15.06 ± 0.03^{cB}	13.53 ± 0.09^{cC}	12.55 ± 0.03^{dD}	10.96 ± 0.03^{dE}
1	16.48 ± 0.01^{cA}	15.91 ± 0.08^{cB}	13.96 ± 0.04^{cC}	13.01 ± 0.02^{dD}	11.2 ± 0.03^{eE}
2	17.48 ± 0.01^{cA}	16.60 ± 0.07^{bA}	15.60 ± 0.07^{bB}	14.53 ± 0.09^{bC}	12.75 ± 0.04^{bD}
3	20.83 ± 0.03^{cA}	18.18 ± 0.04^{aB}	16.96 ± 0.04^{aC}	15.45 ± 0.03^{aD}	14.14 ± 0.05^{aE}

Treatments include: Low-fat control: Low-fat synbiotic yogurt containing *B. coagulans* without green banana flour; High-fat control: High-fat synbiotic yogurt containing *B. coagulans* without green banana flour; 1: Low-fat synbiotic yogurt containing *Bacillus coagulans* and 1% green banana flour; 2: Low-fat synbiotic yogurt containing *B. coagulans* and 2% green banana flour; 3: Low-fat synbiotic yogurt containing *B. coagulans* and 3% green banana flour

The same lowercase letters are not significantly different between different treatments for each day at $P > 0.05$. Values of the same treatment, followed by the same uppercase letter, are not statistically different at $P > 0.05$.

۳-٤- تغییرات میزان آب‌اندازی (سینرسیس) نمونه‌های ماست

نتایج حاصل از سینرسیس نمونه‌های ماست کم‌چرب سین بیوتیک در جدول ٤ آورده شده است. نتایج حاصل نشان داده است که بیشترین میزان سینرسیس مربوط به نمونه شاهد کم‌چرب و کمترین میزان سینرسیس مربوط به نمونه حاوی ۳ درصد آرد موز سبز می‌باشد. همچنین با افزایش زمان نگهداری میزان سینرسیس در همه تیمارها افزایش معنی‌داری یافته است ($P<۰/۰۵$) میزان سینرسیس در تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری داشته است ($P<۰/۰۵$) و نمونه‌های حاوی مقادیر مختلف آرد موز سینرسیس کمتری نسبت به نمونه‌های شاهد دارند. همچنین تأثیر متقابل دو پارامتر آرد موز سبز و زمان نگهداری بر روی این شاخص تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد داشتند و باعث کاهش این شاخص گردید. ساختار ماست را می‌توان به صورت شبکه سه بعدی از زنجیره‌ها و خوشه‌های میسل‌های کازئین که شکل کروی خود را حفظ کردند بیان کرد [۲۸]. آب‌اندازی و بازسازی شبکه‌های پروتئینی در ماست اساسا به دلیل چروکیدگی ساختار و در نتیجه کاهش قدرت اتصال پروتئین‌های آب پنیر به شبکه کازئینی در طی نگهداری رخ می‌دهد. هم‌چنین آب‌اندازی به میزان زیادی به ترکیبات کازئینی شیر و یا افزودن پایدارکننده‌ها ارتباط دارد [۲۹]. توانایی هیدروکلوئیدها دراتصال به مولکول‌های آب و تداخل با اجزای شیر به ویژه پروتئین‌ها و در نتیجه پایداری شبکه پروتئین‌ها می‌تواند از حرکت آزادانه آب جلوگیری کرده و منجر به کاهش سینرسیس گردد. آرد موز سبز منبع غنی از فیبر است که با افزایش آن میزان سینرسیس به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد.

Behnia و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که صمغ دانه شاهی موجب کاهش سینرسیس ماست کم‌چرب می‌شود [۳۰]. در مطالعه Ghasemi & Mahdian (۲۰۱۹). مشخص شد که فیبر حاصل از ضایعات آناناس، انار و گندم موجب افزایش ظرفیت نگهداری آب شده و به عبارتی کاهش درصد آب-اندازی را سبب می‌شود که این امر به خاصیت جذب آب توسط فیبر و اثر فیبر بر ویسکوزیته ماست نسبت داده می‌شود [۱۷]. به علاوه، کاهش میزان آب اندازی تحت تأثیر فیبر پرتقال در ماست توسط Azimi Mahale و همکاران (۲۰۱۳)گزارش شده است [۲٦]. Razmkhah و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که میزان آب‌اندازی نمونه‌های حاوی پکتین، صمغ دانه‌های مرو و ریحان در طی نگهداری نمونه‌ها افزایش یافت که می‌تواند به دلیل تأثیر زمان باشد، زیرا زمان عامل بسیار مهمی در آب‌اندازی شبکه‌های ژلی می‌باشد که احتمالا می‌تواند مربوط به سستی اتصالات ایجاد شده صمغ‌ها با آب باشد [۳۱].

Table 4 Changes in the syneresis (%) of low-fat synbiotic yogurt samples

Day / Treatment	1	7	14	21	28
Low-fat control	8.83 ± 0.03^{aA}	31.97 ± 0.28^{AC}	33.53 ± 0.45^{aB}	34.03 ± 0.11^{aB}	37.45 ± 0.31^{aA}
High-fat control	8.07 ± 0.01^{bD}	24.50 ± 0.21^{bC}	26.76 ± 0.11^{bBC}	27.97 ± 0.22^{bAB}	30.37 ± 0.25^{bA}
1	7.77 ± 0.04^{bE}	14.08 ± 0.25^{cD}	15.58 ± 0.25^{cA}	20.57 ± 0.33^{cB}	26.24 ± 0.67^{cA}
2	1.17 ± 0.08^{cD}	12.67 ± 0.67^{cC}	13.92 ± 0.21^{dC}	18.63 ± 0.31^{dB}	22.42 ± 0.10^{dA}
3	0.49 ± 0.28^{dB}	0.70 ± 0.33^{dB}	2.77 ± 0.32^{eA}	3.07 ± 0.31^{eA}	3.37 ± 0.21^{eA}

Treatments include: Low-fat control: Low-fat synbiotic yogurt containing *B. coagulans* without green banana flour; High-fat control: High-fat synbiotic yogurt containing *B. coagulans* without green banana flour; 1: Low-fat synbiotic yogurt containing *Bacillus coagulans* and 1% green banana flour; 2: Low-fat synbiotic yogurt containing *B. coagulans* and 2% green banana flour; 3: Low-fat synbiotic yogurt containing *B. coagulans* and 3% green banana flour

The same lowercase letters are not significantly different between different treatments for each day at $P > 0.05$. Values of the same treatment, followed by the same uppercase letter, are not statistically different at $P > 0.05$.

