مقاله علمی پژوهشی/ نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی/ جلد ۳۰ شماره ۴/ سال ۱۳۹۹/ صفحات ۱۲۳ تا ۱۳۵

DOI: 10.22034/fr.2021.22065.1475

تاثیر ترکیب هیدروکلوئیدهای اینولین- ژلاتین و پلی‌دکستروز - ژلاتین بر خصوصیات رئولوژیکی و حسی ماست کم‌چرب پری بیوتیک

فریبا لشکری[۱]، محمدیار حسینی*[۲] و بابک قنبرزاده [۳]

تاریخ دریافت: ۹۶/۵/۷ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱/۳۱

[۱] دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز

[۲] استادیار گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام

[۳] استاد گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

* مسئول مکاتبه: Email: m.hosseini@ilam.ac.ir

چکیده

زمینه مطالعاتی: با توجه به افزایش سطح آگاهی مردم در خصوص ارتباط بین مصرف زیاد چربی و بیماری‌هایی قلبی-عروقی، افزایش فشار خون، چاقی، و سرطان، تقاضا برای تولید فرآورده‌های لبنی کم‌چرب از جمله ماست، افزایش چشم‌گیری داشته است، ولی کاهش چربی، ویژگی‌های حسی و رئولوژیکی ماست را به گونه‌ای منفی تحت تاثیر قرار می-دهد. از طرف دیگر، فیبرهای پری بیوتیک مانند اینولین و پلی دکستروز، علاوه بر داشتن خواص چربی سوزی، دارای منافع تغذیه ای- درمانی بالایی می باشند. **هدف**: پژوهش پیش‌رو با هدف بهبود ویژگی‌های رئولوژیکی و حسی ماست کم‌چرب و تولید یک محصول فراسودمندمی باشد. **روش کار**: با استفاده از اینولین (صفر، ۲ و ۳ درصد)، پلی‌دکستروز (صفر، ۲ و ۳ درصد) و ژلاتین (صفر و ۰/۵ درصد) به عنوان جایگزین چربی انجام شد و pH، اسیدیته، میزان آب اندازی، ویژگی‌های رئولوژیکی و خواص حسی اندازه گیری شد. **نتایج**: آنالیز آماری نشان داد که غلظت‌های مختلف اینولین و پلی‌دکستروز اثر معنی‌داری ($p \leq ۰/۰۵$) بر pH و اسیدیته ندارند، اما میزان آب‌اندازی به صورت معنی‌داری ($p \leq ۰/۰۵$) با افزایش غلظت اینولین و پلی‌دکستروز کاهش پیدا کرد. در این میان، افزودن غلظت ثابتی از ژلاتین به نمونه-های مختلف حاوی اینولین یا پلی‌دکستروز سبب کاهش بیشتر آب‌اندازی شد. بررسی ویژگی‌های رئولوژیکی نشان داد که افزودن اینولین و پلی‌دکستروز سبب افزایش ویسکوزیته ظاهری، مدول ذخیره و مدول افت ماست کم‌چرب می‌شود و افزودن غلظت ثابتی از ژلاتین به نمونه‌ها سبب بهبود هرچه بیشتر ویژگی‌های رئولوژیکی می‌شود. یافته‌های آماری ارزیابی حسی ماست کم‌چرب نشان داد که افزودن اینولین و پلی‌دکستروز در کنار غلظت ثابتی از ژلاتین سبب بهبود پذیرش کلی ماست کم‌چرب می‌شود. **نتیجه گیری نهایی**: یافته‌های این پژوهش بیانگر اثر مطلوب اینولین، پلی‌دکستروز در بهبود ویژگی‌های مختلف ماست کم‌چرب می‌باشد. همچنین نتایج گویای این مطلب است که افزودن غلظت ثابتی از ژلاتین به نمونه‌ها مختلف ماست کم‌چرب حاوی اینولین یا پلی‌دکستروز سبب بهبود بیشتر ویژگی‌های رئولوژیکی و حسی ماست کم‌چرب می‌شود.

واژگان کلیدی: اینولین، پلی دکستروز، ژلاتین، ماست کم‌چرب، رئولوژی

مقدمه

ماست یکی از محبوب‌ترین فرآورده‌های لبنی است که در سراسر دنیا به طور وسیعی مصرف می‌شود که با توجه به بالا بودن ارزش تغذیه‌ای و وجود باکتری‌های مفید در آن مورد توجه فراوانی قرار گرفته است (فیزسمان و همکاران، ۱۹۹۹)، اما این محصول لبنی گاهی حاوی مقادیر بالای چربی است که سبب ایجاد نگرانی از طرف مصرف‌کنندگان شده است، از این رو تقاضای مصرف‌کنندکان جهت مصرف ماست کم‌چرب افزایش یافته است. کاهش چربی و در پی آن، کاهش کل ماده جامد در ماست‌های بدون چربی و کم‌چرب، باعث تضعیف پیکره و بافت محصول و افزایش آب اندازی می‌شود که در نتیجه مورد استقبال مصرف کنندگان قرار نمی‌گیرد (عزیزنیا و همکاران، ۲۰۰۸). تولید کنندگان ماست کم‌چرب در طی سال‌های گذشته به منظور چیرگی بر مشکلات ذکر شده به استفاده از جایگزین‌های چربی روی آورده‌اند. استفاده از جایگزین‌های چربی کالری غذای مصرفی را کاهش داده و می‌توانند ویژگی‌های فیزیکی و ارگانولپتیکی محصولات کم‌چرب را بهبود بخشد (گون و همکاران، ۲۰۰۵). 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 کربوهیدراته 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 (رابرفروید، ۲۰۰۵، وربک، ۲۰۰۵). از جمله این کربوهیدرات‌های پری‌بیوتیک، اینولین و پلی‌دکستروز می‌باشند. اینولین پلیمری است از واحدهای فروکتوز که با اتصالات بتا (۲-۱) به یکدیگر متصل شده‌اند و به طور معمول یک باقی مانده گلوکز در انتهای زنجیره آن قرار دارد. اینولین از فیبرهای غذایی قابل تخمیر است و به بهبود عملکرد روده کمک می‌کند، نقش بیفیدیوژنیک و پری‌بیوتیک دارد، جذب کلسیم را افزایش می‌دهد، در افراد دارای چربی بالا سبب کاهش تری‌گلیسریدها می‌شود و به ازای هر گرم ۱/۵ کیلوکالری انرژی تولید می‌کند (عباسی و فرزانمهر، ۲۰۰۹). این پلی‌ساکارید به عنوان جایگزین چربی و ترکیبی پری‌بیوتیک کاربرد گسترده‌ای دارد (رابرفروید، ۲۰۰۵). پلی‌دکستروز، پلی‌ساکاریدی با وزن مولکولی پایین (فرانک، ۲۰۰۲) و بطور عمده متشکل از واحدهای گلوکز با اتصال ۶-۱ از نوع آلفا است که در برخی قسمت‌های آن پیوندهایی با سوربیتول و اسید سیتریک وجود دارد (اولیویرا و همکاران، ۲۰۰۹). این ماده دارای خاصیت فیبری و پری‌بیوتیکی، ته مزه شیرین و فاقد هرگونه رنگ نامطلوب در محصول، افزایش دهنده قوام و ویسکوزیته بدون ایجاد کدورت است (کدکس، ۱۹۹۶). این ترکیب عمدتا به عنوان جایگزین شکر، نشاسته و چربی در مواد غذایی استفاده می‌شود و همچنین دارای خصوصیات پری‌بیوتیکی و اثرات مفید بر فعالیت غشای موکوس است (جی و همکاران، ۲۰۰۰). ژلاتین یک هیدروکلوئید پروتئینی است که قابلیت‌های زیادی از جمله توانایی اتصال به آب، تشکیل ژل، افزایش ویسکوزیته، تشکیل فیلم و نقش امولسیون کنندگی دارد. حالت دو خصلتی (آمفوتریک) ژلاتین و همچنین نواحی هیدروفوبیک آن در روی زنجیره پپتیدی، آن را به صورت یک عامل امولسیون کننده و کف کننده قوی درآورده است (چنگ و همکاران، ۲۰۰۸).

