افزایش زنده‌مانی *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* LGG و بهبود ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی، رئولوژیکی و حسی شیر تخمیر شده با استفاده از موسیلاژ گزنه رومی در مقایسه با اینولین

سارا امیری سامانی[۱]، مریم جعفری[۲*]، فاطمه نجاتی[۲]

۱. روه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شهرکرد، شهرکرد، ایران.

***نویسنده مسئول:** *mjafari@ag.iut.ac.ir*

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۱/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۳/۲۸

چکیده

هدف از پژوهش حاضر، بررسی قابلیت پری‌بیوتیکی موسیلاژ دانه گزنه (*Urtica pilulifera*) در بهبود رشد و ماندگاری باکتری *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* (*LGG*) و نیز بررسی تغییر در ویژگی‌های مختلف شیر تخمیر شده در مقایسه با اینولین (پری‌بیوتیک تجاری) در طول دوره نگه‌داری می‌باشد. برای این منظور، مقادیر۰/۰۲۵، ۰/۰۵، ۰/۱ و ۰/۲ درصد وزنی/وزنی از موسیلاژ دانه گزنه و مقادیر ۰/۵ و ۱ درصد وزنی/وزنی اینولین به محیط شیربازسازی شده افزوده شده و پس از تلقیح باکتری در نمونه‌های شیر، تغییرات در اسیدیته، میزان آب اندازی، ویسکوزیته، تعداد باکتری پروبیوتیک و ویژگی‌های حسی در طی ۲۱ روز نگه‌داری مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد افزودن موسیلاژ به شیر تخمیر شده سبب بهبود رشد و زنده‌مانی *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* و متعاقباً افزایش میزان اسیدیته در نمونه‌ها می‌شود. به علاوه، افزودن موسیلاژ، کاهش در میزان میزان آب اندازی نمونه‌ها در طول دوره نگه‌داری را به همراه داشت. همچنین بر اساس نتایج به دست آمده، موسیلاژ مورد مطالعه در مقایسه با اینولین توانایی بالاتری را در حفظ تعداد باکتری و کاهش ویژگی آب اندازی در نمونه‌ها نشان داد. در نهایت با در نظر گرفتن نتایج حاصل از آزمون‌های فیزیکوشیمیایی، میکروبی و حسی، نمونه حاوی ۰/۱ درصد موسیلاژ به عنوان بهترین نمونه در این پژوهش در نظر گرفته شد.

واژگان کلیدی: پری‌بیوتیک، *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* (*LGG*)، شیر تخمیر شده.

مقدمه

پری‌بیوتیک‌ها کربوهیدرات‌هایی بازنجیره کوتاه هستند که توسط آنزیم‌های دستگاه گوارش انسان قابل هضم نبوده و به طور اختصاصی سبب تشدید فعالیت برخی از باکتری‌های مفید از جمله *بیفیدو باکترها* و *باکتری‌های اسیدلاکتیک* و در نتیجه بهبود عملکرد دستگاه گوارش و سیستم ایمنی بدن می‌گردند. در واقع پری‌بیوتیک‌ها را به عنوان یک جز غذایی غیر قابل هضم که باعث تحریک رشد یا فعالیت یک یا تعداد محدودی از باکتری‌ها در سیستم گوارش میزبان می‌شوند، تعریف کرده‌اند (Agil et al, 2012). پری‌بیوتیک‌ها به تنهایی یا همراه با پروبیوتیک‌ها (سینبیوتیک) هم چنین دارای ویژگی‌های سلامت بخش دیگری در روده بزرگ از جمله کاهش خطر ابتلا به سرطان و افزایش جذب کلسیم و منیزیم می‌باشند(Prasanna et al., 2013). اخیراً دانشمندان به پری‌بیوتیک‌ها بیش از پروبیوتیک‌ها اهمیت می‌دهند؛ زیرا بهتر است به جای وارد کردن گونه‌های پروبیوتیکی جدید به بدن انسان چه به صورت خالص و چه به همراه غذا، پروبیوتیک‌های خاص در دستگاه گوارش افراد توسعه داده شوند که این امر توسط پری‌بیوتیک‌ها انجام پذیر است (Gourbeyre et al., 2011). در مطالعات مشاهده شده است که پلی‌ساکاریدهای استخراج شده از منابع گیاهی دارای تاثیرات پری‌بیوتیکی می‌باشند. به علاوه به دلیل قابلیت جذب آب و خاصیت قوام دهندگی، باعث بهبود ویسکوزیته و اصلاح بافت مواد غذایی شده و بنابراین در سیستم‌های غذایی یا دارویی بعنوان عوامل امولسیفایری، پایدارکننده و تغلیظ کننده استفاده می‌شوند. به همین دلیل استخراج پلی‌ساکاریدهای زیست فعال از منابع جدید، به عنوان یکی از موضوعات به روز در بسیاری از پژوهش‌ها می‌باشد. گزنه، متعلق به خانواده (*Urticaceae*) و از لحاظ تجاری و علمی مورد توجه است چون همه قسمت‌های آن از جمله ساقه،

برگ‌ها، ریشه‌ها و دانه حاوی مواد طبیعی ارزشمندی است که باعث شده در صنعت غذا، دارو و آرایشی کاربرد زیادی داشته باشد (Di Virgilio et al., 2014). عضو کمتر شناخته شده در این خانواده، گزنه رومی (*Urtica pilulifera*) است که به نام انجره نیز شناخته می‌شود. دانه گزنه سرشار از روغن و موسیلاژ می‌باشد. اخیرا، تاثیر افزودن موسیلاژ دانه‌های مختلف از جمله ریحان(امیری عقدایی و همکاران، ۱۳۸۹a) و صمغ دانه شاهی (Behnia et al., 2013) بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، حسی و رئولوژیکی ماست کم‌چرب، تاثیر افزودن الیگوفروکتوز (کروز و همکاران، ۲۰۱۳) بر خصوصیات رئولوژیکی، فیزیکی و شیمیایی، جنبه‌های میکروبیولوژی و ماندگاری ماست، و اثر افزودن موسیلاژ ریحان کرک‌دار (Noiduang et al., 2013) به عنوان یک پری‌بیوتیک بر کیفیت ماست ساده مورد بررسی قرار گرفته است. پژوهش‌های انجام شده در مورد گونه‌های مختلف گزنه عمدتا در زمینه‌های مربوط به پزشکی، داروسازی و یا گیاه‌شناسی بوده است در حالی‌که وجود مقایر قابل توجه موسیلاژ در دانه‌های گزنه و انجام پژوهش‌های علمی بر روی آن می‌تواند دانه‌های این گیاه را تبدیل به یک منبع هیدروکلوئیدی مورد توجه از لحاظ کاربرد در ابعاد مختلف صنعت غذا کند. بنابراین در این پژوهش موسیلاژ دانه از دیدگاه داشتن قابلیت پری‌بیوتیکی در بهبود رشد و ماندگاری *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* و نیز تاثیر بر خواص رئولوژیکی، فیزیکی- شیمیایی و حسی شیر تخمیر شده در مقایسه با اینولین مورد بررسی قرار گرفته است.

روش کار

مواد مصرفی

دانه گزنه رومی (*Urtica pilulifera*) از یک فروشگاه گیاهان دارویی واقع دراستان چهارمحال و بختیاری خریداری شده و توسط کارشناسان شرکت گل‌دارو در اصفهان مورد تایید قرار گرفت. شیرخشک بدون چربی از شرکت شیرخشک نوزاد پگاه شهرکرد و اینولین مورد استفاده در این پژوهش بصورت تجاری از کارخانه لبنیات پاک‌پی شهرکرد تهیه شدند. در این پژوهش از یک سویه باکتری *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* به نام *Lactobacillus rhamnosus LGG* (ATCC 53103) که از مرکز پژوهش‌های بیوتکنولوژی وورتسبورگ آلمان تهیه شده بود به عنوان باکتری مورد نظر برای رشد در حضور پری‌بیوتیک استفاده گردید. فعال‌سازی باکتری در محیط کشت *MRS* مایع سترون، به مدت ۲۴ ساعت در گرمخانه ۳۷ درجه سلسیوس انجام شد.

