Archive OF SID

مقایسه میزان پلی‌ساکاریدهای مترشحه از باکتری‌های لاکتیک در چند نمونه ماست سنتی، صنعتی و تولید شده در آزمایشگاه و بررسی اثر آن برخصوصیات فیزیکی محصول

مهرنوش تدینی، محمود شیخ زین الدین*، شهرام دخانی و صبیحه سلیمانیان زاد[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۶/۸/۲۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۲/۳۰)

چکیده

ترشح پلی‌ساکاریدهای خاص توسط برخی باکتری‌های اسید لاکتیک، حین فرایند تخمیر، باعث بهبود ویژگی‌های حسی و پایداری محصولات تخمیری ازجمله ماست می‌شود. هدف از این مطالعه اندازه‌گیری مقدار پلی‌ساکاریدهای مترشحه در چند نمونه ماست سنتی و صنعتی و بررسی اثر این ترکیب برخصو صیات فیزیکی محصول می‌باشد. سه نمونه ماست سنتی (S1 وS2 : ماست‌های تولید شده از مخلوط شیر گاو و گوسفند و ماستG : تولید شده از شیر گاو) و یک نمونه صنعتی(I) با هم مقایسه شدند. نتایج به دست آمده نشان داد بین نمونه‌های آزمایش شده تفاوت معنی‌داری به لحاظ ویژگی‌های فیزیکی وشیمیایی شامل مقدار چربی، ماده خشک غیر چرب، pH، مقدار پلی‌ساکاریدهای مترشحه، گرانروی، کشداری و حساسیت به آب‌اندازی وجود دارد. بررسی آماری نمونه‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی حاکی از این است که هم‌بستگی بین پلی‌ساکاریدهای مترشحه با گرانروی و کاهش حساسیت به آب‌اندازی معنی‌دار است (P <۰/۰۵). در حالی که در نمونه‌های مذکور هم‌بستگی معنی‌داری بین خصوصیات فیزیکی مورد بررسی و میزان چربی و یا ماده خشک بدون چرب در دامنه مورد مطالعه مشاهده نشد. در مرحله دوم، به منظورحذف اثر ترکیب شیمیایی شیر و بررسی اثر پلی ساکاریدهای مترشحه نمونه‌های ماست با استفاده از شیر فاقد چربی و ماست‌های بررسی شده در مرحله قبل، به عنوان آغازگر، تولید شدند. در این نمونه‌ها اختلاف معنی‌داری بین مقدار پلی ساکاریدهای مترشحه و هم‌چنین خصوصیات فیزیکی آنها مشاهده شد. از طرفی در نمونه‌های تولید شده هم‌بستگی معنی‌داری بین خصوصیات فیزیکی و مقدار پلی ساکاریدهای مترشحه نیز وجود داشت.

واژه‌های کلیدی: اگزوپلی ساکاریدها، ماست، آغازگر، اسید لاکتیک باکتری‌ها، خواص فیزیکی

مقدمه

بافت ژلی حاصل از شیر تخمیر شده مانند ماست عمدتاً مهم‌تر از خصوصیات حسی دیگر تلقی می‌شود، زیرا بافت مطلوب ادراک ویژگی‌های عطر و طعم را بهبود می‌دهد (۱۷). بافت ماست متأثر از منبع شیر و فرمولاسیون مورد استفاده، تیمار حرارتی، نوع آغازگر تخمیری و شرایط تولید می‌باشد. در شرایط تولید در مقیاس صنعتی، حفظ بافت ماست و جلوگیری از آب‌اندازی لخته یک مساله مهم و اساسی است. در مراحل تولید تجاری ماست استفاده از بخش‌های مکانیکی اجتناب‌ناپذیر بوده و بنابراین آسیب مکانیکی لخته دور از انتظار نیست.

۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، استادیار، استاد و استادیار علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: zeinodin@cc.iut.ac.ir

www.SID.ir

Archive OF SID

برخی راه‌کارهای پیشنهادی برای بهبود بافت ماست و کاهش آب اندازی لخته عبارت‌اند از افزایش ماده جامد شیر از طریق اضافه کردن اجزای لبنی خشک با منشا پروتئینی، افزایش چربی شیر، اضافه کردن پایدار کننده‌ها. طبق گزارش آماتایاکول و همکاران استفاده از اجزای حاصل از کازئین باعث افزایش قوام و گرانروی وکاهش آب اندازی دلمه می‌شود. ازطرفی هیچ رابطه استوار و ثابتی بین ویژگی‌های فیزیکی ماست‌های غنی شده با اجزای حاصل از پروتئین‌ها آب پنیر و ماست‌های کنترل مشاهده نشده است (۲). این اختلافات ممکن است ناشی از تنوع ترکیبات پروتئینی استفاده شده باشد (۲).

از طرفی افزایش ماده خشک شیر از طریق افزایش چربی باعث بالا رفتن هزینه‌های تولید می‌گردد. امروزه مصرف کنندگان گرایش فراوانی به مصرف فراورده‌های طبیعی کم قند، کم چرب و بدون افزودنی مصنوعی دارند. برای مقابله با این مشکل، می‌توان از آغازگرهای تولید کننده پلی‌ساکارید استفاده کرد. پلی‌ساکاریدهای مترشحه به عنوان منبع انرژی به وسیله میکروارگانیسم‌های تولید کننده استفاده نمی‌شوند. این ترکیبات احتمالاً یک عملکرد محافظتی در برابر استرس‌های محیطی ازجمله هجوم فاژها دارند باکتریوفاژها یکی از مهم‌ترین عوامل مشکل زا در فرایندهای تخمیری می‌باشند. نتایج برخی مطالعات نشان می‌دهد، بین مقدار تولید اگزوپلی‌ساکارید و کاهش حساسیت به فاژ رابطه خطی موجود است (۱۰).