پژوهش‌های مختلفی تاثیر مثبت هیدروکلوئیدهای مختلف را بر روی ماست کم چرب به اثبات رسانده اند. در یکی از این پژوهش‌ها گوجیزبرگ و همکاران (۲۰۰۹) بیان کردند که افزودن اینولین به طورقابل توجهی بر بهبود ویژگی‌های بافتی و حسی ماست کم‌چرب مؤثر

می‌باشد. در مطالعه‌ای دیگر پیمنتل و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که افزودن اینولین زنجیر بلند به ماست تولیدی از شیر پس چرخ بافتی مشابه ماست تهیه شده از شیر کامل را ایجاد می‌کند، بنابراین می‌تواند به عنوان جایگزین چربی عمل کند. سریسور و همکاران (۲۰۱۳) نیز گزارش کردند که پری‌بیوتیک‌های اینولین و پلی-دکستروز سبب بهبود بافت ماست کم‌چرب و کاهش آب‌اندازی می‌شوند. در تحقیقی دیگر فیسزمان و همکاران (۱۹۹۹) نشان دادند اضافه کردن ژلاتین به ماست باعث افزایش استحکام فرآورده تا ۹ برابر و کاهش آب اندازی آن می شود. نتیجه اغلب مطالعات مذکور نشان‌دهنده تاثیر مفید این افزودنی‌ها در بهبود خواص ماست کم چرب بوده و اثر نامطلوبی نیز مشاهده نشده است. با این وجود در مطالعات قبلی به اثر ترکیبی اینولین - ژلاتین و پلی‌دکستروز- ژلاتین بر خصوصیات رئولوژیکی و حسی ماست اشاره نشده است. لذا هدف از این پژوهش بررسی اثر اینولین- ژلاتین و پلی‌دکستروز- ژلاتین بر روی خصوصیات رئولوژیکی ماست به منظور تولید یک ماست فراسودمند پری‌بیوتیک و کم‌چرب مناسب می‌باشد.

مواد و روش‌ها

مواد مورد استفاده در پژوهش جاری شامل شیر (۱/۵٪ چربی و ۹/۳۶ ٪ ماده خشک بدون چربی) از شرکت شیر پاستوریزه برگزیده آذربایجان شرقی، استارتر ماست از شرکت کریستین هانسن دانمارک، اینولین از شرکت سنسوس هلند، پلی دکستروز از شرکت دنیسکو و ژلاتین از شرکت مرک بود.

تولید ماست

به منظور تولید ماست کم چرب ۵۰۰ میلی‌لیتر شیر کم چرب (۱/۵ درصد چربی) بر روی حمام بخار قرار داده شد و بعد از رسیدن به دمای ٤٥ درجه سانتی گراد، اینولین (۲ و ۳ درصد)، پلی دکستروز (۲ و ۳ درصد) و ژلاتین (۰/۵ درصد) به صورت جداگانه و همچنین ترکیب درصدهای مختلف اینولین و پلی دکستروز با ۰/۵ درصد ژلاتین به شیر افزوده شده و تا اختلاط کامل همزده شدند. هر کدام از تیمارها در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ دقیقه پاستوریزه شده و بعد از خنک شدن تا دمای ٤٢ درجه سانتی‌گراد استارترهای تجاری به نمونه افزوده شد و سپس نمونه‌ها به انکوباتور ٤٢ درجه سانتی‌گراد منتقل گردیدند پس از رسیدن به pH =٤/٦ نمونه‌ها تا زمان انجام آزمایشات به یخچال ۵ درجه سانتی گراد انتقال داده شدند. شایان ذکر است که تولید ماست شاهد کم-چرب نیز با پیروی از پروتکل عنوان شده و بدون افزودن اینولین، پلی دکستروز و ژلاتین صورت پذیرفت.

آزمون‌های فیزیکوشیمیایی

pH نمونه‌های مختلف با استفاده از دستگاه pH متر دیجیتال (مدل827، Metrohm ساخت سوئیس) اندازه-گیری شد. 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 انجام گرفت (عزیزنیا و همکاران، ۲۰۰۸). همچنین میزان آب‌اندازی نمونه‌ها با وزن کردن حدود ۲۰ گرم از نمونه‌های مختلف ماست و قرار دادن آن در دستگاه سانتریفیوژ در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد و ۱۲۵۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه اندازه‌گیری شد و آب اندازی به صورت درصد حجم فاز مایع شفاف جدا شده بر وزن اولیه نمونه محاسبه شد (آمایولیانو و همکاران، ۲۰۰۸).

آزمون‌های رئولوژیکی

رئومتری پایا

خصوصیات رئولوژیک نمونه‌های ماست به وسیله دستگاه رئومتر (Physica Anton Paar، مدل MCR 301، ساخت اتریش) مجهز به رئومتری استوانه‌های هم مرکز (۲۷ سی سی) انجام شد. رئومتر مجهز به یک سیرکولاتور حرارتی برای انجام آزمون بود. نمونه‌های

ماست در سیلندر دستگاه ریخته شد و توسط سیرکولاتور به دمای ۰/۱± ۱۵ درجه سانتی‌گراد رسید. به منظور اندازه‌گیری ویسکوزیته به صورت تابعی از سرعت برشی و تعیین رفتار جریانی نمونه‌ها، سرعت برشی از $2\ S^{-1}$ تا $100\ S^{-1}$ تغییر پیدا کرد (داو و هارتل، ۲۰۱۵).

رئومتری نوسانی

اندازه‌گیری‌های نوسانی پویا با استفاده از رئومتر (Physica Anton Paar، مدل MCR 301، ساخت اتریش) انجام شد. نمونه‌ها ۲۰ دقیقه روی رئومتر به حال خود رها شدند تا اثر تنش‌های وارد شده بر آنها از بین برود. گستره ویسکوالاستیک خطی با انجام آزمون روبش کرنش تعیین شد. برای این منظور فرکانس در ۱۰ هرتز تنظیم شده و درصد کرنش از ۰/۱ تا ۱۰۰ تغییر پیدا کرد. سپس کرنش در گستره‌ی خطی ۰/۱ درصد انتخاب شد. در نهایت آزمایش تغییر روبش فرکانس انجام گرفت به این ترتیب که کرنش در ۰/۱ درصد تنظیم شده و فرکانس از ۰/۱ تا ۱۰۰ هرتز تغییر یافت. سنجه‌واره‌های محاسبه شده در این آزمون شامل مدول ذخیره (G') و مدول افت (G") بود (کرمی و همکاران، ۲۰۰۹).

ارزیابی حسی هدونیک

ویژگی‌های حسی نمونه‌های مختلف ماست شامل رنگ، طعم، بافت و پذیرش کلی با استفاده از آزمون هدونیک ۵ امتیازی توسط ۱۰ نفر ارزیاب تصادفی مورد بررسی قرار گرفت. شایان ذکر است امتیازدهی به نمونه‌ها با انتخاب یکی از گزینه‌های خیلی خوب، خوب، متوسط، بد و خیلی بد توسط داوران صورت پذیرفت.