۳-۵- تغییرات بافت نمونه‌های ماست سین‌بیوتیک کم‌چرب

۳-۵-۱- سفتی

نتایج حاصل از سفتی نمونه‌های ماست سین بیوتیک حاوی باکتری *باسیلوس کوآگولانس* در جدول ۵ آورده شده است. همان‌طور که در جدول مشاهده می‌شود با افزایش زمان نگهداری، میزان سفتی در همه تیمارها به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است ($P<۰/۰۵$). در بین تیمارها نیز نمونه‌های حاوی آرد موز سبز اختلاف معنی‌داری با شاهد کم‌چرب و شاهد پرچرب داشتند. به نحوی‌که شاهد کم‌چرب کمترین سفتی و نمونه حاوی سه درصد آرد موز سبز بیشترین سفتی را داشتند. با افزودن آرد موز سبز به ماست سین‌بیوتیک کم‌چرب سفتی ماست به طور معنی‌داری افزایش یافت ($P<۰/۰۵$). میزان سفتی نمونه حاوی ۳ درصد آرد موز سبز در تمام روزهای نگهداری از نمونه شاهد پرچرب بیشتر بود. در بین تیمارها میزان سفتی نمونه ۲٪ مشابه شاهد پرچرب بود. در ضمن اثر متقابل آرد موز سبز و زمان نگهداری در سطح احتمال ۵ درصد بر روی شاخص سفتی تیمارها تأثیر معنی‌داری داشت و تأثیر همزمان آن‌ها باعث افزایش این شاخص گردید.

شاخص سفتی، بیانگر بیشینه نیرو در حالت فشردگی می‌باشد که به‌عنوان یکی از ویژگی‌های مهم بافتی ماست مطرح می‌باشد. سفتی بافت ماست به‌طور کامل بستگی به میزان ماده خشک محصول، میزان چربی و به خصوص میزان پروتئین و هیدروکلوئیدهای آن دارد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که با افزایش زمان نگهداری، میزان سفتی در همه تیمارها به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است ($P<۰/۰۵$). این افزایش سفتی بافت در طول دوره نگهداری به دلیل ایجاد تغییرات در آرایش و اتصالات پروتئین‌ها با یکدیگر می‌باشد [۳۲].

Table 5 Changes in the firmness (g) of low-fat synbiotic yogurt samples

Day / Treatment	1	7	14	21	28
Low-fat control	30.81 ± 0.59^{eE}	36.12 ± 0.34^{eD}	45.84 ± 0.95^{eC}	53.18 ± 0.63^{eB}	60.96 ± 0.05^{eA}
High-fat control	53.25 ± 0.55^{cE}	61.57 ± 0.23^{cD}	75.43 ± 1.04^{cC}	99.37 ± 0.22^{bB}	111.08 ± 0.04^{bA}
1	38.70 ± 1.03^{dE}	46.91 ± 0.03^{dD}	56.01 ± 0.09^{dC}	70.33 ± 0.02^{dB}	82.4 ± 0.01^{dA}
2	55.87 ± 0.03^{bE}	63.74 ± 0.01^{bD}	76.17 ± 0.08^{bC}	88.75 ± 0.03^{cB}	104.44 ± 0.01^{cA}
3	96.4 ± 0.03^{aE}	104.27 ± 0.01^{aD}	116.7 ± 0.08^{aC}	129.28 ± 0.03^{aB}	144.97 ± 0.01^{aA}

Treatments include: Low-fat control: Low-fat synbiotic yogurt containing *B. coagulans* without green banana flour; High-fat control: High-fat synbiotic yogurt containing *B. coagulans* without green banana flour; 1: Low-fat synbiotic yogurt containing *Bacillus coagulans* and 1% green banana flour; 2: Low-fat synbiotic yogurt containing *B. coagulans* and 2% green banana flour; 3: Low-fat synbiotic yogurt containing *B. coagulans* and 3% green banana flour

The same lowercase letters are not significantly different between different treatments for each day at $P > 0.05$. Values of the same treatment, followed by the same uppercase letter, are not statistically different at $P > 0.05$.

همچنین افزودن غلظت‌های مختلف آرد موز سبز به ماست کم‌چرب تفاوت معنی‌داری را در میزان سفتی نسبت به نمونه شاهد کم‌چرب ایجاد می‌کند به طوری که نمونه حاوی سه درصد آرد موز سبز بیشترین سفتی و نمونه شاهد کم‌چرب کمترین میزان سفتی را دارد. Dabija و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهش خود به این نتیجه رسیدند که افزودن اینولین به میزان ۲-٤٪ تأثیر به سزایی در بهبود خواص بافتی محصول از جمله سفتی دارد [۳۳]. فیبرها در ماست به عنوان یک ماده پرکننده عمل می‌کنند و با افزایش غلظت آن‌ها میزان تعاملشان با کازئین ماست افزایش یافته که در نهایت منجر به افزایش سفتی بافت می‌شوند [۳۳و۳٤]. Garcia و همکاران (۲۰۰٦) نشان دادند که فیبر پرتقال سفتی ژل ماست را افزایش می‌دهد [۳۵]. از طرفی دیگر Sahan و همکاران (۲۰۰۸) بیان کردند که با افزودن صمغ بتاگلوکان به ماست کم‌چرب، تغییر معنی‌داری در میزان سفتی بافت نمونه‌ها مشاهده نشد [۲۷].