از لحاظ ترکیب شیمیایی پلی‌ساکاریدهای مترشحه مشتمل بر دو نوع همگن (دارای یکنوع واحد قندی) و ناهمگن (دارای بیش از یک نوع واحد قندی) هستند (۸). به طور کلی طیف وسیعی از پلی‌ساکاریدهای مترشحه توسط باکتری‌های اسید لاکتیک تولید می‌شوند که اختلاف بین آنها ناشی از تفاوت در نوع واحدهای قندی، بار، نوع پیوندها، حضور زنجیره‌های جانبی است. اختلاف در نوع پلی‌ساکاریدهای مترشحه می‌تواند منشا ایجاد بافت‌های متنوع در ماست شود. وزن ملکولی پلی‌ساکاریدهای تولیدی معمولا بسیار زیاد (بیش از یک میلیون دالتون) است (۵، ۱۱، ۱۵و ۲۰). این مواد به علت قابلیت جذب آب زیاد، افزایش گرانروی محصول، به تأخیر انداختن جدایی سرم و در نتیجه کنترل آب اندازی در دوره انبارداری را در پی خواهند داشت. افزایش گرانروی ماست منجر به افزایش ماندگاری غذا در دهان و در نتیجه بهبود ادراک عطر و طعم محصول می‌شود (۴ و ۹). علاوه بر خصوصیات مطلوب تکنولوژیکی مذکور، پلی‌ساکاریدهای مترشحه به علت دارا بودن خصوصیاتی از قبیل تحریک رشد باکتری‌های مفید روده، کاهش کلسترول و خاصیت ضد سرطانی باعث ایجاد محصولی زیست فعال نیز می‌شوند و در نتیجه مصرف آنها بهبود سلامتی و افزایش ایمنی مصرف کنندگان را در پی خواهد داشت (۲۰). بافت ماست‌های سنتی ایران از محبوبیت خاصی بین افراد جامعه برخوردار است. پروفیل حسی این محصول تخمیری در نواحی مختلف، بسیار متنوع است. این امر عمدتاً مربوط به میکروفلور لاکتیکی متفاوت این محصول می‌باشد. با توجه به محبوبیت ماست بین مصرف کنندگان فراورده‌های لبنی و با لحاظ کردن خصوصیات ارزشمند بیولوژیکی و تغذیه‌ای آن، هم‌چنین با توجه به خصوصیات زیست فعالی پلی‌ساکاریدهای مترشحه اهمیت این محصول به عنوان بستری مناسب برای کاربرد آغازگرهای تولید کننده اگزوپلی‌ساکارید بیش از پیش محرز می‌شود. شناسایی و ایزوله کردن سویه‌های بکر از محصولات بومی با پروفیل حسی مطلوب می‌تواند سر منشا تولید محصولاتی با کیفیت ثابت و مطابق با ذائقه مصرف کنندگان باشد. این امر مستلزم اندازه‌گیری مقدار پلی‌ساکاریدهای مترشحه در ماست‌های سنتی و بررسی اثر آنها بر بافت است. هدف از این مطالعه اندازه‌گیری و مقایسه میزان پلی‌ساکاریدهای مترشحه در ماست‌های سنتی و صنعتی و تولید شده در آزمایشگاه و بررسی اثر آن بر خصوصیات فیزیکی محصول بوده است.

مواد و روش‌ها

مواد

اسید تری کلرو استیک (تولید شده از شرکت مرک، با

www.SID.ir

Archive OF SID

خلوص(٪۱۰۰-۹۹/۵)، اسید سولفوریک (تولید شده از شرکت شارلوا با خلوص (٪۹۷-۹۵)، هیدروکسید سدیم (تولید شده از شرکت مرک)، الکل ایزو آمیلیک (تولید شده از شرکت مرک)، فنول تولید شده توسط شرکت مرک، با خلوص(٪۱۰۰-۹۹/۵)، اتانول مطلق(تولید شده توسط شرکت شارلوا، با خلوص ٪۹۹/۸)، گلوکز(تولید شده توسط شرکت مرک)، اتیلن دی آمین تترااستیک اسید (تولید شده توسط شرکت مرک، با خلوص ٪۹۹)، بی کربنات سدیم تولید شده توسط شرکت مرک، با خلوص(٪۱۰۰- ۹۹/۵)، محیط‌های کشت MRS و M17، از نوع آزمایشگاهی و به ترتیب تولید شده توسط شرکت‌های شارلوا اسپانیا و LAB M شیر خشک بدون چربی تهیه شده از شرکت پگاه اصفهان، نمونه‌های ماست سنتی شامل ماست گاو خریداری شده از خمینی شهر اصفهان، دو نوع ماست مخلوط گاو و گوسفند خریداری شده از خمینی شهر اصفهان و یک نمونه ماست صنعتی خریداری شده از شرکت پگاه اصفهان، آغازگر برای تولید ماست که از نمونه‌های ماست بررسی شده مذکورکه فریز و فعال شده بودند به عنوان آغازگر استفاده شد

روش‌ها

آزمایش‌های اولیه جهت بررسی خصوصیات شیمیایی کلی نمونه‌های ماست

مقدار چربی، ماده خشک و pH ماست‌های سنتی و صنعتی در این مرحله تعیین شد (۱).