تجزیه و تحلیل آماری

پژوهش در قالب یک طرح "کاملا تصادفی" و با استفاده از نرم افزار SAS (نسخه ۹/۲) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. تمام آزمون‌ها در سه تکرار انجام شد و برای مقایسه میانگین ویژگی‌های مختلف از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۹۵٪ استفاده گردید. همچنین رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار اکسل ۲۰۱۳ صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

pH و اسیدیته

نتایج حاصل از اندازه‌گیری pH و اسیدیته نمونه‌های مختلف ماست در جدول ۱ نشان داده شده است، نگاهی به نتایج نشان می‌دهد که افزودن اینولین (۲و ۳ درصد) یا پلی‌دکستروز (۲و ۳ درصد) به ماست کم‌چرب و ماست کم‌چرب حاوی درصد ثابت ژلاتین (۰/۵درصد) تاثیر معنی‌داری ($p \leq 0.05$) بر میزان pH و اسیدیته ماست ندارد. مطابق با این نتایج پژوهش‌های بسیاری از تاثیر غیر معنی‌دار هیدروکلوئیدهای مختلف بر pH و اسیدیته ماست خبر دادند. در یکی از این پژوهش‌ها سریسور و همکاران (۲۰۱۳) بیان کردند که غلظت‌های مختلف اینولین و پلی‌دکستروز تاثیر معنی‌داری بر pH و اسیدیته ماست کم‌چرب ندارند. در پژوهشی دیگر گون و همکاران (۲۰۰۵) و همچنین، گوجیزبرگ و همکاران (۲۰۰۹) با افزودن سطوح مختلف اینولین به ماست قالبی کم‌چرب گزارش کردند که اینولین تاثیری بر pH و اسیدیته ماست کم‌چرب ندارد و دلیل این مشاهدات را به عدم تغییر در فعالیت باکتری‌های استارتر ماست نسبت دادند. در تطابق با نتایج این پژوهش، ساهان و همکاران (۲۰۰۸) بیان کردند که افزودن صمغ زانتان و بتاگلوکان جو و همچنین امیری و همکاران (۱۳۸۹) با بررسی تأثیر صمغ دانه اسفرزه بر ماست کم‌چرب گزارش کردند که این صمغ تأثیری در pH و اسیدیته محصول ندارد.

جدول ۱- نتایج ارزیابی pH و اسیدیته نمونه‌های مختلف ماست

Table2- Results of pH and acidity evaluation of yogurt different samples

Sample	pH	Acidity
control	4.48 ± 0.4^{a}	84.66 ± 4.3^{a}
Gelatin(0.05%)	4.49 ± 0.2^{a}	85.66 ± 5.1^{a}

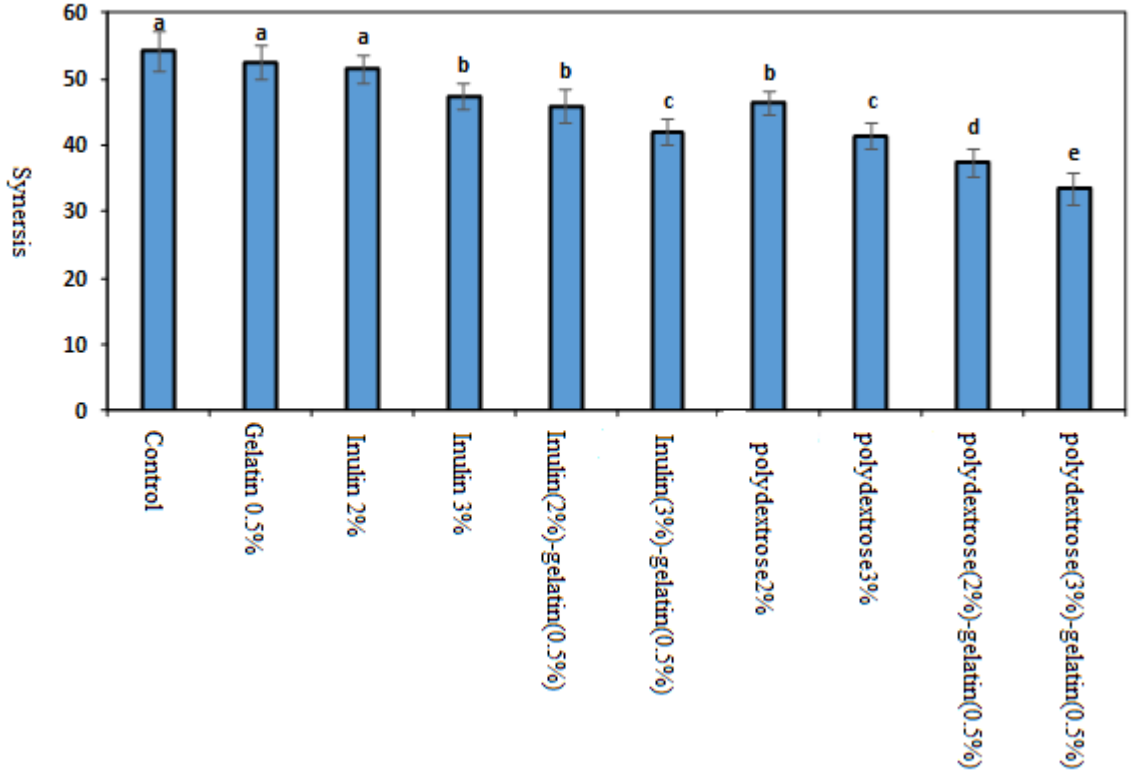
Inulin(2%)	4.5±0.5a	84.9±3.2[a]
Inulin(3%)	4.48±0.2[a]	84.33±2.9[a]
Inulin(2%)-gelatin(0.5%)	4.47±0.3[a]	85.33±4.3[a]
Inulin(3%)-gelatin(0.5%)	4.51±0.1[a]	85±3.1[a]
Polydextrose(2%)	4.48±0.6[a]	84.66±3.5[a]
Polydextrose(3%)	4.46±0.4[a]	85.06±4.3[a]
Polydextrose(2%)-gelatin(0.5%)	4.52±0.5[a]	84.73±2.3[a]
Polydextrose(3%)-gelatin(0.5%)	4.5±0.2[a]	83.97±4.1[a]

Different English letters in each column show a statistically significant difference at the level of 95%