۳-۵-۲- چسبندگی

نتایج حاصل از چسبندگی نمونه‌های ماست در جدول ٦ آورده شده است. همان‌طور که در این جدول مشاهده می‌شود با افزایش زمان نگهداری، میزان چسبندگی در همه تیمارها به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است ($P<۰/۰۵$). همچنین نمونه حاوی سه درصد آرد موز سبز بیشترین میزان چسبندگی و نمونه شاهد کم‌چرب کمترین میزان چسبندگی دارد. میزان چسبندگی نمونه حاوی دو درصد آرد موز سبز تفاوت معنی‌داری با نمونه شاهد پرچرب نداشت ($P >۰/۰۵$). همچنین با افزودن آرد موز سبز به ماست کم‌چرب سین بیوتیک میزان چسبندگی تیمارها افزایش یافته است. نتایج حاصل از چسبندگی نمونه‌های ماست با آرد موز سبز نشان داد با افزایش زمان نگهداری، میزان چسبندگی در همه تیمارها به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است ($P<۰/۰۵$).همچنین نمونه حاوی سه درصد آرد موز سبز بیشترین میزان چسبندگی و نمونه شاهد کم‌چرب کمترین میزان چسبندگی دارد. در ارتباط با چسبندگی نمونه‌های ماست، می‌توان گفت که با توجه به این که نیروی چسبندگی، نیروی لازم جهت غلبه بر نیروی جاذبه سطحی بین ذرات است، لذا هرچه ساختار ژلی و شبکه پروتئینی نمونه‌های ماست از سفتی بیشتری برخوردار باشد، نیروی چسبندگی نیز بیشتر خواهد بود که نتایج حاصل از آزمایش سفتی بافت نیز آن را تأیید می‌کند [۱٦]. Dabija و همکاران (۲۰۱۸) در تحقیق خود پی‌بردند که چسبندگی ماست در نمونه‌های حاوی فیبرهای گندم، جو و نخود روند صعودی را طی می‌کند که این روند در نمونه‌های دارای میزان بالای ماده خشک مشهودتر است [۳۳]. نتیجه پژوهش مذکور با بررسی انجام شده توسط Behnia و همکاران (۲۰۱٤) مغایرت داشت [۳۰]. افزایش غلظت صمغ دانه شاهی در ماست کم‌چرب، منجر به کاهش چسبندگی در نمونه‌ها شد که می‌تواند ناشی از ایجاد شبکه سه بعدی پروتئینی ضعیف‌تر در این نمونه‌ها باشد.

Table 6 Changes in the adhesiveness (mJ) of synbiotic yogurt samples

Day / Treatment	1	7	14	21	28
Low-fat control	0.46 ± 0.07^{cC}	0.55 ± 0^{Dbc}	0.61 ± 0.08^{dAB}	0.63 ± 0.07^{eAB}	0.66 ± 0.02^{dA}
High-fat control	1.16 ± 0.05^{bE}	1.29 ± 0.04^{bD}	1.37 ± 0.01^{bC}	2.13 ± 0.03bB	2.45 ± 0.06^{bA}
1	0.57 ± 0.01^{cD}	0.61 ± 0.01^{cD}	0.68 ± 0.01^{cC}	0.83 ± 0^{dB}	0.96 ± 0.06^{cA}
2	1.11 ± 0.09^{bD}	1.27 ± 0.01^{bC}	1.30 ± 0.01^{bC}	1.96 ± 0^{cB}	2.35 ± 0.05^{bA}
3	2.96 ± 0.09^{aD}	3.12 ± 0.01^{aC}	3.15 ± 0.01^{aC}	3.81 ± 0^{Ab}	4.2 ± 0.05^{aA}

Treatments include: Low-fat control: Low-fat synbiotic yogurt containing *B. coagulans* without green banana flour; High-fat control: High-fat synbiotic yogurt containing *B. coagulans* without green banana flour; 1: Low-fat synbiotic yogurt containing *Bacillus coagulans* and 1% green banana flour; 2: Low-fat synbiotic yogurt containing *B. coagulans* and 2% green banana flour; 3: Low-fat synbiotic yogurt containing *B. coagulans* and 3% green banana flour

The same lowercase letters are not significantly different between different treatments for each day at $P > 0.05$. Values of the same treatment, followed by the same uppercase letter, are not statistically different at $P > 0.05$.

۳-۵-۳- انسجام

نتایج حاصل از میزان انسجام نمونه‌های ماست در جدول ۷ آورده شده است. همان‌طور که در این جدول مشاهده می‌شود با افزایش زمان نگهداری در روز ۲۸ نسبت به روز اول، میزان انسجام در همه تیمارها افزایش معنی‌داری داشته است ($P<۰/۰۵$). همچنین در روز صفر نمونه حاوی سه درصد آرد موز سبز بیشترین میزان انسجام و کمترین میزان انسجام مربوط به شاهد کم‌چرب بوده است. میزان انسجام نمونه حاوی دو

درصد آرد موز سبز تفاوت معنی‌داری با نمونه شاهد پرچرب در روزهای ۷، ١٤ و ۲۸ ندارد (P>۰/۰۵). در ضمن بین نمونه ۱ و شاهد کم‌چرب با گذشت ۲۸ روز نگهداری اختلاف معنی‌داری وجود نداشت.

شاخص انسجام تحت عنوان قدرت پیوندهای داخلی غذاها تعریف می‌شود و قدرت کششی و پیوستگی غذاها را نشان می‌دهد [۱۹]. نتایج حاصل از میزان انسجام نمونه‌های ماست با آرد موز سبز نشان داد، با افزایش زمان نگهداری در روز ۲۸ نسبت به روز ۱، میزان انسجام در همه تیمارها افزایش معنی-داری داشته است (P < ۰/۰۵). Dabija و همکاران (۲۰۱۸)، در تحقیقی به بررسی اثر فیبرهای مختلف بر ویژگی‌های کیفی ماست پرداختند. نتایج نشان داد که مقدار فیبر و ماده خشک تأثیر بسزایی در شاخص انسجام نمونه‌های ماست داشت [۳۳]. فیبرها از طریق اتصالاتی که با کازئین موجود در شیر برقرار می‌کنند انسجام محصول نهایی را افزایش می‌دهند. Raftani Amiri و همکاران (۲۰۱۳)، در تحقیقی به بررسی تأثیر مالتودکسترین به‌عنوان جایگزین چربی بر روی کیفیت ماست بدون چربی پرداختند و به این نتیجه دست یافتند که بیشترین میزان انسجام، مربوط به غلظت بالای مالتودکسترین می‌باشد [۳٦]. در مقابل Yademellat و همکاران (۲۰۱۸)، در تحقیق خود به این نتیجه رسیدند که افزودن صمغ دانه بالنگو شیرازی و صمغ فارسی به ماست هم‌زده کم‌چرب تاثیری بر انسجام نمونه‌ها ندارد [۳۷].