استخراج موسیلاژ دانه گزنه

استخراج موسیلاژ با استفاده از روش استخراج بهینه برای دانه شاهی وکتان، طبق روش کوی (۲۰۰۱) و کاراژیان و همکاران (۲۰۱۱) با کمی تغییرات انجام گرفت. بر اساس آزمایشات مقدماتی و نتایج به دست آمده، برای استخراج موسیلاژ از آب مقطر با pH برابر ۸ و دمای ۸۰ درجه سلسیوس به مدت ۳ ساعت و دمای محیط به مدت ۱۲ ساعت استفاده شد. خالص‌سازی موسیلاژ با استفاده از الکل ۹۷ درصد با نسبت ۱:۲ انجام شد و در آون با دمای ۵۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت خشک گردید. پس از آسیاب و عبور از الک مش ۶۰، در ظروف شیشه‌ای و در مکانی خشک و خنک برای آزمایش‌های بعدی نگه‌داری شد.

آماده‌سازی شیر و باکتری مورد استفاده در تخمیر

در این پژوهش از شیر خشک بدون چربی بازسازی شده (۱۰ درصد) و سترون شده در اتوکلاو با دمای ۱۱۰ درجه سلسیوس استفاده شد. پس از خروج از اتوکلاو، گلوکز ۱۰ درصد سترون با نسبت ۱ درصد به شیر تهیه شده اضافه گردید و سپس تلقیح باکتری *LGG* که روز قبل در *MRS* فعال شده بود به میزان ۵٪ انجام شد. نمونه تلقیح شده در گرمخانه ۳۷ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت نگه‌داری شده و از آن برای تلقیح به کشت اصلی استفاده شد.

تخمیر شیر

نسبت‌های مختلف موسیلاژ (۰/۰۲۵ ، ۰/۰۵ ، ۰/۱، ۰/۲ درصد w/w) و اینولین (۰/۵، ۱ درصد w/w) برای مقایسه تاثیرات، به محیط شیر بازسازی شده اضافه گردید. شیر خشک بازسازی با نسبت مختلف موسیلاژ و اینولین و شیر کنترل (بدون موسیلاژ و اینولین) در حمام ۹۵ درجه سلسیوس به مدت ۲۵ دقیقه سترون شدند و برای تلقیح باکتری فعال شده در مرحله قبل و انجام تخمیر اصلی آماده شدند. بعد از اینکه شیرهای بازسازی شده تا ۴۰ درجه سلسیوس سرد شد، به منظور تخمیر اصلی (مرحله دوم) ابتدا به هرکدام از شیرهای بازسازی شده ۰/۲۵ درصد از گلوکز ۱۰ درصد و سپس ۱۰ درصد از شیر تخمیر شده در مرحله قبل(مرحله اول) اضافه گردید و در گرمخانه ۳۷ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت گرمخانه‌گذاری و برای آزمون‌های بعدی آماده شد. از نمونه‌های مذکور در زمان‌های ۱ (پس از ۲۴ ساعت)، ۷، ۱۴ و ۲۱ روز نمونه‌برداری شده و آزمایش‌های مورد نظر روی آنها انجام گرفت.

اندازه‌گیری اسیدیته

اسیدیته تمام نمونه ها، طبق روش دورنیک و با استفاده از استاندارد ملی ایران به شماره ۲۸۵۲ اندازه گیری شد. در این آزمون ۱۰ میلی لیتر از هرکدام از نمونه‌های شیر تخمیر شده از مرحله اصلی در یک ارلن افزوده و پس از افزودن معرف فنل فتالین، با سود ۰/۱ نرمال تا ظهور رنگ صورتی (ارغوانی) تیتر گردید. و درصد اسیدیته برحسب درصد اسیدلاکتیک با استفاده از فرمول (۱) محاسبه گردید. نمونه‌برداری در دوره زمانی ۱،۷ ، ۱۴ و ۲۱ روز انجام گرفت. مطابق با این فرمول، N= مقدار میلی‌لیتر سود مصرف شده ، M= وزن نمونه می‌باشد.

فرمول (1) $$\text{درصداسیدیته} = \frac{N \times 0.009 \times 100}{M}$$

تعیین میزان آب اندازی

از نمونه‌های شیر تخمیر شده و حاوی نسبت‌های مختلف موسیلاژ و اینولین، به میزان ۵ میلی‌لیتر داخل لوله افزوده شد و برای انجام آزمون سینرسیس در سانتریفیوژ با دور ۴۵۰۰ rpm به مدت ۲۵ دقیقه قرار داده شد. بعد از آن میزان آب اندازی به صورت درصد بر اساس فرمول (۲) محاسبه گردید. این آزمون در طی دوره ۲۱روز نگه‌داری صورت گرفت.

فرمول (2) $$\text{درصد آب اندازی} = \frac{\text{وزن رسوب پس از سانتریفیوژ} - \text{وزن نمونه اولیه}}{\text{وزن نمونه اولیه}} \times 100$$

شمارش میکروبی

کشت میکروبی و شمارش در نمونه‌های شیر تخمیر شده در فواصل روزهای ۱، ۷، ۱۴ و ۲۱ روز انجام گرفت. به این ترتیب که از هر فلاکس به مقدار ۱ میلی‌لیتر برداشته و بعد از همگن کردن و رقت سازی تا ۶، از رقت‌های ۴، ۵ و ۶ به میزان ۵۰۰ میکرولیتر بصورت پورپلیت در محیط کشت *MRS Agar* (شرکت مرک)کشت داده شد و به مدت ۴۸ ساعت در جار بی‌هوازی و گرمخانه ۳۷ درجه سلسیوس گرمخانه گذاری گردید. بعد از ۴۸ ساعت پرگنه‌های رشد کرده *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* روی پلیت شمارش شدند.

اندازه‌گیری ویسکوزیته

نمونه شیرهای تخمیر شده به آرامی در خلاف جهت عقربه های ساعت با یک قاشق پلاستیکی پنج بار به همزده شد و سپس ویسکوزیته ظاهری در دمای ۷ درجه سلسیوس، با استفاده از ویسکومتر دیجیتالی بروکفیلد مدل LV- ULA (ساخت کشور آمریکا) با اسپیندل مناسب (شماره ۶) اندازه گیری شد. این آزمون در ابتدا و پایان دوره نگه‌داری (روزهای۱ و ۲۱) انجام گرفت.

آزمون حسی

ارزیابی حسی با استفاده از روش هدونیک (۵ نقطه ای) و با حضور ۱۰ نفر ارزیاب انجام شده و نمونه‌های شیر تخمیر شده از لحاظ طعم (مزه)، عطر(بو)، بافت، رنگ و پذیرش کلی مورد ارزیابی قرار گرفتند. بیشترین امتیاز

(عدد ۵) به منزله بسیار خوب بودن و کمترین امتیاز (عدد ۱) نشان‌دهنده خیلی بد بودن نمونه است. این آزمون در ابتدا و پایان دوره نگه‌داری (روزهای ۱ و ۲۱) انجام گرفت.

طرح آماری

کلیه آزمایش‌ها درقالب طرح کاملا تصادفی و در سه تکرار انجام گرفته و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن درسطح احتمال ۵ درصد (P<۰/۰۵) انجام گرفت. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با نرم افزار SAS V 9.1 و رسم منحنی‌ها با نرم افزار Excel صورت پذیرفت.