آب‌اندازی

یکی از معایب عمده ماست آب اندازی است که در واقع به ظهور سرم یا آب پنیر در سطح ماست اطلاق می‌شود. آب‌اندازی در ماست به دلیل چروکیدگی ساختار سه بعدی شبکه پروتئینی رخ می‌دهد که منجر به کاهش قدرت اتصال پروتئین‌های آب‌پنیر و خروج آن از ماست می‌گردد (حکمت و رید، ۲۰۰۶). با کاهش چربی ساختار شبکه ژل کازئینی تضعیف شده و مستعد آب اندازی می شود.، لذا ماست تولید شده دارای آب‌اندازی بالایی خواهد بود که در نتیجه مشکلات ارگانولپتیکی و بافتی را به وجود می‌آورد (بیگ و پراساد ، ۱۹۹۶؛ جاروس و روهم ، ۲۰۰۳). غنی‌سازی با ماده خشک و همچنین افزودن هیدروکلوئیدها روش‌های متداول برای ممانعت از آب‌اندازی می‌باشند (ساهان و همکاران، ۲۰۰۸). یافته‌های حاصل از اندازه‌گیری میزان آب‌اندازی نمونه‌های مختلف ماست، در شکل ۱ ارائه شده است. همانطور که در نمودار قابل مشاهده است، افزودن درصدهای مختلف اینولین (۲ و ۳٪) به ماست شاهد کم‌چرب سبب کاهش آب‌اندازی ماست کم‌چرب می‌شود که این کاهش از لحاظ آماری تنها برای نمونه حاوی ۳٪ اینولین معنی‌داری ($p \leq 0.05$) بود. نتایج نشان داد که افزودن غلظت ثابتی از ژلاتین به نمونه‌های مختلف ماست حاوی اینولین و ماست کم‌چرب شاهد سبب کاهش بیشتر آب‌اندازی می‌شود ($p \leq 0.05$). در ارتباط با استفاده از پلی دکستروز به عنوان جایگزین چربی، نتایج آماری نشان داد که با افزودن پلی‌دکستروز میزان آب‌اندازی نسبت به نمونه ماست شاهد کم‌چرب کاهش معنی‌داری پیدا می‌کند ($p \leq 0.05$). بر اساس بخش دیگری از نتایج آماری افزودن غلظت ثابتی از ژلاتین به نمونه‌های مختلف ماست حاوی پلی‌دکستروز سبب کاهش بیشتر آب‌اندازی نسبت به نمونه‌های حاوی پلی‌دکستروز تنها شد ($p \leq 0.05$). شایان ذکر است که کمترین میزان آب‌اندازی مربوط به نمونه حاوی ۳٪ پلی‌دکستروز+ ۰/۵ ٪ ژلاتین بود. به طور کلی نتایج نشان داد که پلی‌دکستروز تاثیر بیشتری بر کاهش آب‌اندازی ماست کم‌چرب نسبت به اینولین داشت و با افزودن غلظت ثابتی از ژلاتین به نمونه‌های مختلف ماست کم‌چرب آب‌اندازی کاهش بیشتری پیدا می‌کند. اثر مثبت هیدروکلوئیدها در کاهش آب‌اندازی به خوبی مشخص می‌باشد، چرا که هیدروکلوئیدها به عنوان جاذب آب عمل کرده و با گیر انداختن آب و ایجاد شبکه ژلی از خروج آب جلوگیری می‌کنند (گوستاو و همکاران، ۲۰۱۱). کاهش آب‌اندازی در ماست‌های تیمار شده با ترکیبات پلی‌ساکاریدی مختلف توسط بسیاری از محققان به اثبات رسیده است (امیری و همکاران، ۱۳۸۹؛ ساهان و همکاران، ۲۰۰۸ و گوستاو و همکاران، ۲۰۱۱). افزودن پلی دکستروز تاثیر بیشتری بر کاهش آب‌اندازی نمونه‌های ماست داشت که این موضوع احتمالاً به دلیل ساختار و ترکیبی شیمیایی متفاوت این پری‌بیوتیک می‌باشد. پلی‌دکستروز (با درجه پلیمریزاسیون ۱۲) عمدتاً شامل گلوکز و مقدار کمی سوربیتول و اسید سیتریک است که به صورت تصادفی توزیع شده‌اند، در حالی که اینولین (با درجه پلیمریزاسیون ۲۳) به طور عمده شامل فروکتوز و احتمالاً بخش کوچکی گلوکز در ساختار خود می‌باشد (رابرفروید، ۲۰۰۶). بنابراین پلی‌دکستروز به علت کوتاه

زنجیر بودن، ممکن است ساختار منشعب خود را راحت‌تر و به طور یکنواخت‌تر به داخل کازئین گسترش دهد که موجب برهمکنش گسترده‌تر پروتئین و کربوهیدرات می‌شود و در نتیجه این موضوع منجر به ثبات بیشتر ژل و آب‌اندازی کمتر می‌شود (سریسور و همکاران، ۲۰۱۳). با افزودن غلظت ثابتی از ژلاتین به نمونه‌های مختلف آب‌اندازی کاهش بیشتری پیدا کرد که در این رابطه مطالعات نشان داده است که همراه کردن چند ترکیب پلی‌ساکاریدی با هم به دلیل برهمکنش‌های آن‌ها با همدیگر و پروتئین‌های بستر ماده غذایی و احتمالا افزایش ماده خشک ماست کم چرب، نتیجه بهتری در کاهش آب‌اندازی خواهد داشت (پاسفل و همکاران، ۲۰۰۸).



شکل ۱- آب‌اندازی تیمارهای مختلف ماست کم‌چرب.

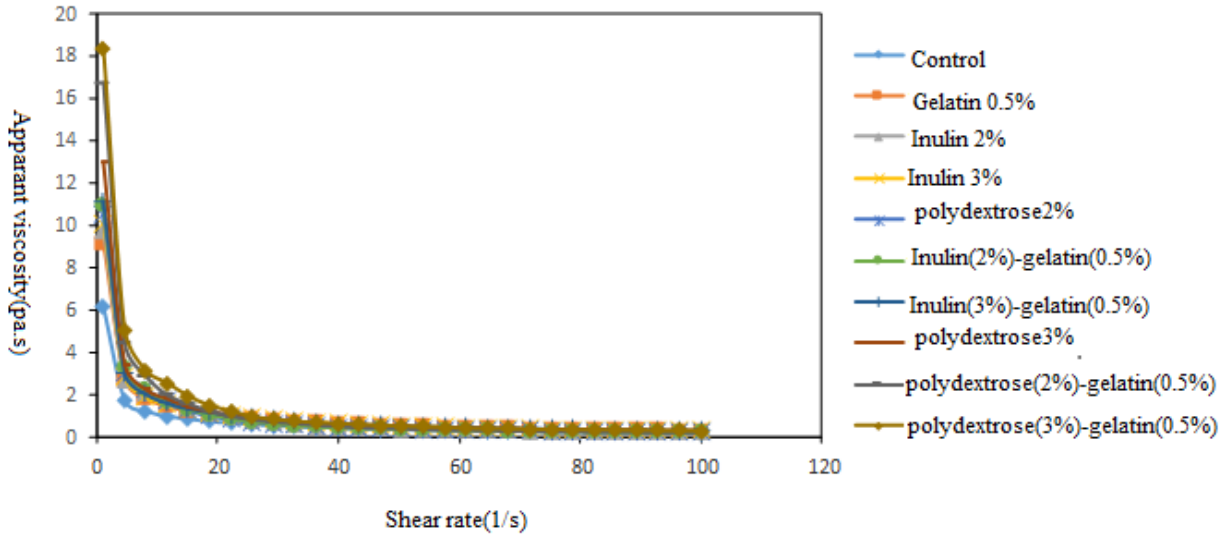
Figure 1- Synersis of different treatments of low-fat yogurt

Different English small letters shows a significant difference in the amount of different treatments synersis at the significant level($p<0.05$)

رئومتری پایا (اندازه‌گیری ویسکوزیته ظاهری)