Table 7 Changes in the cohesiveness of synbiotic yogurt samples

Day / Treatment	1	7	14	21	28
Low-fat control	0.22 ± 0.03^{dB}	0.27 ± 0.04^{cB}	0.37 ± 0.07^{cA}	0.38 ± 0.01^{dA}	0.42 ± 0.03^{cA}
High-fat control	0.41 ± 0.01^{bE}	0.46 ± 0.02^{bD}	0.56 ± 0.02^{bC}	0.61 ± 0.01^{bB}	0.73 ± 0.02^{bA}
1	0.23 ± 0.02^{dE}	0.26 ± 0.02^{cD}	0.35 ± 0.01^{cC}	0.39 ± 0.01^{dB}	0.45 ± 0.03^{cA}
2	0.37 ± 0.01^{cE}	0.46 ± 0.01^{bD}	0.52 ± 0.01^{bC}	0.57 ± 0.01^{cB}	0.69 ± 0.01^{bA}
3	1.10 ± 0.01^{aD}	1.19 ± 0.01^{aC}	1.21 ± 0.01^{aC}	1.33 ± 0.01^{aB}	1.42 ± 0.01^{aA}

Treatments include: Low-fat control: Low-fat synbiotic yogurt containing *B. coagulans* without green banana flour; High-fat control: High-fat synbiotic yogurt containing *B. coagulans* without green banana flour; 1: Low-fat synbiotic yogurt containing *Bacillus coagulans* and 1% green banana flour; 2: Low-fat synbiotic yogurt containing *B. coagulans* and 2% green banana flour; 3: Low-fat synbiotic yogurt containing *B. coagulans* and 3% green banana flour

The same lowercase letters are not significantly different between different treatments for each day at $P > 0.05$. Values of the same treatment, followed by the same uppercase letter, are not statistically different at $P > 0.05$.

۳-٦- رنگ‌سنجی نمونه‌های ماست سین‌بیوتیک کم‌چرب

۳-٦-۱- فاکتور L^* (روشنایی)

با توجه به مقادیر ارائه شده در جدول ۸ مشاهده می‌شود در روز اول میزان روشنایی نمونه شاهد پرچرب از همه نمونه‌ها کمتر بوده است (P<۰/۰۵). هم‌چنین زمان نگهداری از میزان روشنایی تیمارها و نمونه شاهد کم‌چرب به‌طور معنی‌داری کاسته است (P <۰/۰۵). با افزودن آرد موز سبز به تیمارها کاهش معنی‌داری بر فاکتور روشنایی (شاخص L^*) ماست سین‌بیوتیک بدست آمد، که این امر می‌تواند به دلیل برهم‌کنش پلی‌ساکاریدهای این آرد با پروتئین‌ها و تأثیر بر کاهش تفرق نور باشد [۳۸]. Yademellat و همکاران (۲۰۱۸)، به مقایسه برخی خواص حسی ماست هم‌زده کم‌چرب حاوی صمغ دانه بالنگو شیرازی و صمغ فارسی پرداختند. نتایج حاکی از آن بود که افزودن صمغ فارسی به نمونه‌های ماست، موجب افزایش جزئی روشنایی و درخشندگی ماست شد [۳۷]. Tamime و Robinson (۲۰۰۷) کاهش میزان فاکتور L^* در ماست طی مدت زمان نگهداری اعلام کردند که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد [۳۹]. به علاوه Staffolo و همکاران (۲۰۰٤) گزارش کردند که افزودن فیبر به ماست سبب کاهش روشنی نمونه ماست می‌گردد[۱۳] . Garcia و همکاران (۲۰۰۵) ضمن گزارش کاهش میزان روشنی ماست طی زمان نگهداری، مشاهده کردند که ارتباط مستقیمی میان کاهش این پارامتر با کاهش pH ماست طی زمان نگهداری وجود دارد که دلیل آن افزایش برهم‌کنش میان پروتئین شیر و کاهش انعکاس نور می‌باشد [٤۰]. Amiri Aghdaei و همکاران (۲۰۱۰) با پژوهشی که بر روی تأثیر هیدرو کلوئید دانه اسفرزه بر ویژگی-های فیزیکوشیمیایی و حسی ماست کم‌چرب انجام دادند، مشاهده کردند که شاخص L با افزودن هیدرو کلوئید به نمونه‌ها کاهش یافته است [۱٦]. از آنجا که شاخص روشنی

نمونه تا حد زیادی بستگی به آب موجود در سطح نمونه دارد و هیدروکلوئیدها سبب جذب آب نمونه می‌شوند بنابراین شاخص روشنی را کاهش داده‌اند [۴۰].

Table 8 Changes in the lightness (L*) of low-fat synobiotic yogurt samples during refrigeration

Day / Treatment	1	7	14	21	28
Low-fat control	97.28 ± 0.02^{bA}	94.00 ± 3.21^{aB}	90.67 ± 1.53^{aC}	88.67 ± 0.58^{aD}	89.67 ± 1.31^{Acd}
High-fat control	85.33 ± 5.51^{eAB}	86.00 ± 4.58^{dA}	84.67 ± 6.43^{cB}	82.33 ± 2.08^{dC}	84.67 ± 2.52^{cB}
1	93.17 ± 2.62^{bA}	92.67 ± 6.21^{abA}	90.33 ± 2.32^{aB}	86.73 ± 3.15^{bC}	87.33 ± 3.31^{bC}
2	91.27 ± 2.78^{cA}	89.67 ± 2.21^{cA}	86.97 ± 3.16^{bB}	85.67 ± 1.53^{bcB}	86.67 ± 1.58^{bB}
3	89.20 ± 3.61^{dB}	91.00 ± 2.73^{bcA}	87.67 ± 2.2^{bB}	83.96 ± 1.83^{cdC}	81.33 ± 0.78^{dD}

Treatments include: Low-fat control: Low-fat synbiotic yogurt containing *B. coagulans* without green banana flour; High-fat control: High-fat synbiotic yogurt containing *B. coagulans* without green banana flour; 1: Low-fat synbiotic yogurt containing *Bacillus coagulans* and 1% green banana flour; 2: Low-fat synbiotic yogurt containing *B. coagulans* and 2% green banana flour; 3: Low-fat synbiotic yogurt containing *B. coagulans* and 3% green banana flour

The same lowercase letters are not significantly different between different treatments for each day at $P > 0.05$. Values of the same treatment, followed by the same uppercase letter, are not statistically different at $P > 0.05$.