آزمایش‌های فیزیکی جهت بررسی خصوصیات بافتی ماست:

الف)اندازه‌گیری گرانروی

اندازه‌گیری گرانروی ماست به کمک دستگاه ویسکومتر بروکفیلد (دی وی دو، ساخت انگلیس) و روش شاهیتا و همکاران(۱۸) و دیویست و همکاران (۷) انجام شد. برای این منظور حتی الامکان از بشرهای ۵۰۰ میلی‌لیتری استفاده شد. قبل از اندازه‌گیری گرانروی ابتدا نمونه به وسیله یک میله شیشه‌ای کاملاً همگن شده و در حمام آبی جهت رسیدن به دمای مورد نظر (۱۳درجه سانتی‌گراد) قرار گرفت. سپس برای اندازه‌گیری اسپیندل شماره ۱ و سرعت ۱/۵ دور در دقیقه انتخاب شد. پس از گذشت مدت زمان ۹۰ ثانیه، یعنی پس از پایدار شدن وضعیت اسپیندل، عدد خوانده شده توسط دستگاه به عنوان گرانروی ماست ثبت شد. این آزمون برای هر نمونه در سه تکرار انجام شد (۷ و ۱۸).

ب) آزمایش حساسیت به آب اندازی

برای انجام این آزمون طبق روش هس و همکاران از روش سانتریفوژی استفاده شد (۱۲).

ج) آزمایش کشداری

اندازه‌گیری خصوصیت کشداری ماست به کمک دستگاه اینستران (مدل ۱۱۴۰، ساخت انگلیس) طبق روش هس و همکاران(۱۹۹۷) انجام گردید (۱۲).

اندازه‌گیری مقدار پلی ساکارید مترشحه در ماست

مقدار پلی ساکاریدهای مترشحه نمونه‌های ماست در دو مرحله استخراج و سپس اندازه‌گیری کلی طبق روش آماتایاکول و همکاران تعیین شد (۲). برای این منظورابتدا ۵۰ میلی‌لیتر نمونه ماست رقیق شده به نسبت یک به یک با آب مقطر تهیه شد. سپس به منظور جداسازی پلی ساکاریدهای مترشحه در دو مرحله پروتئین‌های کازئینی و سپس پروتئین‌های سرمی رسوب داده شدند. رسوبات حاصل از طریق سانتریفوژیخچال دار(مدل ۵k۱۶ سیگما ساخت کشور آلمان) با دور g ۳۳۰۰ در دمای $^{\circ}C$ ۴ و زمان ۳۰ دقیقه جداسازی شدند. سپس به منظور رسوب پلی‌ساکاریدهای مترشحه موجود در نمونه، به مایع شفاف رویی حاصل از سانتریفوژ اتانول مطلق سرد اضافه شد. عمل رسوب سازی پلی‌ساکاریدهای مترشحه به مدت ۱۸

www.SID.ir

Archive OF SID

ساعت و در دمای $4^{\circ}C$ انجام شد. پس از طی زمان مذکور برای جدا کردن کربوهیدراتهای رسوب یافته از سانتریفوژ با دور $3300g$ در دمای $4^{\circ}C$ و زمان ۳۰ دقیقه استفاده شد. در این مرحله مایع شفاف رویی دور ریخته شده و رسوب حاصل در ۱۰میلی‌لیتر آب مقطر حل شد. سوسپانسیون مذکور بمدت یک ساعت در دمای اتاق اولتراسونیک گردید (۵). محلول حاصل به مدت یک هفته در دمای $4^{\circ}C$ در کیسه‌های دیالیز (cut off value: 12000Da و قطر ۱۳ میلی‌متر) و با استفاده از آب مقطر دیالیز گردید (۲).

پس از طی زمان مذکور مقدار کربوهیدرات کل از طریق تست فنول- اسید سولفوریک براساس روش کلوین و همکاران تعیین شد (۱۳).

تولید ماست با استفاده از ماست‌های بررسی شده به عنوان آغازگر

الف) حفظ نمونه‌های مورد بررسی

به منظور حفظ ماست‌های بررسی شده، به عنوان آغازگر تولید ماست، در این مرحله ۵۰ میلی‌لیتر از نمونه‌های ماست جدا شده و در قوطی‌های در دار سترون حاوی ۲۵٪ گلیسرول منتقل شدند. سپس قوطی‌های مذکور به وسیله نیتروژن مایع منجمد و در فریزر $-80^{\circ}C$ نگه‌داری شدند (۷).

ب) فعالسازی آغازگرهای فریز شده

برای این منظور نمونه‌های ماست مورد بررسی به شیر بدون چرب تهیه شده از شیر خشک بدون چربی حاوی۱۰٪ ماده خشک استریل شده منتقل و به مدت ۱۸ ساعت در گرمخانه $42^{\circ}C$ نگه‌داری شدند. نسبت تلقیح در این مرحله ۱۰٪ بود.