نتایج

شمارش تعداد باکتری پروبیوتیک *لاکتوباسیلوس رامنوسوس LGG*

به منظور بررسی اثر موسیلاژ گزنه بر رشد باکتری پروبیوتیک *لاکتوباسیلوس رامنوسوس*، و در واقع قابلیت متابولیزه شدن این ترکیب توسط باکتری، پس از تلقیح در فواصل زمانی ۲۴ ساعت، ۷، ۱۴ و ۲۱ روز pH نمونه‌ها و شمارش انجام شد. جدول ۱ تعداد باکتری *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* در نمونه‌های شیر تخمیر شده حاوی موسیلاژ و اینولین و نیز نمونه کنترل را نشان می‌دهد. با گذشت زمان تعداد باکتری پروبیوتیک در تمامی نمونه‌ها روند افزایشی نشان می‌دهد. در نمونه کنترل شمارش از لگاریتم ۷/۱ در روز اول (پس از ۲۴ ساعت) به ۷/۷۱ در روز آخر افزایش پیدا کرده است. در مقابل، در نمونه حاوی موسیلاژ به میزان ۰/۰۲۵ درصد، تعداد باکتری پروبیوتیک به طور معنی‌دار (p<۰/۰۵) از ۷/۱۶ در روز اول به ۷/۸۱ در روز پایانی و در نمونه حاوی ۰/۲ درصد موسیلاژ از ۷/۶۱ به ۸/۱۵ رسیده است که نشان‌دهنده اثر تحریک‌کنندگی موسیلاژ بر رشد و زنده‌مانی باکتری نسبت به نمونه کنترل است. از طرف دیگر، در نمونه‌های حاوی اینولین نیز شمارش تعداد باکتری در طول دوره نگه‌داری اختلاف معنی‌داری با نمونه کنترل نشان می‌دهد به طوری‌که در نمونه حاوی ۰/۵ و ۱ درصد اینولین تعداد باکتری در روز پایانی به ترتیب ۷/۸۴ و ۷/۹۸ بوده و تغییرات چه در طول دوره نگه‌داری و چه بین نمونه‌ها اختلاف معنی‌دار (p<۰/۰۵) نشان می‌دهد. مقایسه ی نمونه‌های حاوی اینولین و موسیلاژ نشان می‌دهد که تاثیر افزودن موسیلاژ خصوصا با گذشت زمان و نیز در غلظت‌های بالاتر کاملا قابل مقایسه با اینولین و بعضاً بهتر از آن می‌باشد(جدول ۱).

تغییرات اسیدیته در نمونه‌ها

جدول ۲ اسیدیته نمونه های شیر تخمیر شده حاوی موسیلاژ گزنه به میزان ۰/۰۲۵، ۰/۰۵، ۰/۱و ۰/۲ درصد و اینولین به میزان ۰/۵ و ۱ درصد را طی ۲۱ روز نگه‌داری نشان می‌دهد. روند تغییرات اسیدیته در تمامی نمونه‌ها در طول دوره نگه‌داری روندی افزایشی است که البته سرعت افزایش در نمونه‌های حاوی موسیلاژ یا اینولین بیش از نمونه کنترل است. در طول دوره نگه‌داری، اسیدیته در نمونه کنترل از ۰/۳۴ به ۰/۵۲ افزایش پیدا کرده است و میزان آن در پایان دوره نسبت به نمونه‌های حاوی موسیلاژ و اینولین، کمتر و در برخی از غلظت‌ها، تفاوت‌ها با نمونه کنترل کاملاً معنی‌دار (p<۰/۰۵) می‌باشد. از طرف دیگر، مقایسه بین نمونه‌های حاوی موسیلاژ و اینولین نشان می‌دهد با وجودی که در این پژوهش از غلظت‌های بالاتر اینولین نسبت به موسیلاژ در نمونه‌ها استفاده شده است ولی نتایج حاکی از تغییرات کندتر اسیدیته در نمونه‌های حاوی اینولین نسبت به نمونه‌های حاوی موسیلاژ است به طوریکه در نمونه حاوی ۰/۵ درصد اینولین، اسیدیته از ۰/۳۸ در روز اول به ۰/۵۴ در روز آخر و در نمونه حاوی ۱ درصد اینولین از ۰/۴۱ به ۰/۶۱ در روز پایانی رسیده است در حالی‌که اسیدیته در نمونه حاوی ۰/۰۲۵ درصد موسیلاژ، از ۰/۳۷ به ۰/۵۸ و در نمونه حاوی ۰/۲ درصد موسیلاژ، از ۰/۴۳ به ۰/۷۴ در روز آخر رسیده است.

جدول ۱. تعداد باکتری پروبیوتیک زنده مانده در نمونه‌های شیر تخمیر شده حاوی موسیلاژ (۰/۰۲۵، ۰/۰۵، ۰/۱ و ۰/۲ درصد) و اینولین (۰/۵ و ۱ درصد) طی ۲۱ روز نگه‌داری.

	نمونه‌ها	دوره نگه‌داری (روز) ۱	۷	۱۴	۲۱
۱	کنترل	۷/۱۰ ± ۰/۰۲ ^{Fd}	۷/۳۶ ± ۰/۰۶ ^{Ec}	۷/۶۰ ± ۰/۰۴ ^{Fb}	۷/۷۱ ± ۰/۰۵ ^{Fa}
۲	نمونه حاوی ۰/۰۲۵ ٪موسیلاژ	۷/۱۶ ± ۰/۰۳ ^{Ed}	۷/۵۴ ± ۰/۰۱ ^{Dc}	۷/۶۴ ± ۰/۰۵ ^{Fb}	۷/۸۱ ± ۰/۰۶ ^{Ea}
۳	نمونه حاوی ۰/۰۵ ٪موسیلاژ	۷/۴۰ ± ۰/۰۳ ^{Cd}	۷/۶۵ ± ۰/۰۲ ^{Cc}	۷/۸۱ ± ۰/۰۵ ^{Db}	۷/۹۴ ± ۰/۰۲ ^{Da}
۴	نمونه حاوی ۰/۱ ٪موسیلاژ	۷/۴۹ ± ۰/۰۱ ^{Bd}	۷/۷۵ ± ۰/۰۲ ^{Bc}	۷/۹۰ ± ۰/۰۲ ^{BCb}	۸/۰۱ ± ۰/۰۲ ^{BCa}
۵	نمونه حاوی ۰/۲ ٪موسیلاژ	۷/۶۱ ± ۰/۰۲ ^{Ad}	۷/۸۹ ± ۰/۰۱ ^{Ac}	۸/۰۲ ± ۰/۰۳ ^{Ab}	۸/۱۵ ± ۰/۰۲ ^{Aa}
۶	نمونه حاوی ۰/۵ ٪اینولین	۷/۳۴ ± ۰/۰۲ ^{Dd}	۷/۵۷ ± ۰/۰۱ ^{Dc}	۷/۷۲ ± ۰/۰۳ ^{Eb}	۷/۸۴ ± ۰/۰۲ ^{Ea}
۷	نمونه حاوی ۱ ٪اینولین	۷/۵۲ ± ۰/۰۷ ^{Bc}	۷/۷۶ ± ۰/۰۶ ^{Bb}	۷/۸۹ ± ۰/۰۶ ^{BCa}	۷/۹۸ ± ۰/۰۳ ^{CDa}

اعداد میانگین سه تکرار به صورت میانگین ± انحراف معیار گزارش شده است.

*حروف بزرگ متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف آماری معنی‌دار بین نمونه‌ها می‌باشند ($p<۰/۰۵$).

*حروف کوچک متفاوت در هر سطر نشان‌دهنده اختلاف آماری معنی‌دار نمونه‌ها در روزهای مختلف نگه‌داری می‌باشند ($p<۰/۰۵$)

جدول ۲- اسیدیته نمونه‌های شیر تخمیر شده حاوی موسیلاژ (۰/۰۲۵، ۰/۰۵، ۰/۱و ۰/۲ درصد) و اینولین (۰/۵ و ۱ درصد) طی ۲۱ روز نگه‌داری