۳-۶-۲- فاکتور a* (حد فاصل سبزی تا قرمزی)

همان‌طور که از جدول ۹ مشاهده می‌شود در بین نمونه‌ها هیچ اختلاف معنی‌داری از نظر فاکتور قرمزی-سبزی مشاهده نمی‌شود (P <۰/۰۵)، اما با گذشت زمان میزان فاکتور a* به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرده و به سمت سبزی می‌رود. تغییرات رنگی در شیر می‌تواند به‌دلیل حضور ترکیباتی نظیر چربی، ویتامین‌های مانند ریبوفلاوین، نوع تغذیه دام و سن دام متفاوت باشند. ازآنجاکه سینرسیس در ماست، موجب رهاسازی سرم حاوی ریبوفلاوین که رنگ سبز را به ماست القا می‌کند، می‌گردد، می‌توان دلیل احتمالی کاهش شاخص a* طی گذشت زمان را به افزایش سینرسیس در اثر این عامل نسبت داد [۴۱]. Zomorodi (۲۰۱۳) در پژوهش خود بیان کردند که افزودن فیبر، هیچ‌گونه تأثیری در طیف رنگی قرمز نداشته است [۲۳]. نتایج حاضر با نتایج پژوهش Siamak & Jafarpour (۲۰۲۰) که از پلی‌ساکارید کنجاک در تولید خامه کم‌چرب استفاده کردند، مطابقت دارد [۴۲].

Table 9 Changes in the redness parameter (a*) of low-fat synobiotic yogurt samples during refrigeration

Day / Treatment	1	7	14	21	28
Low-fat control	5.37 ± 0.48^{aA}	5.23 ± 0.58^{aB}	5.08 ± 0.38^{aC}	4.79 ± 0.40^{Ad}	4.53 ± 0.58^{aE}
High-fat control	5.33 ± 0.43^{aA}	5.17 ± 0.58^{aB}	5.07 ± 0.58^{aC}	4.83 ± 0.58^{aD}	4.50 ± 0.51^{aE}
1	5.42 ± 0.78^{aA}	5.32 ± 0.65^{aB}	5.03 ± 0.58^{aC}	4.81 ± 0.71^{aD}	4.50 ± 0.42^{aE}
2	5.45 ± 0.53^{aA}	5.27 ± 0.51^{aB}	5.09 ± 0.58^{aC}	4.87 ± 0.58^{aD}	4.57 ± 0.58^{aE}
3	5.26 ± 0.27^{aA}	5.13 ± 0.71^{aB}	5.07 ± 0.61^{aC}	4.80 ± 0.23^{aD}	4.55 ± 0.49^{aE}

Treatments include: Low-fat control: Low-fat synbiotic yogurt containing *B. coagulans* without green banana flour; High-fat control: High-fat synbiotic yogurt containing *B. coagulans* without green banana flour; 1: Low-fat synbiotic yogurt containing *Bacillus coagulans* and 1% green banana flour; 2: Low-fat synbiotic yogurt containing *B. coagulans* and 2% green banana flour; 3: Low-fat synbiotic yogurt containing *B. coagulans* and 3% green banana flour

The same lowercase letters are not significantly different between different treatments for each day at $P > 0.05$. Values of the same treatment, followed by the same uppercase letter, are not statistically different at $P > 0.05$.

۳-۶-۳- فاکتور b* (حد فاصل آبی تا زرد)

همان‌طور که از جدول ۱۰ مشاهده می‌شود، در روز اول نگهداری نمونه‌ی حاوی سه درصد آرد موز سبز بیشترین میزان زردی را داشته و کمترین میزان مربوط به نمونه شاهد کم‌چرب می‌باشد. همچنین در روز ۲۸ مشخص شد با افزایش درصد آرد موز سبز میزان زردی افزایش یافته اگرچه تیمار ۲٪ تفاوت معنی‌داری با شاهد پرچرب نشان نداد (P>۰/۰۵). به علاوه با گذشت زمان نگهداری میزان شاخص b* افزایش یافت. مثبت بودن شاخص b* نشان‌دهنده اینست که این اعداد در محدوده‌ی رنگ زرد قرار دارند. اگر چه با چشم رنگ ماست سفید به نظر می‌رسد اما با ارزیابی دستگاهی مشخص شد که دارای کمی رنگ سبز و زرد نیز هست. Yademellat و

همکاران (۱۳۹۵) به مقایسه برخی ویژگی‌های ماست هم‌زده کم‌چرب حاوی صمغ دانه بالنگو شیرازی و صمغ فارسی پرداختند [۳۷]. نتایج در ارتباط با شاخص b^* نشان داد که زردی تیمارهای حاوی صمغ، به‌صورت معنی‌داری بالاتر از نمونه‌های شاهد بود و هم‌چنین نمونه‌های حاوی صمغ دانه بالنگو، در سطوح بالای جایگزینی از زردی بیشتری نسبت به نمونه‌های حاوی صمغ فارسی برخوردار بودند. به علاوه این شاخص در طی دوره نگهداری، به‌صورت معنی‌داری در تمامی نمونه‌ها افزایش یافت، که دلیل آن ناپایداری میسل‌های کازئین در نتیجه کاهش pH طی مدت نگهداری می‌باشد [۴۰]. Zomorodi(۲۰۱۳) در پژوهش خود نشان داد که افزایش فیبر، موجب افزایش طیف رنگی زرد محصول نسبت به نمونه شاهد می‌شود اما این افزایش معنی‌دار نبود [۲۳]. افزایش رنگ زرد نمونه‌ها در اثر افزایش مقدار فیبر را می‌توان به وجود رنگ‌دانه زرد کاروتن، در فیبر گندم نسبت داد.

Table 10 Changes in the yellowness parameter (b*) of low-fat synobiotic yogurt samples during refrigeration

Day / Treatment	1	7	14	21	28
Low-fat control	8.68 ± 0.94^{cE}	9.73 ± 0.69^{cD}	11.67 ± 0.52^{dC}	14.27 ± 0.73^{dB}	16.63 ± 0.54^{dA}
High-fat control	9.33 ± 0.58^{bE}	10.17 ± 0.55^{bD}	14.67 ± 0.68^{bC}	15.67 ± 0.58^{bB}	18.33 ± 0.45^{bA}
1	9.63 ± 0.93^{bE}	11.67 ± 0.45^{bD}	13.14 ± 0.58^{cC}	14.97 ± 0.35^{cB}	17.30 ± 0.42^{cA}
2	10.09 ± 1.00^{bE}	11.49 ± 0.76^{bD}	14.83 ± 0.92^{bC}	15.60 ± 0.41^{bB}	18.13 ± 0.58^{bA}
3	11.72 ± 0.95^{aE}	12.65 ± 0.53^{aD}	16.71 ± 0.89^{aC}	18.33 ± 0.35^{aB}	20.23 ± 0.61^{aA}