ج) تولید ماست

برای تولید ماست از شیرخشک بدون چربی به عنوان منبع شیر استفاده شد. ماده خشک شیر ۱۵٪ و به صورت ثابت برای همه نمونه‌ها انتخاب شد. عملیات حرارتی شیر در دمای $90^{\circ}C$ به مدت ۱۰ دقیقه انجام شد. سپس شیر تا دمای گرمخانه $42^{\circ}C$ سرد شده و عملیات تلقیح به نسبت ۲٪ (حجمی- حجمی) برای همه نمونه‌ها انجام گرفت. عملیات گرمخانه‌گذاری در دمای $42^{\circ}C$ برای همه نمونه‌ها اجرا شد. مدت گرمخانه‌گذاری نمونه‌ها تا کاهش pH نمونه‌ها به حدود ۴/۵ ادامه یافت. پس از رسیدن به pH مطلوب گرمخانه‌گذاری نمونه‌ها متوقف و برای سفت شدن ژل به یخچال$4^{\circ}C$منتقل شدند (۷).

طرح آماری

داده‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی در نرم افزار SPSS آنالیز شدند. ابتدا به منظور تأیید نرمال بودن داده‌ها آزمون کولموگروف- اسمیروف (Kolmogrof- smirof) اجرا شد. برای بررسی ارتباط معنی‌دار و یا عدم وجود آن، هم‌بستگی بین پارامترهای مختلف تعیین شد.

نتایج و بحث

بررسی مقدار پلی‌ساکاریدهای مترشحه

در جدول ۱ مقدار پلی‌ساکاریدهای مترشحه میکروبی در نمونه‌های مورد بررسی از ۲۵/۱۷ تا ۵۳/۷۶ میلی‌گرم در لیتر نشان داده شده است. نتایج آنالیز واریانس نمونه‌ها نشان داد نمونه‌ها از لحاظ مقدار تولید پلی‌ساکاریدهای مترشحه در سطح ۱٪ با هم اختلاف معنی‌داری دارند. مقدار متفاوت پلی‌ساکاریدهای مترشحه میکروبی در نمونه‌های مورد بررسی می‌تواند ناشی از تفاوت در نوع منبع شیر نمونه‌ها، تفاوت نوع محیط مغذی و هم‌چنین تفاوت فلور میکروبی نمونه‌ها باشد. نتایج بررسی‌های دیگر محققان نشان داده است که گونه‌ها و زیرگونه‌های مختلف باکتری‌های لاکتیکی مقادیر متفاوتی از پلی‌ساکاریدهای مترشحه در محیط شیر تولید می‌کنند (۵ و ۶). هم‌چنین شرایط رشد از قبیل دما و زمان گرمخانه‌گذاری، ترکیبات مغذی محیط کشت، نسبت مایه تلقیح و pH محیط کشت بر بازده تولید پلی‌ساکاریدهای مترشحه و نوع ترکیب آن مؤثر است. به همین دلیل ارقام متنوعی از۴۰ تا ۴۰۰ میلی‌گرم

www.SID.ir

Archive OF SID

جدول۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های ماست: pH، SNF، چربی، EPS، گرانروی، ضریب حساسیت به آب اندازی، کشداری

نوع ماست	pH ماست	چربی(٪)	SNF (٪)	EPS (میلی‌گرم درلیتر)	گرانروی (سانتیپواز)	ضریب حساسیت به آب اندازی	کشداری (میلی متر)
ماست G	۳/۲±۰/۰۵	۲/۵±۰/۲۶	۸/۷۸±۰/۵۶	۳۰/۲±۳/۳۷	۱۳۸۷۴	۰/۰۳۵۸	۶±۲
ماست I	۳/۴±۰/۰۵	۳/۲±۰/۰۵	۸/۸۱±۰/۲۶	۳۱/۸±۱/۳۶	۱۵۱۱۱	۰/۰۳۱۷	۱۴/۳۳±۰/۵۷
ماست S1	۳/۵±۰/۰۷	۶/۴±۰/۰۵	۷/۷±۰/۲۶	۲۵/۱۷±۱/۶۵	۱۵۴۳۳	۰/۰۳۱۱	۱۱/۳۳±۱/۱۵
ماست S2	۳/۵±۰/۰۵	۳/۷±۰/۲۸	۹/۰۹±۰/۱۷	۵۳/۷۶±۱/۷۵	۲۴۷۵۵	۰/۰۱۶۶	۱۵±۱/۱۵

G: ماست تولید شده از شیر گاوهای بومی

I: ماست تولید شده توسط شرکت پگاه

S1: ماست تولید شده از مخلوط شیر گاو و گوسفندهای بومی

S2: ماست تولید شده از مخلوط شیر گاو و گوسفندهای بومی

تذکر: ماست های S1 و S2 از دو منطقه متفاوت تهیه شدند.