	نمونه‌ها	دوره نگه‌داری (روز) ۱	۷	۱۴	۲۱
۱	کنترل	۰/۳۴ ± ۰/۰۲ ^{Dd}	۰/۴۰ ± ۰/۰۳ ^{Dc}	۰/۴۷ ± ۰/۰۳ ^{Eb}	۰/۵۲ ± ۰/۰۳ ^{Fa}
۲	نمونه حاوی۰/۰۲۵ ٪ موسیلاژ	۰/۳۷ ± ۰/۰۲ ^{CDd}	۰/۴۴ ± ۰/۰۳ ^{CDc}	۰/۵۱ ± ۰/۰۳ ^{CDEb}	۰/۵۸ ± ۰/۰۲ ^{DEFa}
۳	نمونه حاوی ۰/۰۵ ٪ موسیلاژ	۰/۳۸ ± ۰/۰۲ ^{BCd}	۰/۴۷ ± ۰/۰۲ ^{BCc}	۰/۵۴ ± ۰/۰۴ ^{BCDb}	۰/۶۳ ± ۰/۰۲ ^{CDa}
۴	نمونه حاوی ۰/۱ ٪ موسیلاژ	۰/۴۰ ± ۰/۰۳ ^{ABCd}	۰/۴۹ ± ۰/۰۳ ^{BCc}	۰/۵۷ ± ۰/۰۳ ^{ABCb}	۰/۶۸ ± ۰/۰۵ ^{ABCa}
۵	نمونه حاوی۰/۲ ٪ موسیلاژ	۰/۴۳ ± ۰/۰۳ ^{Ad}	۰/۵۴ ± ۰/۰۲ ^{Ac}	۰/۶۱ ± ۰/۰۳ ^{Ab}	۰/۷۴ ± ۰/۰۳ ^{Aa}
۶	نمونه حاوی ۰/۵ ٪ اینولین	۰/۳۸ ± ۰/۰۳ ^{BCc}	۰/۴۴ ± ۰/۰۱ ^{CDbc}	۰/۴۸ ± ۰/۰۵ ^{DEab}	۰/۵۴ ± ۰/۰۸ ^{EFa}
۷	نمونه حاوی ۱ ٪ اینولین	۰/۴۱ ± ۰/۰۲ ^{ABCc}	۰/۵۰ ± ۰/۰۴ ^{ABb}	۰/۵۳ ± ۰/۰۲ ^{CDEb}	۰/۶۱ ± ۰/۰۶ ^{CDEa}

اعداد میانگین سه تکرار به صورت میانگین ± انحراف معیار گزارش شده است.

*حروف بزرگ متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف آماری معنی‌دار بین نمونه‌ها می‌باشند ($p<۰/۰۵$).

*حروف کوچک متفاوت در هر سطر نشان‌دهنده اختلاف آماری معنی‌دار نمونه‌ها در روزهای مختلف نگه‌داری می‌باشند ($p<۰/۰۵$).

آب‌اندازی

جدول ۳ میزان آب‌اندازی نمونه‌های شیر تخمیر شده حاوی موسیلاژ و اینولین را در مقایسه با نمونه کنترل نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که افزودن موسیلاژ و اینولین به شیر تخمیر شده باعث کاهش آب‌اندازی نمونه‌ها به طور معنی‌دار شده($p<۰/۰۵$) و با افزایش غلظت هیدروکلوئید در نمونه‌ها، میزان آب‌اندازی نیز روندی نزولی نشان می‌دهد. با گذشت زمان میزان آب‌اندازی در نمونه کنترل از ۷۲/۴۱ درصد در روز اول به ۶۷/۳۴ درصد در پایان دوره کاهش پیدا کرده است در حالی‌که کاهش آب‌اندازی برای نمونه حاوی بیشترین غلظت موسیلاژ (۰/۲ درصد) از ۶۹/۶۳ درصد

در روز اول به ۶۳/۱۷ درصد در روز آخر مشاهده می‌شود. روند کاهش آب‌اندازی در نمونه‌های حاوی اینولین نیز دیده می‌شود که البته کاهش در این نمونه‌ها به طور معنی‌دار کمتر از نمونه‌های حاوی موسیلاژ با غلظت‌های بالاتر در دوره نگه‌داری است به طوری‌که کاهش آب‌اندازی در نمونه حاوی ۱ درصد اینولین در پایان دوره به حدود ۶۵ درصد رسیده است.

ویسکوزیته

نمودار ۱ ویسکوزیته در نمونه‌های شیر تخمیر شده را در ابتدا و پایان دوره نگه‌داری نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که نمونه‌های دارای موسیلاژ و اینولین، ویسکوزیته بالاتری نسبت به نمونه کنترل دارند که به دلیل توانایی هیدروکلوئید در باند کردن با آب آزاد در نمونه می‌باشد. به علاوه در تمامی نمونه‌ها روند افزایش ویسکوزیته در طول دوره نگه‌داری ادامه یافته است. افزایش در میزان اینولین از ۰/۵ درصد به ۱ درصد همراه با افزایش ویسکوزیته در نمونه‌ها در دوره نگه‌داری بوده ولی در ارتباط با افزودن موسیلاژ مشاهده می‌شود که تا غلظت ۰/۰۵ درصد، افزایش قابل توجه در ویسکوزیته نمونه‌های شیر تخمیر شده مشاهده می‌شود به طوریکه این افزایش نسبت به نمونه‌های حاوی اینولین نیز بیشتر است ولیکن درصدهای بالاتر، باعث کاهش این پارامتر شده است؛ به طوریکه کمترین ویسکوزیته در ابتدا و پایان دوره نگه‌داری مربوط به نمونه حاوی ۰/۲ درصد موسیلاژ است.

جدول ۳- آب‌اندازی نمونه های شیر تخمیر شده حاوی موسیلاژ (۰/۰۲۵، ۰/۰۵، ۰/۱و ۰/۲ درصد) و اینولین (۰/۵ و ۱ درصد) طی ۲۱ روز نگه‌داری

		دوره نگه‌داری (روز)			
	نمونه‌ها	۱	۷	۱۴	۲۱
۱	کنترل	۷۲/۴۱ ± ۰/۷۷ ^{Aa}	۷۰/۸۹ ± ۰/۷۷ ^{Ab}	۶۹/۸۸ ± ۰/۱۳ ^{Ab}	۶۷/۳۴ ± ۰/۴۲ ^{Ac}
۲	نمونه حاوی ۰/۰۲۵ ٪موسیلاژ	۷۱/۵۱ ± ۰/۴۱ ^{Aba}	۷۰/۳۹ ± ۰/۶۲ ^{ABb}	۶۹/۱۸ ± ۰/۴۴ ^{Bc}	۶۶/۸۵ ± ۰/۶۷ ^{ABd}
۳	نمونه حاوی ۰/۰۵ ٪موسیلاژ	۷۰/۹۸ ± ۰/۴۹ ^{BCa}	۶۹/۹۸ ± ۰/۵۴ ^{ABCb}	۶۸/۴۵ ± ۰/۳۵ ^{Cc}	۶۵/۸۴ ± ۰/۵۹ ^{BCd}
۴	نمونه حاوی ۰/۱ ٪موسیلاژ	۷۰/۴۶ ± ۱/۰۶ ^{BCDa}	۶۹/۶۹ ± ۰/۷۲ ^{ABCa}	۶۷/۷۸ ± ۰/۰۵ ^{Db}	۶۴/۷۲ ± ۰/۸۱ ^{CDc}
۵	نمونه حاوی ۰/۲ ٪موسیلاژ	۶۹/۶۳ ± ۰/۴۶ ^{Da}	۶۸/۸۱ ± ۰/۷۴ ^{Ca}	۶۵/۴۴ ± ۰/۵۶ ^{Eb}	۶۳/۱۷ ± ۰/۳۷ ^{Dc}
۶	نمونه حاوی ۰/۵ ٪اینولین	۷۰/۹۶ ± ۰/۶۳ ^{BCa}	۷۰/۳۳ ± ۰/۹۵ ^{ABab}	۶۹/۱۹ ± ۰/۲۷ ^{Bb}	۶۶/۵۰ ± ۰/۹۱ ^{ABc}
۷	نمونه حاوی۱ ٪اینولین	۷۰/۰۰ ± ۰/۵۱ ^{CDa}	۶۹/۹۲ ± ۰/۵۷ ^{ABCa}	۶۷/۶۶ ± ۰/۵۱ ^{Db}	۶۵/۱۵ ± ۰/۸۲ ^{Cc}

اعداد میانگین سه تکرار به صورت میانگین ± انحراف معیار گزارش شده است.