Treatments include: Low-fat control: Low-fat synbiotic yogurt containing *B. coagulans* without green banana flour; High-fat control: High-fat synbiotic yogurt containing *B. coagulans* without green banana flour; 1: Low-fat synbiotic yogurt containing *Bacillus coagulans* and 1% green banana flour; 2: Low-fat synbiotic yogurt containing *B. coagulans* and 2% green banana flour; 3: Low-fat synbiotic yogurt containing *B. coagulans* and 3% green banana flour

The same lowercase letters are not significantly different between different treatments for each day at $P > 0.05$. Values of the same treatment, followed by the same uppercase letter, are not statistically different at $P > 0.05$

۳-۷- پذیرش کلی نمونه‌های ماست سین‌بیوتیک کم‌چرب

نتایج حاصل از پذیرش کلی نمونه‌های ماست در جدول ۱۱ آورده شده است. از نظر افراد ارزیاب مطلوب‌ترین نتیجه مربوط به نمونه‌های حاوی یک و دو درصد آرد موز سبز و نمونه شاهد پرچرب بوده و کمترین امتیاز مربوط به نمونه ۳ درصد آرد موز سبز و نمونه شاهد کم‌چرب می‌باشد که تفاوت معنی‌داری با هم داشتند ($P <$ ۰/۰۵). همان‌طور که در جدول مشاهده می‌گردد با گذشت دوره نگهداری میزان پذیرش کلی تیمارها تا روز ۲۱ تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند اما در روز ۲۸ میزان پذیرش به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرده که می‌توان به کاهش pH و افزایش آب‌اندازی نمونه‌ها نسبت داد. در بین نمونه‌ها بالاترین پذیرش کلی مربوط به نمونه ماست کم‌چرب حاوی ۲ درصد آرد موز سبز می‌باشد که مشابه نمونه شاهد پرچرب می‌باشد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که در بین تیمارها، از نظر افراد ارزیاب مطلوب‌ترین نتیجه مربوط به نمونه‌های حاوی دو درصد آرد موز سبز بوده و کمترین امتیاز مربوط به نمونه سه درصد آرد موز سبز می‌باشد که تفاوت معنی‌داری با هم داشتند ($P <$ ۰/۰۵). احتمالاً نمونه حاوی سه درصد آرد موز سبز به دلیل ویسکوزیته بالا و بافت سفت از نظر افراد ارزیاب مطلوب نبوده است.

Lotfizade Dehkordi (۲۰۱۳)، با مطالعه بر روی تاثیر عصاره گیاه شنگ بر خواص حسی و ماندگاری ماست، نشان داد که افزودن گیاه شنگ تأثیر مطلوبی بر روی نمونه‌های ماست می‌گذارد و پذیرش کلی نمونه‌ها را افزایش می‌دهد [۴۳]. Ladjevardi و همکاران (۲۰۱۷)، نیز گزارش کردند چنانچه در تولید ماست فراسودمند سین‌بیوتیک از درصدهای متوسط صمغ زانتان (۱٪) استفاده شود، از خواص حسی مناسب‌تری برخوردار می‌باشد و طبق نظر ارزیاب‌ها در صورتیکه از مقدارهای خیلی کم و خیلی زیاد صمغ زانتان استفاده شود، محصولات تولیدی خواص حسی نامطلوب و مقبولیت کمتری دارند [۲۵].

Table 11 Results of general acceptance of low-fat synobiotic yogurt samples

Day / Treatment	1	7	14	21	28
Low-fat control	2.53 ± 0.65^{bA}	2.40 ± 0.51^{bA}	2.60 ± 0.51^{cA}	2.67 ± 0.49^{cA}	2.02 ± 0.49^{dB}
High-fat control	4.13 ± 0.35^{aA}	4.13 ± 0.35^{aA}	4.33 ± 0.49^{aA}	4.13 ± 0.52^{aA}	3.85 ± 0.41^{aB}
1	4.07 ± 0.46^{aA}	4.40 ± 0.51^{aA}	4.09 ± 0.43^{bA}	3.88 ± 0.34^{bA}	3.57 ± 0.35^{bB}
2	4.23 ± 0.52^{aA}	4.67 ± 0.49^{aA}	4.27 ± 0.35^{aA}	4.03 ± 0.46^{aA}	3.90 ± 0.49^{aB}
3	2.20 ± 0.41^{cA}	2.5 ± 30.52^{bA}	2.53 ± 0.52^{cA}	2.60 ± 0.51^{cA}	2.40 ± 0.51^{cB}

Treatments include: Low-fat control: Low-fat synbiotic yogurt containing *B. coagulans* without green banana flour; High-fat control: High-fat synbiotic yogurt containing *B. coagulans* without green banana flour; 1: Low-fat synbiotic yogurt containing *Bacillus coagulans* and 1% green banana flour; 2: Low-fat synbiotic yogurt containing *B. coagulans* and 2% green banana flour; 3: Low-fat synbiotic yogurt containing *B. coagulans* and 3% green banana flour

The same lowercase letters are not significantly different between different treatments for each day at $P > 0.05$. Values of the same treatment, followed by the same uppercase letter, are not statistically different at $P > 0.05$.

٤- نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که افزودن آرد موز سبز به ماست کم‌چرب باعث افزایش اسیدیته می‌گردد. به علاوه استفاده از این ترکیب میزان آب‌اندازی محصول را به طور معنی‌داری کاهش داده و منجر به افزایش ویسکوزیته ماست تولیدی می‌شود. ویژگی‌های بافتی ماست کم‌چرب تولید شده تحت تاثیر افزودن آرد موز سبز قرار گرفت به نحوی که با افزایش غلظت آن میزان سفتی، انسجام و چسبندگی نمونه‌ها افزایش یافت. هم‌چنین مشخص شد که از نظر افراد ارزیاب، افزودن غلظت ۲ ٪ آرد موز سبز از جهت ویژگی‌های حسی و مقبولیت کلی بهترین نمونه بوده و با شاهد پرچرب اختلاف معنی‌داری نداشته از این‌رو بیشترین امتیاز را به آن اختصاص دادند. با توجه به اینکه افزودن آرد موز سبز موجب بهبود ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی ماست تولیدی در مقایسه با شاهد کم‌چرب می‌گردد، لذا استفاده از آرد موز سبز جهت بهبود ویژگی‌های ماست کم‌چرب پیشنهاد می‌شود. بنابراین آرد موز سبز می‌تواند جایگزین مناسب چربی باشد، بدون آنکه تأثیر نامطلوبی بر ویژگی‌های حسی و سایر خصوصیات نمونه داشته باشد.