تغییرات ویسکوزیته ظاهری نمونه‌های مختلف ماست کم‌چرب به موازات افزایش سرعت برشی در شکل ۲ نشان داده شده است. همانطور که در شکل قابل مشاهده است، با افزایش سرعت برشی، ویسکوزیته تمامی نمونه‌ها کاهش پیدا کرد. این موضوع نشان دهنده رفتار سودوپلاستیک یا روان شونده با برش ماست است. علت بروز این رفتار، هم راستا شدن مولکول‌ها، شکستن پیوندها و جدا شدن ذرات توده شده و در نتیجه کاهش اصطکاک داخلی و رها شدن آب گیر افتاده با افزایش سرعت برشی می‌باشد (گاف و همکاران، ۱۹۹٤). نتایج حاکی از آن بود که با وجود رفتار جریانی مشابه تمامی نمونه‌ها، نمونه شاهد کم-چرب در تمام سرعت‌های برشی، کمترین میزان ویسکوزیته را دارا بود و با افزودن اینولین و پلی-دکستروز ویسکوزیته ظاهری افزایش پیدا کرد که البته تاثیر پلی‌دکستروز در افزایش ویسکوزیته ماست کم-چرب بیشتر بود. بررسی نتایج نشان می‌دهد افزودن ژلاتین (۰/۵ درصد) به نمونه‌های مختلف موجب افزایش بیشتر ویسکوزیته نسبت به نمونه‌های عاری از ژلاتین می‌شود. لازم به ذکر است که بیشترین میزان ویسکوزیته مربوط به نمونه ۳٪ پلی‌دکستروز+ ۰/۵ ٪ ژلاتین بود. نتایج نشان داد که نمونه‌های حاوی پلی-دکستروز و اینولین ویسکوزیته بالاتری نسبت به نمونه شاهد کم‌چرب داشتند، که این افزایش ویسکوزیته با افزایش غلظت هیدروکلوئیدها رابطه مستقیم داشت، به این دلیل که هیدروکلوئیدها با اتصال به آب آزاد موجود در نمونه ماست کم‌چرب باعث افزایش

ویسکوزیته می‌گردند (ساهان و همکاران، ۲۰۰۸). به طور کلی افزودن هیدروکلوئیدها باعث افزایش قابلیت جذب آب می‌شود که موجب دو اثر فیزیکی مهم می‌شود یکی کاهش آب‌اندازی و دیگری افزایش ویسکوزیته ظاهری (امینیگو و همکاران، ۲۰۰۹). در تطابق با نتایج این پژوهش، آکین و همکاران (۲۰۰۷) بیان کردند که افزایش اینولین در ماست کم‌چرب سبب افزایش ویسکوزیته می‌شود. کیپ و همکاران (۲۰۰۶) نیز گزارش کردند که با افزودن اینولین، ویسکویته ظاهری ماست کم‌چرب نسبت به نمونه‌های دیگر افزایش یافته و از اینولین به عنوان قوام دهنده نام بردند که توانایی متصل شدن با پلی‌ساکاریدهای خارج سلولی و پروتئین‌ها را داراست و منجر به ایجاد بافت سفت‌تر می‌شود. در همین راستا سریسو و همکاران (۲۰۱۳) گزراش کردند که افزودن پلی‌دکستروز سبب افزایش ویسکوزیته ظاهری ماست کم‌چرب می‌شود. تمیم و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که هیدروکلوئیدها با اتصال به آب آزاد موجود در نمونه باعث افزایش ویسکوزیته می‌گردند. اونال و همکاران (۲۰۰۳) نیز بیان کردند که با افزایش بیشتر غلظت گالاکتومانان‌ها به دلیل تقویت ژل و افزایش خلل و فرج در ماست ظرفیت نگهداری آب و ویسکوزیته افزایش می‌یابد.



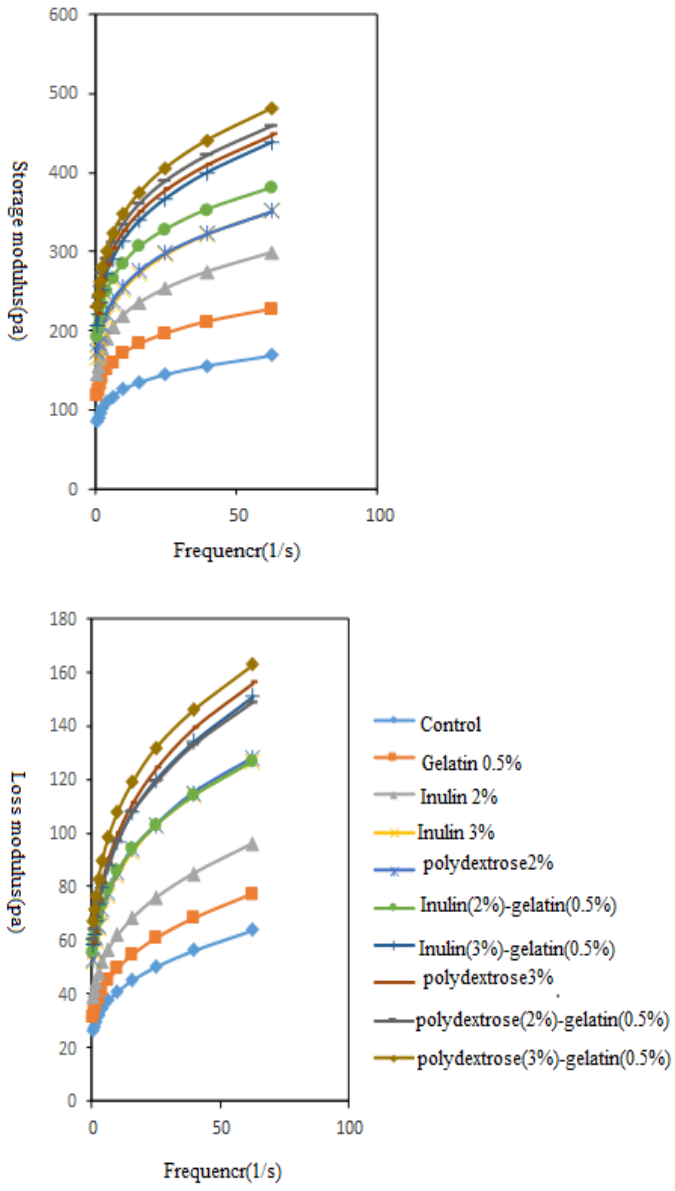
شکل ۲- تاثیر سرعت برشی بر ویسکوزیته ظاهری نمونه‌های مختلف ماست کم‌چرب حاوی پری بیوتیک های اینولین ، پلی دکستروز و ترکیب آنها با ژلاتین

Figur2- The effect of shear rate on the apparent viscosity of different samples of low-fat yogurt containing inulin prebiotics, polydextrose and their combination with gelatin

رئومتری نوسانی (پارامترهای ویسکوالاستیک)

آزمون نوسانی به منظور تعیین رفتار ویسکوالاستیک نمونه‌های ماست کم‌چرب انجام شد. این آزمون متداول‌ترین آزمون نوسانی است که رفتار ویسکوز و الاستیک مواد را در تنش یا کرنش‌های مختلف نشان می‌دهد (کرمی و همکاران، ۲۰۰۹). آزمون رئومتری پویا اطلاعات مفیدی در ارتباط با ویژگی‌های ویسکوالاستیک شامل مدول ذخیره (G') و مدول افت (G") در اختیار ما می‌گذارد که به ترتیب نشان‌دهنده خواص الاستیک و ویسکوز مواد غذایی می‌باشند (پاسفول و همکاران، ۲۰۰۸). تغییرات مدول ذخیره و مدول افت نمونه‌های مختلف ماست کم‌چرب در فرکانس‌های مختلف در شکل ۳ نشان داده شده است. همانطور که در شکل قابل مشاهده می‌باشد کمترین میزان G' و G" در تمام

فرکانس‌ها مربوط به نمونه شاهد کم‌چرب بود. نتایج نشان داد که با افودن سطوح مختلف اینولین و پلی-دکستروز به ماست کم‌چرب مدول ذخیره و مدول افت افزایش پیدا می‌کند که در این میان افزایش مدول ذخیره و مدول افت در نمونه‌های حاوی پلی‌دکستروز بیشتر بود.