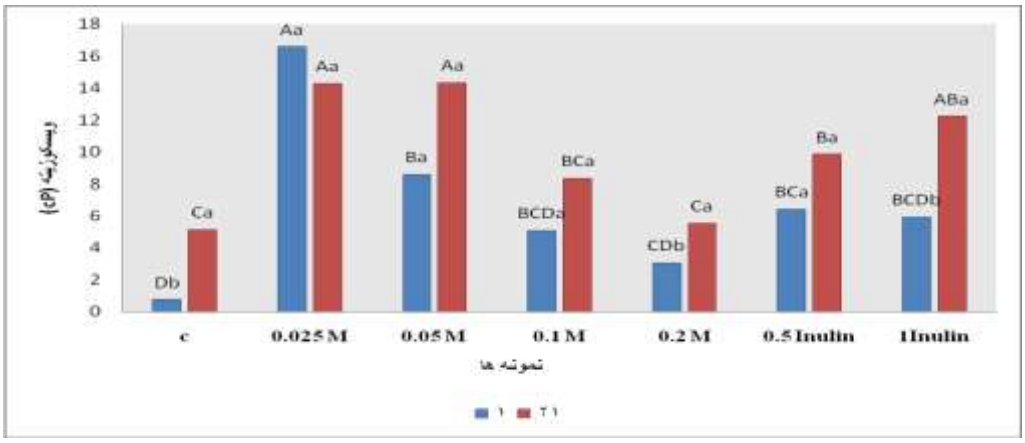
*حروف بزرگ متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف آماری معنی‌دار بین نمونه‌ها می‌باشند ($p<۰/۰۵$).

*حروف کوچک متفاوت در هر سطر نشان‌دهنده اختلاف آماری معنی‌دار نمونه‌ها در روزهای مختلف نگه‌داری می‌باشند ($p<۰/۰۵$).

ارزیابی حسی

جدول ۴ و ۵ ارزیابی حسی نمونه‌های شیر تخمیر شده حاوی موسیلاژ و اینولین را در روز اول و پایان دوره نگه‌داری نشان می‌دهد. با افزایش میزان غلظت موسیلاژ، ویژگی‌هایی از جمله طعم، بو و رنگ پذیرش کمتری برای مصرف کننده داشته‌اند. چنین وضعیتی در ارتباط با افزایش غلظت اینولین در نمونه‌ها نیز دیده می‌شود ولی قابل ذکر است که در اکثر موارد تفاوت‌ها از نظر آماری اختلاف معنی‌داری را بین نمونه‌های حاوی موسیلاژ، اینولین و نمونه کنترل نشان نمی‌دهند. نتیجه آنالیز حسی بافت نمونه‌ها نشان می‌دهد که پذیرش بافت با افزایش غلظت موسیلاژ یا اینولین در نمونه‌ها بهبود یافته است. آنالیز آماری نشان می‌دهد که بین نمونه حاوی ۰/۰۲۵ و ۰/۰۵ درصد موسیلاژ و نیز

۰/۵ درصد اینولین با نمونه کنترل از نظر بافتی اختلاف معنی‌داری وجود نداشته ولی در غلظت‌های بیشتر، تفاوت‌ها معنی‌دار هستند($p<۰/۰۵$). نمونه کنترل در ابتدا و پایان دوره نگه‌داری از نظر بافتی کمترین امتیاز را به خود اختصاص داده است. در نهایت، پذیرش کلی نمونه‌ها در روز اول با افزایش غلظت موسیلاژ تا ۰/۱ درصد اختلاف معنی‌داری نداشته ولی نمونه حاوی ۰/۲ درصد موسیلاژ از نظر پذیرش کلی، کمترین امتیاز را داشت. کاهش پذیرش کلی در تمامی نمونه‌ها در پایان دوره نگه‌داری مشاهده می‌شود.



نمودار ۱- ویسکوزیته نمونه‌های شیر تخمیر شده در روز اول و پایان دوره نگه‌داری: کنترل(c)، حاوی موسیلاژ (M) و اینولین (Inulin). حروف بزرگ متفاوت نشان‌دهنده اختلاف آماری معنی‌دار بین نمونه‌ها و حروف کوچک متفاوت نشان‌دهنده اختلاف آماری معنی‌دار در روزهای مختلف نگه‌داری می‌باشند ($p<۰/۰۵$).

جدول ۴- ارزیابی حسی نمونه های شیر تخمیر شده حاوی موسیلاژ (۰/۰۲۵، ۰/۰۵، ۰/۱و ۰/۲ درصد) و اینولین (۰/۵ و ۱ درصد) در روز اول دوره نگه‌داری

		روز۱				
	نمونه‌ها	طعم (مزه)	عطر(بو)	رنگ	بافت	پذیرش کلی
۱	کنترل	۲/۹۰± ۰/۶۶ ^{A}	۳/۲۳± ۰/۶۳ ^{AB}	۳/۱۳± ۰/۷۳ ^{A}	۲/۵۰± ۰/۸۶ ^{D}	۳/۲۳± ۰/۶۳ ^{A}
۲	نمونه حاوی ۰/۰۲۵ ٪موسیلاژ	۳/۱۳± ۰/۷۳ ^{A}	۳/۰۰± ۰/۶۹ ^{AB}	۳/۰۰± ۰/۷۴ ^{A}	۲/۹۷± ۰/۸۱ ^{BC}	۲/۹۷± ۰/۷۶ ^{AB}
۳	نمونه حاوی ۰/۰۵ ٪موسیلاژ	۲/۹۳± ۰/۶۴ ^{A}	۲/۹۰± ۰/۶۶ ^{B}	۳/۰۰± ۰/۶۴ ^{A}	۲/۷۳± ۰/۶۴ ^{CD}	۳/۰۰± ۰/۵۹ ^{AB}
۴	نمونه حاوی ۰/۱ ٪موسیلاژ	۲/۸۰± ۰/۹۲ ^{A}	۳/۰۰± ۰/۹۸ ^{AB}	۲/۹۰± ۰/۹۹ ^{A}	۳/۴۰± ۰/۸۱ ^{AB}	۲/۸۰± ۰/۵۵ ^{BC}
۵	نمونه حاوی ۰/۲ ٪موسیلاژ	۲/۳۰± ۰/۷۹ ^{B}	۳/۱۰± ۰/۶۱ ^{AB}	۲/۰۰± ۰/۷۴ ^{B}	۳/۷۰± ۰/۶۰ ^{A}	۲/۵۰± ۰/۵۱ ^{C}
۶	نمونه حاوی ۰/۵ ٪اینولین	۳/۰۳± ۰/۹۶ ^{A}	۳/۴۳± ۰/۹۰ ^{A}	۳/۰۰± ۰/۸۷ ^{A}	۳/۰۰± ۰/۶۹ ^{BC}	۳/۲۳± ۰/۹۰ ^{A}
۷	نمونه حاوی ۱ ٪اینولین	۳/۰۳± ۰/۸۹ ^{A}	۳/۲۰±۱/۰۰ ^{AB}	۳/۱۳± ۰/۸۲ ^{A}	۳/۳۰±۱/۰۲ ^{AB}	۳/۱۷±۰/۶۵ ^{AB}

اعداد میانگین سه تکرار به صورت میانگین ± انحراف معیار گزارش شده است.

*حروف بزرگ متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف آماری معنی‌دار بین نمونه‌ها می‌باشند ($p<۰/۰۵$).

جدول ۵- ارزیابی حسی نمونه‌های شیر تخمیر شده حاوی موسیلاژ (۰/۰۲۵، ۰/۰۵، ۰/۱و ۰/۲ درصد) و اینولین (۰/۵ و ۱ درصد) در روز پایانی دوره نگه‌داری