٥- منابع

[1] Sandoval, C. O., Lobato, C.C., García Galindo, H.C., Alvarez. R. J. & Vernon. C. E. (2003). Textural properties of alginate–pectin beads and survivability of entrapped Lb. casei in simulated gastrointestinal conditions and in yoghurt. Food Research International, 43, 11-17.

[2] Krasaekoopt, W., Bhandari, B. & Deeth, H. (2003). Evaluation of encapsulation technique of probiotics for yoghurt. International Dairy Journal, 13, 3-13.

[3] Aghazadeh Meshgi, M., Mohammadi, K., Tutunchi, S., Farahanian, Z. (2010). Production of nonfat set yogurt with corn starch and gelatin. Journal of Food Technology and nutrition, 7(3 (27)), 66-73. [in Persian]

[4] Farahnaky, A., Safari, Z., Ahmadi Gorji, F., Mesbahi, G. (2011). Use of gelatin as a fat replacer for low fat cream production. Journal of Food science and technology, 8(31), 45-52. [in Persian]

[5] Torres, I. C., Rubio, J. M. A. & Ipsen, R. (2012). Using fractal image analysis to characterize microstructure of low-fat stirred yoghurt manufactured with microparticulated whey protein. Journal of Food Engineering, 109(4), 721-729.

[6] Milanović, S. D., Carić, M. Đ., Đurić, M. S., Iličić, M. D. & Duraković, K. G. (2007). Physico-chemical properties of probiotic yoghurt produced with transglutaminase. Acta Periodica Technologica, (38), 45-52.

[7] Oliveira, R. P. D. S., Perego, P., De Oliveira, M. N. & Converti, A. (2011). Effect of inulin as a prebiotic to improve growth and counts of a probiotic cocktail in fermented skim milk. LWT-Food Science and Technology, 44(2), 520-523.

[8] Endres, J.R., Clewell, A., Jade, K.A., Farber, T., Hauswirth, J. & Schauss, A.G. (2009). Safety assessment of a proprietary preparation of a novel probiotic, *Bacillus coagulans*, as a food ingredient. Food and Chemical Toxicology, 47, 1231-1238.

[9] 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.
[10] Burgain, J., Gaiani, C., Linder, M., & Scher, J. (2011). Encapsulation of probiotic living cells: From laboratory scale to industrial applications. Journal of food engineering, 104(4), 467-483.
[11] Tribess, T. B., Hernández-Uribe, J. P., Méndez-Montealvo, M. G. C., Menezes, E. W., Bello-Perez, L. A. & Tadini, C. C. (2009). Thermal properties and resistant starch content of green banana flour (Musa cavendishii) produced at different drying conditions. LWT-Food Science and Technology, 42(5), 1022-1025.
[12] Agama-Acevedo, E., Islas-Hernández, J. J., Pacheco-Vargas, G., Osorio-Díaz, P., & Bello-Pérez, L. A. (2012). Starch digestibility and glycemic index of cookies partially substituted with unripe banana flour. LWT-Food Science and Technology, 46(1), 177-182.
[13] Staffolo, M. D., Bertola, N., & Martino, M. (2004). Influence of dietary fiber addition on sensory and rheological properties of yogurt. International Dairy Journal, 14(3), 263-268.
[14] Sah, B.N.P., Vasiljevic, T., McKechnie, S. & Donkor, O.N. (2016) Physicochemical, textural and rheological properties of probiotic yogurt fortified with fibre-rich pineapple peel powder during refrigerated storage. LWT - Food Science and Technology, 65, 978-986.
[15] Mohamed, A.G., Zayan, A.F. & Shahein, N.M. (2014) Physiochemical and sensory evaluation of yoghurt fortified with dietary fiber and phenolic compounds. Life Science Journal, 11 (9), 816-822.
[16] Amiri Aghdaei, S., Aelami, M. & Rezaei, R. (2010). Influence of fleawort seed hydrocolloid on physicochemical and sensory characteristics of low fat yoghurt. Iranian Food Science and Technology Research Journal, 6(3), 201-209. [In Persian]
[17] Ghasemi, S. & Mahdian, E. (2019). Evaluation of the Prebiotic Effects of Fibers from Pineapple, Pomegranate and Wheat By-products in Synbiotic Yoghurt Containing Probiotic Lactobacillus acidophilus La-5 Bacterium. Journal of Nutrition Sciences & Food Technology, 13(4), 89-96. [In Persian]
[18] Institute of Standards and Industrial Research of Iran. Yoghurt-Specifications and test methods. ISIRI no 695. Karaj: ISIRI; 2019. [in Persian]
[19] Park, Y. W. (2007). Rheological characteristics of goat and sheep milk. Small Ruminant Research, 68(8), 73-78.
[20] Worrasinchai, S., Suphantharika, M., Pinjai, S. & Jamnong, P. (2006). β-Glucan prepared from spent brewer's yeast as a fat replacer in mayonnaise. Food hydrocolloids, 20(1), 68-78.
[21] Miyani Saryazdi, S., Aalami, M., Aminifar, M., Ghaffarpour, M., Dastmalchi, F., Maghsoudlou, Y. & Mohammadi, M. (2016). An investigation of the physicochemical, textural and sensorial properties of functunal dairy dessert prepared from hull-less barley malt. Iranian journal of biosystems engineerINGing (Iranian journal of agricultural sciences), 47(3), 501-509
[22] Mahjoorian, A., Tavakolipour, H. & mokhtarian, M. (2014). Processing of synbiotic yoghurt based on the retentate and Whey protein concentrate enrichers. Journal of Food Processing and Preservation, 6(1), 103-118. [in Persian]
[23] Zomorodi, S. (2013). Physicochemical, rheological and sensory properties of stirred fruit yoghurt fortified by wheat fiber. Journal of Food Research (University of Tabriz), 22(4), 443-454. [in Persian]
[24] Marcotte, C.A., Zalazar, C.S., Bernal, S., Bertola, N., Bevilacqua, A. & Zaritzky, N. (2001). Effect of moisture level and fat replacer on physicochemical, rheological and sensory properties of low fat soft cheeses. International Dairy Journal, 12 (1): 45-50.
[25] Ladjevardi, Z., Yarmand, M., Emam Djome, Z. & Niasari Naslaji, A. (2017). The effect of xanthan gum on the physical and chemical properties of functional synbiotic yoghurt made by camel milk and oat β-glucan. Iranian Journal of Food Science and Technology, 14(67), 19-33. [In Persian]
[26] Azimi Mahale, A., Zomorodi, S., Mohammadi Sani, A., & Ahmadzade Ghavidel, R. (2013). Evaluating effects of orange fiber on physicochemical, rheological and sensory properties of strawberry yogurt using response surface methodology (RSM). Innovation in Food Science and Technology

(Journal of Food Science and Technology), 5(1 (15)), 23-34. [In Persian]

[27] Sahan, N., Yasar, K. & Hayaloglu, A.A. (2008). Physical, chemical and flavour quality of non-fat yogurt as affected by a β-glucan hydrocolloidal composite during storage. Food Hydrocolloids, 22(7), 1291-1297.