SNF: میزان ماده خشک غیر چرب

EPS: میزان پلی‌ساکاریدهای مترشحه برحسب گلوکز(میلی گرم در لیتر)

در لیتر برای مقدار پلی‌ساکاریدهای جدا شده از محیط تخمیری شیر گزارش شده است (۷ و ۱۶). در نمونه‌های بررسی شده (جدول ۱) نیز به خاطر تفاوت در نوع منبع شیر نمونه‌ها، تفاوت فلورلاکتیکی چهار نمونه و تفاوت در شرایط تخمیر آنها، مقدار پلی‌ساکارید جدا شده از چهار نمونه(جدول ۱) کاملاً متفاوت هستند. همان‌طور که گفته شد تفاوت نوع محیط کشت یا بعبارتی نوع ترکیبات مغذی محیط کشت یکی از عوامل تأثیر گذار بر مقدار پلی‌ساکاریدهای مترشحه است. در نمونه‌های جدول ۱ مقدار پلی‌ساکارید نمونه ماست G و ماست I، با توجه به یکسان بودن نوع منبع شیر، تفاوت چندانی نشان نمی‌دهند اما نمونهS1 و نمونه S2 به دلیل وجود شیر گوسفند در منبع شیری‌شان از لحاظ مقدار پلی‌ساکارید مترشحه با نمونه ماست گاو و ماست صنعتی تفاوت قابل ملاحظه‌ای نشان می‌دهند. هم‌چنین نمونه‌های S1 و S2 نیز احتمالاً به خاطر تفاوت در نسبت اختلاط شیر گاو و گوسفند و در نتیجه تفاوت نوع و مقدار ترکیبات مغذی در دو نمونه از لحاظ میزان پلی‌ساکاریدهای مترشحه با هم متفاوت هستند. از طرفی تنوع مقدار پلی‌ساکارید گزارش شده توسط محققین مختلف ممکن است متأثر از روش‌های متفاوت بکار برده شده در جداسازی و خالص سازی ترکیب مذکور نیز باشد (۵ و ۶). طبق ادعای بسیاری از محققان چون در روش جداسازی از الکل یا استون برای ترسیب کربوهیدرات استفاده می‌شود، بخشی از لاکتوز آزاد در محیط نیز به همراه پلی‌ساکاریدهای میکروبی تولید شده رسوب می‌کند و این امر مقدار پلی‌ساکارید نهایی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۱۳ و ۱۴). با توجه به این که در این پژوهش پس از فرایند جداسازی، نمونه‌ها دیالیز شده‌اند در نتیجه بخش عمده ی قندهای آزاد طی این فرایند حذف گردیده و اثر تزاحمی آنها بر طرف شده است. جداسازی در این تحقیق بر اساس روش آماتایاکول و همکاران انجام پذیرفت (۲). مقدار پلی‌ساکاریدهای مترشحه از آغازگرهای مشخص تولید کننده پلی‌ساکاریدهای مترشحه و فاقد این خصوصیت را، ۹تا ۴۸/۶ میلی‌گرم در لیتر ماست گزارش کرده‌اند. در این مطالعه همان‌طور که در جدول ۱مشاهده می‌شود محدوده پلی‌ساکارید جدا شده بین ۲۵/۱۷تا ۵۳/۷۶ میلی‌گرم در لیتر است که با نتایج آماتایاکول و همکاران همخوانی دارد.

www.SID.ir

Archive OF SID

بررسی گرانروی نمونه‌ها

به لحاظ این که ماست از سیالات غیر نیوتنی است، اندازه‌گیری گرانروی آن بسیار مشکل است. به طوری که، داده‌های دستگاه حین اندازه‌گیری گرانروی نمونه‌ها بسیار متغیر هستند(۱۸). از این رو داده‌های مذکور در جدول۱، میانگین حاصل از سه تکرار می‌باشند. نتایج آنالیز واریانس نمونه‌ها نشان داد گرانروی نمونه‌ها در سطح ۱٪ با هم اختلاف معنی‌داری دارند. اختلاف گرانروی می‌تواند ناشی از عوامل مختلفی مانند میزان ماده خشک غیر چرب شیر، میزان چربی، نوع آغازگر تخمیری، نوع تیمار حرارتی، درجه حرارت و مدت زمان تخمیر و هم‌چنین نوع فرایند سرد کردن باشد(۱۹).

نتایج درج شده در جدول ۱ نشان می‌دهند که نمونه S2 که دارای بیشترین ماده خشک غیر چرب شیر است، بیشترین گرانروی را دارد. اما نمونهS1 علی‌رغم داشتن کمترین ماده خشک غیر چرب کمترین گرانروی را نداشته است. از طرفی آنالیز آماری نمونه‌های مذکور نشان می‌دهد هم‌بستگی معنی‌داری بین مقدار ماده خشک غیر چرب و گرانروی آنها وجود ندارد زیرا ضریب هم‌بستگی بین دو پارامتر مذکور ۵٪ و (P>۰/۰۵) است. علی‌رغم این که نمونه‌ها از لحاظ مقدار ماده خشک غیر چرب باهم تفاوت معنی‌داری دارند. در تحقیق حاضر با توجه به تفاوت بستر ترکیب شیمیایی نمونه‌ها، بررسی اثر یک عامل به تنهایی نتیجه قطعی را مشخص نمی‌کند. زیرا علاوه بر میزان ماده خشک غیر چرب، مقدار پروتئین و حتی نسبت بین پروتئین‌های کازئینی و آب پنیر نیز بر گرانروی مؤثرند (۱۹).