شکل ۳- مدول ذخیره و مدول افت نمونه‌های مختلف ماست کم‌چرب در فرکانس‌های مختلف در کرنش ثابت ۰/۱ درصد

Figure3- Storage and loss modulus different samples of low-fat yogurt at different frequencies At a constant strain (0.1%)

بررسی نتایج نشان می‌دهد که افزودن درصد ثابتی از ژلاتین به نمونه‌های مختلف موجب افزایش جزئی مدول ذخیره و مدول افت نمونه‌های مختلف شده است. افزایش مدول‌های ویسکوالاستیک را در نتیجه افزودن اینولین و پلی دکستروز به ماست کم‌چرب را می‌توان به مکانیسم های مختلفی مانند بی تحرک کردن آب و تقویت شبکه سه‌بعدی ژلی مربوط دانست که در نهایت مدول‌های ویسکوالاستیک را افزایش می‌دهد (زمانی و

همکاران، ۱۳۹٤). (پاسفول و همکاران، ۲۰۰۸). همچنین با افزایش هیدروکلوئیدها در فرمولاسیون ماست کم-چرب، ماده خشک افزایش پیدا می‌کند و متناسب با آن برهمکنش بیشتری با پروتیئن‌های ماست کم‌چرب ایجاد می شود که موجب افزایش مدول‌های ویسکوالاستیک ماست کم‌چرب می‌شود (کاهیوغلو و کایا، ۲۰۰۳). شایان ذکر است که در تمامی نمونه‌ها و در فرکانس-های مختلف مدول ذخیره برتری محسوسی بر مدول افت داشت که نشان دهنده برتری رفتار الاستیک بر رفتار ویسکوز می‌باشد. همچنین با افزایش فرکانس مقادیر G' و G'' در تمامی نمونه ها روند افزایشی داشت که این امر می‌تواند به نوعی نشان دهنده بازآرایی پیوندهای شبکه ماست به موازات کاهش زمان اعمال تنش باشد (صیادی و همکاران،۲۰۱۳).

ارزیابی حسی

یافته‌های آماری حاصل از ارزیابی حسی نمونه‌های مختلف ماست که بوسیله یک پانل ۱۰ نفره مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند، در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که افزودن درصدهای مختلف پلی-دکستروز و اینولین به ماست کم‌چرب سبب افزایش معنی‌دار ($p\leq0.05$) امتیاز رنگ نسبت به نمونه ماست شاهد کم‌چرب می‌شود، اما افزایش غلظت اینولین و پلی-دکستروز نتیجه عکس دارد و امتیاز رنگ را کاهش می-دهد که این کاهش در ارتباط با نمونه حاوی ۳٪ پلی-دکستروز و ۳٪ اینولین از نظر آماری معنی‌دار بود ($p\leq0.05$). افزودن ژلاتین به نمونه‌های ماست کم‌چرب سبب افزایش اندک امتیاز رنگ نمونه‌های ماست کم‌چرب شد که البته این افزایش از نقطه نظر آماری معنی دار($p\leq0.05$) نبود. بررسی مقبولیت بافت نمونه‌های مختلف ماست نشان داد که افزودن اینولین به نمونه شاهد ماست موجب افزایش امتیاز مقبولیت بافت ماست کم‌چرب می‌شود که این افزایش از نظر آماری در ارتباط با هر دو نمونه حاوی ۲ و ۳ درصد اینولین معنی‌دار بود ($p\leq0.05$)، اما بین نمونه حاوی ۲ و نمونه حاوی ۳ درصد اینولین تفاوت معنی‌داری ($p\leq0.05$) مشاهده نشد. نتایج همچنین نشان داد که افزودن غلظت ثابتی از ژلاتین (۰/۵ درصد) به نمونه‌های حاوی درصدهای مختلف اینولین سبب افزایش بیشتر امتیاز بافت نمونه‌های ماست کم‌چرب نسبت به نمونه‌های عاری از ژلاتین، در بین پانلیست‌ها می‌شود. بررسی نتایج نشان می‌دهد که تغییرات امتیاز بافت نمونه‌های ماست کم‌چرب در نتیجه افزودن پلی‌دکستروز از الگوی مشابهی به مانند آنچه که در ارتباط با افزودن اینولین به ماست کم‌چرب ذکر شد، پیروی می‌کند. قابل ذکر است که نمونه حاوی ۲٪ اینولین+۰/۵ ٪ ژلاتین و نمونه حاوی ۲٪ پلی‌دکستروز+۰/۵ ٪ ژلاتین بیشترین امتیاز بافت را در بین پانلیست‌ها به خود اختصاص دادند. در نهایت در مقایسه بین نمونه شاهد کم‌چرب و نمونه حاوی ۰/۵ ٪ ژلاتین برتری امتیاز بافت از آن نمونه شاهد حاوی ۰/۵ ٪ ژلاتین بود. این نتایج بیانگر تاثیر مطلوب پری‌بیوتیک‌ها اینولین و پلی‌دکستروز بر افزایش مقبولیت بافت ماست کم‌چرب در بین مصرف‌کنندگان می‌باشد و این برتری امتیاز بافت نمونه‌های ماست کم-چرب حاوی اینولین و پلی‌دکستروز با افزودن درصد ثابتی از ژلاتین بهبود پیدا کرد. نتایج نشان داد که افزودن درصدهای مختلف اینولین و پلی دکستروز به ماست کم‌چرب سبب افزایش امتیاز طعم ماست کم‌چرب نسبت به نمونه شاهد کم‌چرب می‌شود که البته این افزایش در هیچکدام از نمونه‌ها از نقطه‌نظر آماری معنی‌دار نبود ($p\leq0.05$). همچنین افزودن درصد ثابتی از ژلاتین تاثیر قابل توجهی بر امتیاز طعم نمونه‌های مختلف نداشت. در تطابق با این نتایج سریسو و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که اینولین و پلی-دکستروز تاثیر معنی‌داری بر طعم ماست کم‌چرب ندارند. در نهایت نتایج آنالیز آماری نشان داد که افزودن درصدهای مختلف اینولین و پلی‌دکستروز به ماست کم‌چرب موجب افزایش امتیاز پذیرش کلی ماست کم‌چرب نسبت به نمونه شاهد کم‌چرب می‌شود.

براساس نتایج آماری افزودن اینولین و پلی‌دکستروز تا مقادیر میانی (۲ درصد) سبب بهبود پذیرش کلی شد اما افزودن ۳٪ اینولین و پلی دکستروز به نمونه کم‌چرب سبب کاهش معنی‌دار ($p\leq0.05$) امتیاز پذیرش کلی شد، اما کماکان امتیاز این نمونه‌ها بر نمونه شاهد کم‌چرب برتری قابل توجهی داشت. براساس بخش دیگری از نتایج آنالیز آماری افزودن ژلاتین به نمونه‌های مختلف ماست حاوی اینولین یا پلی‌دکستروز سبب بهبود امتیاز پذیرش کلی شد.