[28] Malone, M.E., Appelqvist, I.A.M.& Norton, I.T. (2002). Oral behavior of food hydrocolloids and emulsions. Part 2. Taste and aroma release. Food hydrocolloids, 17, 775-784.

[29] Everett, D.W.& McLeod, R. E. (2005). Interactions of polysaccharide stabilisers with casein aggregates in stirred skim-milk yoghurt. International Dairy Journal, 15, 75-83.

[30] Behnia, A., Niazmand, R., Karazhiyan, H. & Mohammadi Nafchi, A. (2014). Effect of cress seed gum on rheological and textural properties of lowfat yoghurt. Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology, 3(3), 255-266. [In Persian]

[31] Razmkhah Sharbiani, S., Razavi, S., Behzad, K. & Mazaheri Tehrani, M. (2010). Evaluation of the effect of using pectin, *Salvia macrosiphon* and basil seeds on physicochemical and sensory properties of concentrated non-fat yogurt. Iranian Food Science and Technology, 6(1), 27-36. [In Persian]

[32] Burkus, Z. & Temelli, F. (2005). Rheological properties of barley b-glucan. Carbohydrate Polymers, 59, 459–465.

[33] Dabija, A., Codină, G. G., Gâtlan, A. M., & Rusu, L. (2018). Quality assessment of yogurt enriched with different types of fibers. CyTA-Journal of Food, 16(1), 859-867.

[34] Fiszman, S.M., Lluch, M. A. & Salvador, A. (1999). Effect of addition of gelatin on microstructure of acidic milk gels and yoghurt and on their rheological properties. International Dairy Journal, 9, 895-901.

[35] Garcia-Perez, F. J., Sendra, E., Lario, Y., Fernandez-Lopez, J., Sayas-Barbera, E. & Perez-Alvarez, J. A. (2006). Rheology of orange fiber enriched yogurt. Milchwissenschaft, 61(1), 55-59.

[36] Raftani Amiri, Z., Mahmudi, M., Alimi, M. (2013). Effect of maltodextrin as a fat replacer on the quality of non-fat yogurt. Journal of food research (University of Tabriz), 23(1),133-142.

[37] Yademellat, M., Jooyandeh, H. & Hojjati, M. (2018). Comparison of some physiochemical and sensory properties of low-fat stirred yogurt containing Persian and Balangu-Shirazi gums. Iranian Journal of Food Science and Technology, 14(72), 313-326. [In Persian]

[38] Yanes, M., Duran, L. & Costell, E. (2002). Effect of hydrocolloid type and concentration on flow behavior and sensory properties of milk beverages model systems. Food Hydrocolloids, 16(6), 605-611.

[39] Tamime, A. Y. & Robinson, R. K. (2007). Tamime and Robinson's yoghurt: science and technology. Elsevier.

[40] García-Pérez, F. J., Lario, Y., Fernández–López, J., Sayas, E., Pérez-Alvarez, J. A., & Sendra, E. (2005). Effect of orange fiber addition on yogurt color during fermentation and cold storage. Color Research & Application, 30(6), 457-463.

[41] Kim, S.H., Lee, S.Y., Palanivel, G. & Kwak, H.S. (2010). Effect of Discorea opposita thunb. (Yam) supplementation on pHysicochemical and sensory characteristics of yogurt. Journal of Dairy Science, 94, 1705-1712.

[42] Siamak, F. & Jafarpour, D. (2020). Study the effect of konjac gum as a fat substitute on the physico-chemical, rheological and sensory properties of low-fat cream. Journal of Innovation in Food Science and Technology, doi: 10.30495/jfst.2021.680669. [in Persian]

[43] Lotfizade Dehkordi, S., Shakerian, A. & Mohammadi Nafchi, A. (2013). Effect of extract from *Tragopogon graminifolius* DC. on properties sensory, shelf life and the viscosity rate yogurt. Journal of Herbal Drugs, 4(1), 49-57. [in Persian].

Iranian Journal of Food Science and Technology

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Feasibility study of production of synbiotic low calorie yogurt by green banana flour and evaluation of physicochemical, textural and sensorial characteristics of it

Nekoueian, M.[1], Jafarpour, D.[2*]

1. M. Sc. Graduated of the Department of Food Science and Technology, Fasa Branch, Islamic Azad University, Fasa, Iran.
2. Assistant professor of the Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Fasa Branch, Islamic Azad University, Fasa, Iran.

ARTICIE INFO

Article History:

Received 2021/ 04/ 09
Accepted 2021/ 05/ 15

Keywords:

Low-fat yogurt,
Green banana flour,
Rheological properties,
Fat replacement.

DOI: 10.52547/fsct.18.116.277

*Corresponding Author E-Mail:
d.jafarpour84@yahoo.com

ABSTRACT

This study was performed to evaluate the effect of using green banana flour as a fat substitute on the physicochemical, texture and sensory properties of low-calorie synbiotic yogurt. For this purpose, different amounts of green banana flour were added to yogurt in concentrations of 1, 2 and 3%. Also, *Bacillus coagulans* powder at a concentration of 10^9 CFU / g was used. In this study, pH, texture, apparent viscosity, color and sensory evaluation were determined and compared with two samples of low fat control and high fat control yogurt. The results of this study showed that the replacement of green banana flour significantly reduced the pH and syneresis of yogurt samples compared to the low-fat control sample. Firmness and apparent viscosity increased significantly with increasing green banana flour; meanwhile, the sample containing 2% green banana flour was similar to the high fat control sample. Also, sensory evaluation results showed that the most favorable results were for samples containing 1 and 2% green banana flour. Therefore, it can be concluded that 2% green banana flour due to its favorable physicochemical properties and the creation of acceptable texture and taste can be used as a fat substitute for the preparation of low-calorie synbiotic yogurt.