بررسی جدول ۱، نشان می‌دهد در نمونه‌های G و I با افزایش درصد چربی گرانروی افزایش می‌یابد اما این روند برای نمونه‌های S1 و S2 صادق نیست زیرا نمونه S2 علی‌رغم داشتن چربی کمتر نسبت به S1، گرانروی بیشتری دارد. هم‌چنین نمونه S1 علی‌رغم داشتن چربی بیشتر نسبت به نمونه I گرانروی آن نسبت به نمونه I تفاوت قابل ملاحظه‌ای نداشته است. این موضوع مشخص می‌کند بررسی اثر یک عامل به تنهایی نمی‌تواند نتیجه قطعی را در مورد عوامل مؤثر بر گرانروی تعیین نماید. از طرفی بررسی اثر چربی بر گرانروی نمونه‌های مذکور از طریق ضریب هم‌بستگی بین دو پارامتر نشان داد که بین میزان چربی و گرانروی هم‌بستگی معنی‌داری وجود ندارد. به طوری که ضریب هم‌بستگی بین دو پارامتر مذکور ۵٪ و (P>/۰۵) بود. علی‌رغم این که تفاوت چربی نمونه‌ها از لحاظ آماری در سطح ۱٪ کاملاً معنی‌دار بوده است. نتایج بررسی‌های انجام شده توسط برخی محققان حاکی از این است که ذرات چربی قرار گرفته در شبکه پروتئینی به دلیل داشتن گرانروی بالا باعث عدم تحرک شبکه و افزایش قوام و گرانروی ژل تشکیل شده می‌شوند(۱۷).

بررسی نمونه‌های مورد آزمایش(جدول ۱) نشان می‌دهند علی‌رغم دیدگاه عمومی چربی اثر معنی‌داری بر گرانروی نمونه‌ها نداشته است. البته باید در نظر داشت که صرف‌نظر از مقدار چربی اندازه‌ذرات چربی و هم‌چنین نوع برهمکنش آن با شبکه پروتئینی نیز بر گرانروی نمونه‌ها تأثیر گذار است. به طوری که کاهش اندازه ذرات چربی در اثر فرایند هموژنیزاسیون می‌تواند منجر به افزایش گرانروی شود(۱۹). در حالی که در نمونه‌های بررسی شده در این تحقیق نمونه S2 (جدول ۱) که بیشترین گرانروی را داشته نمونه سنتی بوده و از فرایند هموژنیزاسیون و اثرات بهبود دهنده آن بر بافت برخوردار نبوده است. از طرفی گرانروی نمونه I (صنعتی)که از لحاظ مقدار چربی تفاوت چندانی با نمونه مذکور نداشته و علاوه بر آن از اثرات بهبود دهنده فرایند هموژنیزاسیون بر بافت نیز برخوردار بوده، نسبت به نمونه S2 پایین تر بوده و با آن اختلاف قابل ملاحظه‌ای نشان می‌دهد. با توجه به معنی‌دار نبودن اثر چربی و ماده خشک غیر چرب شیر در نمونه‌های آزمایش شده بررسی تأثیر سایر عوامل مؤثر در این مورد از جمله وجود پلی ساکاریدهای مترشحه اهمیت دارد.

در این پژوهش برای بررسی اثر نوع آغازگر و پلی‌ساکاریدهای مترشحه بر گرانروی نمونه‌ها، مقدار پلی‌ساکاریدهای مترشحه تعیین و ارتباط آن با گرانروی نمونه‌ها

www.SID.ir

Archive OF SID

از طریق تعیین ضریب هم‌بستگی مورد ارزیابی قرار گرفت. در بین نمونه‌های بررسی شده در جدول ۱ بیشترین گرانروی متعلق به نمونه S2 است. هم‌چنین نمونه S2 بیشترین میزان پلی‌ساکارید مترشحه را نیز دارا بوده است.

آنالیز آماری نمونه‌های مذکور در جدول ۱ نشان می‌دهد هم‌بستگی معنی‌داری بین گرانروی و مقدار پلی‌ساکاریدهای مترشحه وجود دارد به طوری که ضریب هم‌بستگی دو پارامتر مذکور ۹۲٪ و ($P< ۰/۰۵$) است. البته قابل ذکراست که با توجه به تفاوت بستر ترکیب شیمیایی چهار نمونه مذکور نمی‌توان نتیجه قطعی در رابطه با اثر پلی‌ساکارید مترشحه ارائه نمود. اما با توجه به معنی‌دار نبودن اثر ماده خشک غیر چرب و چربی بر گرانروی نمونه‌ها نتیجه اخیر قابل تأمل است. هم‌چنین این نتایج با بسیاری از تحقیقات انجام شده در این زمینه همخوانی دارد. طبق گزارش یانگ و همکاران شیر بدون چربی تخمیر شده با گونه‌های تولید کننده پلی‌ساکاریدهای مترشحه، گرانروی بیشتری نسبت به عدم استفاده از آنها داشته است(۲۰).

همان‌طور که قبلاً گفته شد نوع تیمار حرارتی شیر و هم‌چنین درجه حرارت تخمیر نیز می‌تواند بر ویژگی‌های بافتی نمونه‌ها از جمله گرانروی مؤثر باشد. در تحقیق حاضر باتوجه به این که نمونه‌ها به طور تصادفی جمع‌آوری شده اند اطلاعی از نوع این فرایندها در دست نیست. از طرفی در مورد نمونه‌های سنتی هیچ نوع استاندارد خاصی برفرایند حرارتی و یا درجه حرارت تخمیر آنها حاکم نیست و این امر حاکی از تفاوت بستری نمونه‌های مذکور است.