		روز ۲۱				
	نمونه‌ها	طعم (مزه)	عطر(بو)	رنگ	بافت	پذیرش کلی
۱	کنترل	۲/۶۰± ۰/۸۹ ^{A}	۲/۶۰± ۰/۸۶ ^{A}	۲/۹۰± ۰/۷۶ ^{A}	۲/۴۰± ۰/۷۲ ^{C}	۲/۶۰± ۰/۵۶ ^{A}
۲	نمونه حاوی ۰/۰۲۵ ٪موسیلاژ	۲/۳۰± ۰/۷۵ ^{AB}	۲/۵۰± ۰/۸۶ ^{AB}	۲/۸۰± ۰/۶۶ ^{AB}	۲/۵۳± ۰/۵۷ ^{C}	۲/۵۳± ۰/۵۷ ^{A}
۳	نمونه حاوی ۰/۰۵ ٪موسیلاژ	۲/۳۰± ۰/۷۵ ^{AB}	۲/۵۰± ۰/۶۳ ^{AB}	۲/۵۰± ۰/۵۱ ^{BC}	۲/۷۰± ۰/۸۴ ^{BC}	۲/۰۰± ۰/۶۹ ^{B}
۴	نمونه حاوی ۰/۱ ٪موسیلاژ	۲/۲۰± ۰/۷۱ ^{AB}	۲/۳۰± ۰/۶۵ ^{AB}	۲/۴۰± ۰/۵۰ ^{C}	۳/۰۰± ۰/۶۹ ^{AB}	۲/۰۰± ۰/۵۹ ^{B}
۵	نمونه حاوی ۰/۲ ٪موسیلاژ	۲/۰۰± ۰/۷۴ ^{B}	۲/۱۰± ۰/۶۶ ^{B}	۲/۰۰± ۰/۵۹ ^{D}	۳/۳۰± ۰/۶۰ ^{A}	۱/۸۰± ۰/۵۵ ^{B}
۶	نمونه حاوی ۰/۵ ٪اینولین	۲/۵۰± ۰/۷۳ ^{A}	۲/۶۰± ۰/۷۲ ^{A}	۲/۹۰± ۰/۷۶ ^{A}	۲/۷۰± ۰/۴۷ ^{BC}	۲/۵۰± ۰/۵۷ ^{A}
۷	نمونه حاوی ۱ ٪اینولین	۲/۴۰± ۰/۸۶ ^{AB}	۲/۴۰± ۰/۷۷ ^{AB}	۲/۷۰± ۰/۷۰ ^{ABC}	۳/۰۰± ۰/۸۳ ^{AB}	۲/۵۰± ۰/۵۱ ^{A}

اعداد میانگین سه تکرار به صورت میانگین ± انحراف معیار گزارش شده است.

*حروف بزرگ متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف آماری معنی‌دار بین نمونه‌ها می‌باشند ($p<0/05$).

بحث

شمارش تعداد باکتری *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* LGG همانگونه که در جدول ۳ نیز مشاهده شد موسیلاژ استخراج شده ازدانه گزنه اثر تحریک‌کننده بر رشد باکتری داشته است به طوریکه جمعیت آن پس از ۲۴ ساعت افزایش قابل توجه داشته و به استثنای غلظت ۰/۰۲۵ درصد موسیلاژ که کمترین غلظت مورد بررسی است سایر غلظت‌ها تا پایان دوره از نظر شمارش باکتری نسبت به نمونه‌های حاوی ۰/۵ و ۱ درصد اینولین به صورت معنی داری بیشتر می‌باشند که نشان‌دهنده قابلیت پری‌بیوتیکی موسیلاژ و تاثیر بیشتر و معنی دار آن بر زنده‌مانی باکتری *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* در مقایسه با اینولین می‌باشد. به عنوان مثال، نمونه حاوی ۱ درصد اینولین از نظر شمارش در روز پایانی وضعیتی مشابه با نمونه حاوی ۰/۱ درصد موسیلاژ (که غلظتی ده برابر کمتر از آن دارد) نشان داده است. با توجه به تعریف پری‌بیوتیک‌ها، وجود آنها در مواد غذایی حمایت کننده رشد پروبیوتیک‌ها و افزایش زنده‌مانی آنها است. این موضوع به پیچیدگی ساختاری ترکیبات پری‌بیوتیک و عدم دسترسی به قند ساده در محیط رشد میکروب بر می‌گردد. در محیط‌های حاوی قند ساده به دلیل پدیده مهار کاتابولیکی و مهار فعالیت آنزیم‌ها، رشد محدود می‌شود (Sodini et al.,. 2005). اما در محیط‌های حاوی پری‌بیوتیک‌ها به دلیل پیچیدگی ساختاری، امکان تولید آنزیم‌های بیشتر که برای متابولیزه شدن ترکیبات غذایی لازم است فراهم شده و به میکروارگانیسم قدرت حفظ ثبات و پایداری می‌دهد. آقاجانی و همکاران (۱۳۸۹) به بررسی سه ترکیب پریبوتیک لاکتولوز، اینولین و الیگوفروکتوز به صورت جداگانه و مخلوط‌های دوتایی و سه‌تایی بر باکتری پروبیوتیک *لاکتوباسیلوس کازئی* در ماست پرداختند. نتایج این پژوهش در طول ۲۱ روز نگه‌داری نشان داد نمونه ماست محتوی لاکتولوز-اینولین، کمترین درصد آب اندازی و بیشترین تعداد باکتری پروبیوتیک زنده را در پایان دوره نگه‌داری نشان داد. در مطالعه Firdaus و همکاران (۲۰۱۲) اثر پلی‌ساکاریدهای استخراج شده از گیاه بامبو بر باکتری‌های پروبیوتیک به مدت ۷۲ ساعت بررسی شده و افزایش زنده‌مانی تا بیش از ۴۸ ساعت گزارش شده است.. Martinez-Villaluenga و همکاران (۲۰۰۵) نیز اعلام کردند که الیگوساکاریدهای رافینوزی در شیرهای تخمیری جمعیت *بیفیدوباکتریوم لاکتیس* و *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* را در انتهای تخمیر در مقایسه با نمونه‌های شاهد افزایش می‌دهند. به

علاوه زمان تخمیر از ۱۲ ساعت به ۱۰ ساعت کاهش می‌یابد.

تغییرات اسیدیته در نمونه‌ها

نتایج حاصل از تغییرات اسیدیته در توافق با نتایج به دست آمده از شمارش میکروبی نشان دهنده تاثیر پری‌بیوتیکی موسیلاژ است به طوری که فعالیت بالا و قابلیت زنده‌مانی بیشتر *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* در نمونه‌های شیر تخمیر شده حاوی موسیلاژ، امکان تولید مقادیر بیشتری از اسید لاکتیک را در طول دوره نگه‌داری فراهم کرده و باعث بروز اختلافات معنی‌دار در این پارامتر نسبت به نمونه کنترل و حتی پری‌بیوتیک اینولین شده است. آقاجانی و همکاران (۱۳۸۹) در بررسی سه ترکیب پریبوتیک لاکتولوز، اینولین و الیگوفروکتوز به صورت جداگانه و مخلوط‌های دوتایی و سه‌تایی بر باکتری پروبیوتیک *لاکتوباسیلوس کازئی* در ماست طی ۲۱ روز نگه‌داری نشان دادند که اسیدیته تمام نمونه‌ها طی دوره‌ی نگه‌داری بصورت معنی‌داری افزایش پیدا کرده و نمونه ماست حاوی مخلوط لاکتولوز- الیگوفروکتوز، بیشترین سرعت افزایش اسیدیته را در این دوره نسبت به سایرین نشان داد. زمردی و همکاران (۱۳۹۴) در بررسی زنده‌مانی *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* و بهبود خواص کیفی در ماست سین‌بیوتیک با استفاده فیبر سیب و گندم گزارش کردند که استفاده از هر دو فیبر باعث افزایش معنی‌دار در اسیدیته ماست در طی ۲۹ روز نگه‌داری شده و البته تاثیر فیبر گندم در این زمینه بیش از فیبر سیب بوده است.