جدول ۲- نتایج ارزیابی حسی نمونه‌های مختلف ماست کم‌چرب

Table2- Results of sensory evaluation of different samples of low-fat yogurt

Sample	Color	Texture	Taste	Overall acceptance
control	2.76±0.14^{a}	2.88±0.1^{a}	2.8±0.18^{a}	2.5±0.14^{a}
Gelatin(0.05%)	2.89±0.1^{a}	3.02±0.14^{a}	2.87±0.13^{a}	2.68±0.11^{a}
Inulin(2%)	3.51±0.12^{c}	3.45±0.13^{b}	2.97±0.15^{a}	3.44±0.13^{c}
Inulin(3%)	3.24±0.13^{b}	3.39±0.12^{b}	2.97±0.13^{a}	3.21±0.13^{b}
Inulin(2%)-gelatin(0.5%)	3.69±0.11^{d}	3.82±0.15^{c}	2.97±0.17^{a}	3.59±0.15^{c}
Inulin(3%)-gelatin(0.5%)	3.31±0.15^{b}	3.43±0.11^{b}	2.97±0.12^{a}	3.32±0.15^{b}
Polydextrose(2%)	3.82±0.16d^{e}	3.75±0.14^{c}	2.97±0.14^{a}	3.78±0.16^{d}
Polydextrose(3%)	3.41±0.12b^{c}	3.7±0.12^{c}	2.97±0.12^{a}	3.57±0.14^{c}
Polydextrose(2%)-gelatin(0.5%)	3.98±0.13^{e}	4.09±13^{d}	2.97±0.13^{d}	4±0.13^{e}
Polydextrose(3%)-gelatin(0.5%)	3.57±0.18^{c}	3.84±0.17^{c}	2.97±0.12^{a}	3.71±0.18^{cd}

Different English letters in each column shows a significant difference in 95% level

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که افزودن مقادیر مختلف اینولین و پلی‌دکستروز به ماست کم‌چرب سبب کاهش آب‌اندازی و بهبود ویژگی‌های رئولوژیکی می‌شود، که در نتیجه آن ویژگی‌های ارگانولپتیکی ماست کم‌چرب بهبود پیدا کرد. براساس بخش دیگری از نتایج این پژوهش افزودن ژلاتین در کنار درصدهای مختلف اینولین و پلی‌دکستروز منجر به بهبود بیشتر ویژگی‌های رئولوژیکی و ارگانولپتیکی ماست کم‌چرب می‌شود. یافته‌های این پژوهش بیانگر اثر مطلوب ترکیب اینولین، پلی‌دکستروز با ژلاتین در بهبود ویژگی‌های مختلف ماست کم‌چرب می‌باشد.

منابع مورد استفاده

امیری س، اعلمی م و رضایی ر، ۱۳۸۹، بررسی تأثیر هیدروکلوئید دانه اسفرزه بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی ماست کم چرب، نشریه پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران، ۳، ۹-۱.

زمانی ا، الماسی ه و قنبرزاده ب، ۱۳۹٤، تاثیر قوام دهنده های گوار و کربوکسی متیل سلولز بر خواص رئولوژیکی و فیزیکی ماست میوه ای قالبی، مجله مهندسی بیوسیستم ایران، ۱، ٦٦-٥٧.

Akin, M. B, Akin M. S & Kırmacı Z, 2007. Effects of inulin and sugar levels on the viability of yogurt and probiotic bacteria and the physical and sensory characteristics in probiotic ice-cream. Food chemistry 104(1): 93-99.

Amaya-Llano S.L, Martínez-Alegría A.L, Zazueta-Morales J. J & Martínez-Bustos F, 2008. Acid thinned jicama and maize starches as fat substitute in stirred yogurt. LWT-Food Science and Technology 41(7): 1274-1281.

Aminigo E R, Metzger L & Lehtola P S, 2009. Biochemical composition and storage stability of a yogurt-like product from African yam bean (Sphenostylis stenocarpa). International journal of food science & technology 44(3): 560-566.

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.

Baig M I & Prasad V, 1996. Effect of incorporation of cottage cheese whey solids and Bifidobacterium bifidum in freshly made yogurt. Journal of dairy research 63(03): 467-473.

Cheng L. H, Lim B. L, Chow K. H, Chong S. M & Chang Y. C, 2008. Using fish gelatin and pectin to make a low-fat spread. Food hydrocolloids 22(8): 1637-1640.

Codex alimentarius, 1996. Fourth edition 297.

Daw E & Hartel R. W, 2015. Fat destabilization and melt-down of ice creams with increased protein content. International Dairy Journal 43: 33-41.

Fiszman S. M, Lluch M. A & Salvador A, 1999. Effect of addition of gelatin on microstructure of acidic milk gels and yogurt and on their rheological properties. International dairy journal 9(12): 895-901.

Franck A, 2002. Technological functionality of inulin and oligofructose. British journal of Nutrition 87(S2): S287-S291.

Goff H. D, Davidson V. J & Cappi E, 1994. Viscosity of ice cream mix at pasteurization temperatures. Journal of dairy science 77(8): 2207-2213.

Guggisberg D, Cuthbert-Steven J, Piccinali P, Bütikofer U & Eberhard P, 2009. Rheological, microstructural and sensory characterization of low-fat and whole milk set yogurt as influenced by inulin addition. International Dairy Journal 19(2): 107-115.

Gustaw W, Kordowska-Wiater M & Kozioł J, 2011. The influence of selected prebiotics on the growth of lactic acid bacteria for bio-yogurt production. Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria 10(4): 455-466.

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.

Hekmat S & Reid G, 2006. Sensory properties of probiotic yogurt are comparable to standard yogurt. Nutrition research 26(4): 163-166.

Jaros D & Rohm H, 2003. The rheology and textural properties of yogurt. Texture in food 1: 321-49.

Jie Z, Bang-Yao L, Ming-Jie X, Hai-Wei L, Zu-Kang Z, Ting-Song W & Craig S. A, 2000. Studies on the effects of polydextrose intake on physiologic functions in Chinese people. The American journal of clinical nutrition 72(6): 1503-1509.

Kahyaoglu T & Kaya S, 2003. Effects of heat treatment and fat reduction on the rheological and functional properties of Gaziantep cheese. International Dairy Journal 13(11): 867-875.

Karami M, Ehsani M. R, Mousavi S. M, Rezaei K & Safari M, 2009. Changes in the rheological properties of Iranian UF-Feta cheese during ripening. Food chemistry 112(3): 539-544.

Kip P, Meyer D & Jellema R. H, 2006. Inulins improve sensoric and textural properties of low-fat yogurts. International Dairy Journal 16(9): 1098-1103.

McClements D. J, 2015. Reduced-fat foods: the complex science of developing diet-based strategies for tackling overweight and obesity. Advances in Nutrition: An International Review Journal 6(3): 338S-352S.

Oliveira R. P, Florence A. C, Silva R. C, Perego P, Converti A, Gioielli L. A & Oliveira M. N, 2009. Effect of different prebiotics on the fermentation kinetics, probiotic survival and fatty acids profiles in nonfat symbiotic fermented milk. International Journal of Food Microbiology 128(3): 467-472.

Paseephol T, Small D. M & Sherkat F, 2008. Rheology and texture of set yogurt as affected by inulin addition. Journal of Texture Studies 39(6): 617-634.

Pimentel T. C, Cruz A. G & Prudencio S. H, 2013. Short communication: Influence of long-chain inulin and Lactobacillus paracasei subspecies paracasei on the sensory profile and acceptance of a traditional yogurt. Journal of dairy science 96(10): 6233-6241.

Roberfroid M. B, 2005. Introducing inulin-type fructans. British Journal of Nutrition 93(S1): S13-S25.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.