بررسی حساسیت به آب اندازی

نتایج مربوطه در جدول۱ مشاهده می‌شوند. مقادیر این ضریب در محدوده ۰/۰۳۵۸-۰/۰۱۶۶ می‌باشد. نتایج آنالیز واریانس ضریب حساسیت به آب اندازی نمونه‌ها (جدول۱) نشان داد نمونه‌ها از لحاظ این خصوصیت در سطح ۱٪ با هم تفاوت معنی‌دار دارند.

آب اندازی دلمه یا جدا شدن خودبه‌خودی فاز سرمی از دلمه از نقیصه‌های عمده بافت ماست محسوب می‌شود. این نقیصه مربوط به یک شبکه ژلی ناپایدار است که چیدمان‌های ساختاری در آن دائماً در حال تغییر است. این امر منجر به ضعف به دام اندازی فاز سرمی درون شبکه ژلی شده و نهایتاً جدا شدن فاز سرمی را در پی خواهد داشت. عوامل مختلفی مانند میزان ماده خشک غیر چرب شیر، چربی، نوع آغازگرتخمیری و نوع فرایندهای تکنیکی آماده سازی تولید محصول (مانند نوع تیمار حرارتی، نوع فرایند گرمخانه گذاری، نوع فرایند سرد کردن) می‌توانند حساسیت به آب اندازی نمونه را تحت تأثیر قرار دهند (۱۹). نتایج جدول ۱ نشان می‌دهند که در مورد نمونه‌های G و I با افزایش مقدار ماده خشک غیر چرب، حساسیت به آب‌اندازی کاهش یافته است. اما در نمونه S1 علی‌رغم داشتن ماده خشک غیر چرب کمتر مقدار این ضریب نسبت به نمونه‌های G و I کمتر است. این مساله می تواند مربوط به مقدار چربی بالای این نمونه و یا ویژگی خاص پلی‌ساکارید مترشحه آن است. آنالیز آماری نمونه‌های مذکور(جدول ۱) نشان می‌دهد هم‌بستگی معنی‌داری بین مقدار ماده خشک غیر چرب و حساسیت به آب اندازی وجود ندارد به طوری‌که ضریب هم‌بستگی بین دو پارامتر مذکور ۶/۷ ٪ و ($P >۰/۰۵$) بوده است.

نتایج جدول۱ نشان می‌دهند، در سه نمونه G، I و S1 با افزایش درصد چربی از ۲/۵٪ به ۶/۱٪ مقدار ضریب حساسیت به آب اندازی از ۰/۰۳۵۸ به ۰/۰۳۱۱ کاهش یافته است. اما این روند برای نمونهS1 و S2 صادق نیست. چنان‌که در این جدول نمونه S1 علی‌رغم داشتن چربی بیشتر ضریب حساسیت به آب اندازی بیشتری نسبت به نمونه S2 داشته است. این امر احتمالاً به خاطر کم بودن محتوای ماده خشک غیر چرب در این نمونه بوده است. البته در قسمت قبل نشان داده شد هم‌بستگی معنی‌داری بین ضریب حساسیت به آب اندازی و مقدار ماده خشک غیر چرب وجود ندارد.

آنالیز آماری اثر چربی بر ضریب حساسیت به آب اندازی نمونه‌های جدول ۱ نشان داد که هم‌بستگی معنی‌داری بین این

www.SID.ir

Archive OF SID

دو پارامتر وجود ندارد ۸/۲٪ و (P>۰/۰۵). هم‌بستگی کم بین این دو پارامتر علی‌رغم تفاوت معنی‌دار چربی نمونه‌ها می تواند ناشی از قوی‌تر بودن سایر عوامل تأثیرگذار باشد.

بررسی نتایج تحقیقات انجام یافته در گذشته نشان داده‌اند که نوع آغازگر تخمیری اثر قابل توجهی بر مقدار جدا شدن سرم داشته و کاربرد گونه‌های تولید کننده پلی‌ساکاریدهای مترشحه منجر به کاهش نقیصه آب اندازی دلمه می‌شود. پلی ساکاریدهای مترشحه از باکتری‌های لاکتیکی به لحاظ داشتن ساختار پلی ساکاریدی و وزن مولکولی زیاد باعث افزایش جذب آب شده و جداشدن فاز سرمی از دلمه را کاهش می‌دهند(۳ و ۱۲).

در این مطالعه بررسی ارتباط پلی‌ساکاریدهای مترشحه با کاهش حساسیت به آب اندازی نشان داد افزایش مقدار پلی‌ساکاریدهای مترشحه باعث کاهش آب اندازی نمونه‌ها شده است. به طوری‌که نمونه S2 که بیشترین مقدار پلی‌ساکارید مترشحه را در جدول ۱ داشته کمترین مقدار ضریب حساسیت به آب اندازی را نیز داشته است. از طرفی ضریب هم‌بستگی بین این دو پارامتر ۹۲-٪ و(P<۰/۰۵) است. علامت منفی ضریب هم‌بستگی مبین این نکته است که با افزایش مقدار پلی‌ساکاریدهای مترشحه حساسیت به آب اندازی کاهش یافته است. این نتیجه با توجه به معنی‌دار نبودن اثر چربی و ماده خشک غیر چرب بر پارامتر مورد بررسی قابل تأمل است. زیرا نشان می‌دهد علی‌رغم دیدگاه عمومی در رابطه با اثر افزایش ماده خشک غیر چرب شیر و چربی بر کاهش حساسیت به آب اندازی اثر نوع آغازگر و تولید پلی‌ساکاریدهای مترشحه توسط آن بسیار مهمتر است. این موضوع از لحاظ صنعتی می‌تواند بسیار مهم باشد. زیرا می‌توان از آغازگرهای تولید کننده پلی‌ساکاریدهای مترشحه برای تولید ماست‌های با ماده خشک کم که از لحاظ اقتصادی باصرفه‌تر است سود جست. هم‌چنین این نوع آغازگرها می‌توانند برای تولید ماست‌های کم چرب کاربرد داشته باشند. این موضوع با توجه به افزایش گرایش مصرف‌کنندگان به فراورده‌های کم چرب بسیار حائز اهمیت است.