آب‌اندازی

آب‌اندازی در ژل به دلیل چروکیدگی ساختار سه بعدی شبکه پروتئینی و خروج آب پنیر از فاز پیوسته یعنی شبکه ژل می‌باشد. از راه‌های حذف یا کاهش سینرسیس، می‌توان به غنی‌سازی ماده خشک با افزودن هیدروکلوئیدها اشاره کرد. البته این نکته را نیز باید در نظر داشت که افزودن بیش از اندازه این ترکیبات می‌تواند باعث تاثیرات منفی بر طعم و ویژگی‌های حسی محصول شود. از جمله دلایل کاهش آب‌اندازی در محصولات حاوی پری‌بیوتیک، افزایش قوام و همچنین ظرفیت کمپلکس با آب است که به ترکیبات پری‌بیوتیکی این امکان را می‌دهد که با افزایش آب متصل شده، از آب‌اندازی جلوگیری کنند (دیبازر و همکاران، ۱۳۹۴). نتایج به دست آمده در پژوهش حاضر نیز موید همین مطلب است و مشاهده می‌شود که موسیلاژ گزنه به دلیل توانایی نگه‌داری آب در ساختار خود، باعث کاهش میزان آب‌اندازی در نمونه‌ها شده و تاثیر درصدهای بالاتر موسیلاژ به مراتب بیش از درصدهای پایین آن است. به علاوه با وجود کمتر بودن غلظت موسیلاژ گزنه در نمونه‌ها در مقایسه با اینولین، ولیکن در حفظ آب در ساختار ژل و کاهش آب‌اندازی به مراتب بهتر از اینولین عمل کرده است. کاهش میزان آب‌اندازی در طی دوره نگه‌داری را نیز می‌توان به قویتر شدن نیروی جاذبه بین اجزای ژل در دمای پایین یا افزایش تعداد آنها نسبت داد که احتمالا این امر به دلیل آماس اجزا و امکان برقراری اتصال بین آنها در منطقه بزرگتر می‌باشد. نتایج مشابهی توسط سایر پژوهش‌ها گزارش شده است. نیکوفر و همکاران (۲۰۱۳) با افزودن ۰/۰۳، ۰/۰۵ و ۰/۱ درصد موسیلاژ دانه به، به ماست اعلام کردند که موسیلاژ دانه به رفتاری مشابه با کاراگینان و پکتین با میسل کازئین دارد به طوری‌که باعث بهبود میسل کازئین و افزایش ظرفیت نگه‌داری آب و کاهش سینرسیس می‌شود. امیری عقدایی و همکاران (۱۳۸۹) نیز مشاهده کردند که با افزایش میزان موسیلاژ دانه ریحان، میزان آب‌اندازی در ماست روند نزولی پیدا می‌کند که به دلیل ایجاد شبکه ژلی متراکم و ویژگی جذب آب توسط هیدروکلوئید در مقایسه با نمونه کنترل است. دیبازر و همکاران (۱۳۹۴) نیز اعلام کردند که افزودن فیبر انگور و کیتوزان باعث کاهش معنی‌دار در آب‌اندازی ماست میوه‌ای شده و ظرفیت نگه‌داری آب به طور معنی‌دار افزایش می‌یابد.

ویسکوزیته

یکی از فاکتورهای مهم و تاثیرگذار در کیفیت محصول ویسکوزیته ظاهری می‌باشد که به عواملی از جمله ترکیب شیر و ماده خشک آن، دمای گرمخانه‌گذاری، نوع استارتر و شرایط نگه‌داری وابسته است. تجزیه آماری داده‌های مربوط به ویسکوزیته نشان داد که افزودن موسیلاژ و اینولین تاثیر معنی‌دار افزایشی بر ویسکوزیته دارد که با نتایج پژوهش‌های متعدد از جمله تاثیر افزودن صمغ گوار و عربی در افزایش معنی‌دار در ویسکوزیته ماست منجمد نسبت به کنترل (رضایی و همکاران، ۲۰۱۱)، تاثیر افزودن موسیلاژ ریحان و نیز اسفرزه در افزایش ویسکوزیته ماست

کم‌چرب(امیری عقدایی و همکاران، ۱۳۸۹a؛ امیری عقدایی و همکاران، ۱۳۸۹b) هم‌خوانی دارد. استفاده از غلظت‌های بالاتر موسیلاژ گزنه(۰/۱ و ۰/۲ درصد) باعث کاهش قابل توجه در ویسکوزیته نمونه‌ها شده است که شاید دلیل آن تداخل هیدروکلوئید در تشکیل شبکه پروتئینی مستحکم و قرار گرفتن آن بین میسل‌های کازئین باشد (Paseephol et al, 2008). افزایش ویسکوزیته نمونه‌ها با افزایش زمان نگه‌داری می‌تواند ناشی از بازآرایی پروتئین‌ها و تغییرات اتصالی پروتئین-پروتئین و یا افزایش هیدراسیون در طول زمان باشد(Sahan et al., 2008).

ارزیابی حسی

ارزیابی حسی در سطح وسیعی برای کنترل و بهبود کیفیت غذاها و تامین خواسته مصرف کنندگان استفاده می‌شود. همانگونه که در جدول ۴ و ۵ قابل مشاهده است افزایش میزان هیدروکلوئید باعث کاهش طعم، بو و رنگ در روز اول و پایان دوره نگه‌داری می‌شود که البته اختلافات در اکثر موارد تا غلظت ۰/۱ درصد موسیلاژ با نمونه کنترل و نمونه‌های حاوی اینولین معنی‌دار نبوده است. با این حال، افزودن ۰/۲ درصد موسیلاژ باعث کاهش معنی‌دار در این ویژگی‌های حسی از نظر ارزیاب‌ها شده است که احتمالا به دلیل پس طعم تلخ و رنگ متمایل به قهوه‌ای موسیلاژ است به طوری‌که با افزایش درصد موسیلاژ، درک این پس طعم و رنگ آشکارتر می‌شود. نتایج مشابهی نیز در پژوهشات مشابه به چشم می‌خورد به طوریکه Fernandez-Garcia و McGregor (۱۹۹۷) گزارش کردند که افزودن فیبر به ماست باعث بهبود بافت و قوام شده ولی کیفیت حسی آن را کاهش می‌دهد. در مقابل افزودن هیدروکلوئیدها باعث بهبود بافت از نظر ارزیاب‌ها شده است که می‌تواند به دلیل قابلیت هیدرو کلوئیدها در جذب آب، ایجاد ویسکوزیته و بهبود قوام در مقایسه با نمونه کنترل باشد. در پژوهش‌های متعدد اشاره شده است که افزودن پری‌بیوتیک‌ها در فرمولاسیون محصولات تخمیری از جمله ماست، باعث بهبود بافت آن شده هرچند به مرور زمان و باافزایش تولید اسید و کاهش معنی‌دار pH، ویژگی‌های حسی محصول نهایی کاهش می‌یابد (Heenan et al., 2004) . امیری عقدایی و همکاران (۱۳۸۹) در بررسی تاثیر موسیلاژ ریحان بر ویژگی‌های حسی و رئولوژیکی ماست کم چرب نشان دادند که ، بهترین نمونه به لحاظ پذیرش کلی پس از نمونه کنترل، نمونه حاوی ۰/۱ درصد موسیلاژ ریحان بوده است. البته باید به این نکته نیز اشاره کرد که با افزایش غلظت موسیلاژ، میزان پذیرش کلی در آزمون ارزیابی حسی کاهش نشان داد. در مجموع با در نظر گرفتن تمام پارامترهای حسی در طول دوره نگه‌داری، نمونه حاوی ۰/۱ درصد موسیلاژ را می‌توان به عنوان نمونه مورد پذیرش و قابل مقایسه با اینولین در بین سایر نمونه‌ها انتخاب کرد.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که افزودن موسیلاژ گزنه به شیر تخمیر شده پروبیوتیک، قابلیت زیستی *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* را در طول دوره نگه‌داری افزایش داده و در نتیجه افزایش میزان اسیدیته در این نمونه‌ها مشاهده می‌شود که دلیل آن ایجاد شرایط مناسب محیطی برای رشد باکتری است. بقا باکتری در نمونه‌های حاوی ۰/۱ و ۰/۲ درصد موسیلاژ در پایان ۲۱ روز نگه‌داری، به طور معنی‌دار بیش از سایر نمونه‌ها و نمونه کنترل بود. افزودن موسیلاژ همچنین سبب کاهش میزان آب اندازی در نمونه‌ها شد ولی به دلیل رنگ تیره‌تر نسبت به اینولین و تاثیر بر روی طعم در غلظت‌های بالاتر، نمونه حاوی ۰/۲ درصد موسیلاژ مورد اقبال مصرف‌کنندگان قرار نگرفت. از آنجایی که خواص حسی فراورده از عوامل اساسی پذیرش بسیاری از فراورده‌های غذایی است لذا استفاده از غلظت ۰/۱ درصد موسیلاژ در شیر تخمیر شده در کنار بهبود شمارش میکروبی و ویژگی‌های بافتی و شیمیایی می‌تواند رضایت بیشتری را در زمینه ویژگی‌های حسی محصول نهایی ایجاد نماید. البته استفاده از مواد طعم دهنده برای بهبود خواص حسی محصول نیز می‌تواند جهت گسترش دامنه کاربرد موسیلاژ مذکور در محصولات غذایی مختلف در نظر گرفته شود.