Sayadi A, Madadlou A & Khosrowshahi A, 2013. Enzymatic cross-linking of whey proteins in low fat Iranian white cheese. International Dairy Journal 29(2): 88-92.

Srisuvor N, Chinprahast N, Prakitchaiwattana C & Subhimaros S, 2013. Effects of inulin and polydextrose on physicochemical and sensory properties of low-fat set yogurt with probiotic-cultured banana purée. LWT-Food Science and Technology 51(1): 30-36.

Tamime A. Y & Robinson R. K, 2007. Tamime and Robinson's yogurt: science and technology. Elsevier.

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

Verbeke W, 2005. Consumer acceptance of functional foods: socio-demographic, cognitive and attitudinal determinants. Food quality and preference 16(1): 45-57.

Journal of Food Researches/vol.30 No.4/ 2021/pp 123-135
https://foodresearch.tabrizu.ac.ir
DOI: 10.22034/fr.2021.22065.1475

Effect of combination of inulin-gelatin and polydextrose-gelatin on rheological and sensory properties of low-fat prebiotic yogurt

F Lashkari[1], M Hosseini[2*] and B Ghanbarzadeh[3]

Received: July 29, 2017 Accepted: April 20, 2018

[1]Graduate MSc Student, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University of Tabriz, Tabriz, Iran.
[2]Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran
[3]Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Tabriz University, Tabriz, Iran
[*]Corresponding author: m.hosseini@ilam.ac.ir

Introduction: Yogurt is one of the most popular dairy products that is widely consumed around the world, which has received a lot of attention due to its high nutritional value and the presence of beneficial bacteria (Physman et al. 1999). But this dairy product sometimes contains high amounts of fat, which has caused concern among consumers, so the demand of consumers to consume low-fat yogurt has increased. Reduction of fat and consequent reduction of total solids in non-fat and low-fat yogurts, weakens the body and texture of the product and increases hydration, which as a result is not accept by consumers (Aziznia et al 2008). Over the years, low-fat yogurt manufacturers have resorted to using fat substitutes to overcome these problems. The use of fat substitutes reduces the calories in food intake and can improve the physical and organoleptic properties of low-fat products (Gon et al 2005). Hydrocolloids are one of the fat substitutes that have been widely used in recent years. Some of these compounds, in addition to acting as fat substitutes, are known as a prebiotic compound. Prebiotics are indigestible carbohydrate dietary fibers that stimulate the growth and proliferation of bacteria such as Bifidobacterium and Lactobacillus in the large intestine and thus improve host health (Raber Freud2005, Werbeck 2005). These prebiotic carbohydrates include, inulin and polydextrose. Inulin is a polymer of fructose units linked by β (1-2) bonds, usually with a glucose residue at the end of the chain. Inulin is a fermentable dietary fiber and helps improve intestinal function, has a bifidogenic and prebiotic role, increases calcium absorption, reduces triglycerides in people with high fat, and for each gram produces 1.5 kcal of energy (Abbasi and Farzanmehr 2009). This polysaccharide is widely used as a fat substitute and prebiotic compound (Roberfroid 2005). Polydextrose is a low molecular weight polysaccharide (Frank 2002) consisting mainly of 1-6 alpha-linked glucose units, some of which are linked to sorbitol and citric acid (Oliveira and Et al 2009). This material has fibrous and prebiotic properties, sweet taste and does not have any undesirable color in the product, increases the consistency and viscosity without creating turbidity (Codex 1996). This compound is mainly used as a substitute for sugar, starch and fat in food and also has prebiotic properties and beneficial effects on mucous membrane activity (Jay et al 2000). Gelatin is a protein hydrocolloid that has many properties including the ability to bind to water, gel formation, increase viscosity, film formation and emulsifying role. The amphoteric state of gelatin as well as its hydrophobic regions on the peptide chain make it a strong emulsifying and foaming agent (Cheng et al 2008). Various studies have proven the effectiveness of different hydrocolloids on low-fat yogurt. In one study, Gojisberg et al 2009 stated that the addition of inulin significantly improved the textural and sensory properties of low-fat yogurt. In another

study, Pimentel et al 2012 reported that the addition of long-chain inulin to milk-produced yogurt produces a tissue similar to whole-milk yogurt, so it can act as a fat substitute. Serisor et al 2013 also reported that the probiotics inulin and polydextrose improve low-fat yogurt tissue and reduce hydration. In another study, Fiszman et al 1999 showed that adding gelatin to yogurt increases the strength of the product up to 9 times and reduces its hydration. The results of most of the mentioned studies show the beneficial effect of these additives in improving the properties of low-fat yogurt and no adverse effect has been observed. However, previous studies have not reported the combined effect of inulin-gelatin and polydextrose-gelatin on the rheological and sensory properties of yogurt.Scientific evidence has demonstrated that consumption of high-fat foods has direct relation with increasing incidences of various diseases such as obesity, diabetes, hardening of the artery walls and blood pressure. Thus, demand for low-fat foods has increasingly been promoted by health-conscious consumers. However, development of low-fat foods is challenging as fat makes a major contribution to sensory attributes of many foods. The objective of this research was therefore to evaluate the effects of inulin (0, 2 and 3 %), polydextrose (0, 2 and 3 %) and gelatin (0.5%) as fat replacer on the rheological and sensory characteristics of low-fat yogurt.

Material and methods: The materials used in this study included milk (1.5% fat and 9.36% no fat dry matter) from East Azarbaijan Selected Pasteurized Milk Company, Yogurt Starter from Christian Hansen Company of Denmark, Inulin from Sansus Company of the Netherlands, Polydextrose from Denisco Company and Gelatin from Merck Company. In order to produce low-fat yogurt, 500 ml of low-fat milk (1.5% fat) was placed on the steam bath and after reaching 45°C, inulin (2 and 3%), polydextrose (0.5%) and gelatin (0.5%) were added to milk separately. Each treatment was pasteurized at 90°C for 10 minutes and after cooling up to 42°C, commercial starters were added to the sample and then the samples were transferred to incubator 42°C after reaching pH=4.6, the samples were placed in the refrigerator at 5°C until the experiments were performed.

Results and discussion: The results showed that inulin and polydextrose had not significantly ($p>0.05$) effect on the pH but increasing the inulin and polydextrose caused significant ($p\leq0.05$) decrease in the whey separation. The addition of constant concentration of gelatin to different samples containing inulin or polydextrose, caused to further lowering the whey separation. Regarding the rheological parameters, it was observed that inulin and polydextrose caused a significant ($p\leq0.05$) increase in the storage modulus, loss modulus and viscosity. Addition of constant concentration of gelatin to the samples also improves the rheological properties.

Adding different percentages of polydextrose and inulin to low-fat yogurt causes a significant increase ($p\leq0.05$) in color dye compared to the low-fat control yogurt sample, but increases the concentration of inulin and polyene. Dextrose has the opposite effect and reduces the color score, which was statistically significant in relation to samples containing 3% polydextrose and 3% inulin ($p\leq0.05$). Sensory evaluation showed that the overall acceptability of the low-fat yogurt was improved by addition of inulin or polydextrose with constant concentration of gelatin.

Conclusion: It was generally concluded that the addition of inulin and polydextrose improve various characteristics of low-fat yogurt. The results suggest that the addition of constant concentration of gelatin to the low-fat yogurt containing inulin or polydextrose had more improving effect on rheological and sensory properties.

Keywords: Inulin, Polydextrose, Gelatin, Low-fat yogurt, Rheology