منابع

۱. امیری عقدایی ، س. س.، اعلمی، م.، خمیری، م.، رضایی، ر. (۱۳۸۹a). تاثیر موسیلاژ دانه ریحان برویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، حسی ورئولوژیکی ماست کم چرب. مجله الکترونیک فرآوری و نگه‌داری موادغذایی. جلد دوم، شماره چهارم، صفحه ۱-۱۷.

۲. امیری عقدایی ، س. س.، اعلمی ، م.، رضایی ، ر. (۱۳۸۹b). بررسی تاثیر هیدروکلوئید دانه اسفرزه بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی ماست کم چرب. نشریه پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران. سال ششم ، شماره سوم، صفحه ۲۰۱-۲۰۹.

۳. آقاجانی، ع.، پوراحمد، ر.، مهدوی عادلی، ح. (۱۳۹۰). اثر ترکیبات پری بیوتیک بر روی ماست پروبیوتیک حاوی *لاکتوباسیلوس کازئی*، علوم غذایی و تغذیه، سال هشتم، شماره چهارم. صفحه ۵۰-۶۴ .

۴. تدینی، م.، شیخ زین الدین، م.، سلیمانیان زاد، ص. (۱۳۹۳). جداسازی پلی‌ساکاریدها از هسته خرما و بررسی برخی خصوصیات فراسودمند آن. فصلنامه علوم و فناوری‌های نوین غذایی. سال اول ، شماره چهارم ، صفحه ۴۹-۶۰.

۵. دیبازر، پ.، خسروشاهی اصل، ا، زمردی، ش. (۱۳۹۴). تاثیر افزایش فیبر انگور و کیتوزان بر برخی از ویژگی‌های ماست میوه‌ای پروبیوتیک حاوی *لاکتوباسیلوس فرمنتوم* در طول نگه‌داری. نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی، سال یازدهم ، شماره چهارم ، صفحه ۶۳۹-۶۵۳.

۶. رضایی، ر.، خمیری، م.، اعلمی، م.، کاشانی نژاد، م.(۱۳۹۱). بررسی اثرصمغ عربی وصمغ گواربر زنده‌مانی *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* (La5) و بیفیدوباکتریوم لاکتیس (Bb12) در ماست منجمد پروبیوتیک. نشریه پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران، سال هشتم، شماره چهارم، صفحه۳۷۱-۳۷۷.

۷. سازمان ملی استاندارد ایران. (۱۳۸۵). شیر و فراورده‌های آن-تعیین اسیدیته و- pH روش آزمون. استاندارد شماره ۲۸۵۲.

۸. مشرف بروجنی، ل.، کرامت، ج. (۱۳۷۹). بررسی تولید رنگ خوراکی قرمز از چغندر قرمز و پایداری آن طی فرایندهای غذایی، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، جلد چهارم، شماره چهارم، صفحه۱۰۰-۹۱.

9. AACC. (2000)." Approved Methods of the AACC (10thed)". American Association of Cereal Chemists, st Paul, (Methods 46-10, 30-25, 08-01, 44-16).
10. Agil, R., Hosseinian, F. (2012). Dual functionality of triticale as a novel dietary source of prebiotics with antioxidant activity in fermented dairy products. J Food Sci Nutr Prog, 67: 88-93.
11. Behnia, A., Karazhiyan, H., Niazmand, R., Mohammadi Nafchi, A.R. (2013). Rheological properties of low fat yogurt containing cress seed gum. J Agri Sci, 4:29-32.
12. Di Virgilio, N., Papazoglou, E.G., Jankauskiene, Z., Di Lonardo, S., Praczyk, M., Wielgusz, M. (2014). The potential of stinging nettle (Urtica dioica L.) as a crop withmultiple uses. J Ind Crops Prod, 1-8.
13. Fekri, N., Khayami, M., Heidari, R., & Jamee, R. (2008). Chemical analysis of flaxseed, sweet basil, dragon head and quince seed mmucilage. Res J Biolo Sci, 3(2), 166-170.
14. Fernandez-Garcıa, E. and McGregor, J. U. (1997). Fortification of sweetened plain yogurt with insoluble dietary fiber. J Eur Food Res and Techno, 204: 433–437.
15. Firdaus, A., Nurul Azmi, M., Mustafa, S., Hashim, D., Abdul Manap, Y. (2012). Prebiotic activity of polysaccharides extracted from gigantochloa levis (Buluh beting) shoots. Molecules., 17, 1635-1651.
16. Gourbeyre, P., Denery, S., Bodinier, M. (2011). Probiotics, prebiotics, and synbiotics: impact on the gut immune system and allergic reactions: Review. J Leukocyte Bio, 89: 685-694.
17. Guo, Q., Cui, S. W., Wang, Q., Hu, X., Guo, Q., Kang, J., & Yada, R. (2011). Extraction, fractionation and physicochemical characterization of water-soluble polysaccharides from

Artemisia sphaerocephala Krasch seed. J Carbohydrate Poly, 86(2), 831–836.

18. Heenan, C. M., Adams, M. C., Hosken, R. W. & Fleet, G. H. (2004). Survival & sensory acceptability of probiotic microorganisms in a nonfermented frozen vegetarian dessert. J Leb Wissenschaft & Techno, 37, 461-466.
19. Martinez-Villaluenga, C., Frias, J. and Vidal-Valverde, C. (2005). Raffinose family oligosaccharides and sucrose contents in 13 Spanish lupin cultivars. J Food Chem, 91: 645–649.
20. Naqvi, S. A., Khan, M., Shahid, M., Jaskani, M., Khan, I. A., Zuber, M., & Zia, K. M. (2011). Biochemical profiling of mucilage extracted from seeds of different citrus rootstocks. J Carbohydrate Poly, 83(2), 623-628.
21. Nikoofar, E., Hojjatoleslami, M., Shariaty, M.A. (2013). Surveying the effect of quince seed mucilage as a fat replacer on texture and physicochemical pproperties of semi fat set yoghurt. Int J Farm Alli Sci, 2(20) : 861-865.
22. Noiduang, P., Ittakornpan, A., Marukatat, V. (2013). Production of Plain Yoghurt Adding Hairy Basil Mucilage as Prebiotics. 39th Congress on Science and Technology of Thailand, 1-5.
23. Martinez-Villaluenga, C., Frias, J. and Vidal-Valverde, C. (2005). Raffinose family oligosaccharides and sucrose contents in 13 Spanish lupin cultivars. J Food Chem, 91: 645–649..

Increase the survival of *Lactobacillus ramnosus* LGG and improved physicochemical, reological and sensory properties of fermented milk using Roman nettle mucilage compared with Inulin

Amiri-Samani S[1], Jafari M[1*], Nejati F[1]

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

***Corresponding author:** *mjafari@ag.iut.ac.ir*

Received: 17 April 2017 Accepted: 18 June 2017

Abstract

The aim of this study was to investigate the prebiotic potential of Roman nettle seed mucilage in the growth and survival of *Lactobacillus rhamnosus* (LGG) as well as changes in different physicochemical, reological and sensory properties of fermented milk compared with inulin (commercial prebiotic) during the storage time. For this purpose, values of 0.025, 0.05, 0.1 and 0.2% (w/w) of nettle seed mucilage and 0.5 and 1% (w/w) inulin has been added to the recombined milk and after inoculation of bacteria, changes in acidity, syneresis, viscosity, the number of probiotic bacteria and sensory properties were studied during 21 days. The results showed that the addition of mucilage to fermented milk improved the growth and survival of *L. rhamnosus* and subsequently increase the acidity of the samples. Furthermore, the addition of mucilage compared with inulin, led to reduction in syneresis of the samples and higher counts of probiotics during storage. Finally, according to physico-chemical, microbiological and organoleptic results, samples containing 0.1% (w/w) of mucilage were considered as the best sample in this study.

Keywords: Mucilage, Prebiotic, *Lactobacillus rhamnosus* (LGG), Fermented milk.