بررسی کشداری نمونه‌ها

در این تحقیق از دستگاه اینستران برای بررسی این خصوصیت استفاده شده است. نتایج این بررسی در جدول ۱ نشان داد که نمونهS2 بیشترین کشداری یعنی ۱۵ میلی‌متر را بین نمونه‌های مذکور داشته است. این مسأله می‌تواند به خاطر بیشتر بودن مقدار ماده خشک غیر چرب شیر(۹/۰۹٪) و یا بیشتربودن مقدار پلی‌ساکاریدهای مترشحه (۵۳/۷۶ میلی‌گرم در لیتر) در این نمونه باشد. نتایج آنالیز آماری نمونه‌های مذکور(جدول ۱) نشان داد که هم‌بستگی معنی‌داری بین کشداری و پارامترهای چربی، ماده خشک و پلی‌ساکاریدهای مترشحه وجود ندارد. اما هم‌بستگی معنی‌داری بین گرانروی و کشداری(r = ۰/۶۳ و P <۰/۰۵) نمونه‌های مذکور موجود است. از طرفی هم‌بستگی معنی‌دار بین کشداری و کاهش حساسیت به آب اندازی مشاهده شده است (r = ۰/۷۳ و P <۰/۰۵). با توجه به این که به نظر می‌رسد گرانروی و کاهش حساسیت به آب اندازی نمونه‌ها همان‌طور که در قسمت‌های قبلی گفته شد تحت تأثیر پلی‌ساکاریدهای مترشحه بوده‌اند و هم‌چنین با لحاظ کردن این نکته که در این تحقیق کشداری رابطه معنی‌داری با چربی و ماده خشک نداشته پس اثر غیر مستقیم پلی‌ساکاریدهای مترشحه مشهود است. نتایج مطالعه هس و همکاران در رابطه با اثر ماده خشک، پلی‌ساکاریدهای مترشحه و پایدارکننده‌ها بر خصوصیت کشداری ماست‌های بدون چربی نشان داده است که کاربرد پایدار کننده‌ها اثر معنی‌داری برخصوصیت کشداری نداشته اما افزایش ماده خشک از۱۰٪ به ۱۴٪ بدون چربی باعث افزایش کشداری شده است. اما در بین نمونه‌های مذکور بیشترین کشداری مربوط به نمونه‌های حاوی پلی ساکاریدهای مترشحه بوده است(۱۲).

بررسی مقدار پلی‌ساکاریدهای مترشحه در نمونه‌های تولید شده

در این قسمت با استفاده از شیر کم چرب و نمونه‌های ماست قبلی به عنوان منبع آغازگر چهار نمونه ماست در سه تکرار و

www.SID.ir

Archive OF SID

جدول۲. میزان‌پلی ساکاریدهای مترشحه در نمونه‌های تولید شده در آزمایشگاه

نوع ماست	EPS (میلی‌گرم در لیتر) نمونه تولید شده
ماست تولید شده از آغازگر G	۳۸/۶۹± ۲/۷۶
ماست تولید شده از آغازگرI	۳۰/۴۸± ۱/۴۸
ماست تولید شده از آغازگر S1	۲۲/۱۴±۱/۶۳
ماست تولید شده از آغازگر S2	۵۰/۲±۳/۳۳

EPS: بر اساس میزان پلی‌ساکاریدهای مترشحه برحسب گلوکز(میلی‌گرم در لیتر) گزارش شده است.

جدول۳. خصوصیات فیزیکی(گرانروی، کشداری، حساسیت به آب اندازی) نمونه‌های تولید شده

نوع نمونه	گرانروی(سانتی پواز)	کشداری(میلی متر)	ضریب حساسیت به آب اندازی در نمونه تولید شده
ماست تولید شده از آغازگر G	۴۹۴۴۴	۲۱/۳±۱/۱۵	۰/۰۱۳۴
ماست تولید شده از آغازگرI	۴۴۶۲۲	۲۰/۶±۱/۱۵	۰/۰۱۸۳
ماست تولید شده از آغازگر S1	۲۴۱۷۷	۱۶	۰/۰۲
ماست تولید شده از آغازگر S2	۵۴۴۴۴	۲۹/۳±۰/۵۷	۰/۰۱۲۶

با شرایط کاملاً مشابه تهیه شد. پس از تولید ماست، پلی‌ساکاریدهای مترشحه نمونه‌های تولید شده استخراج و اندازه‌گیری شد. نتایج این بررسی که میانگین حاصل از سه تکرار هستند که در جدول ۲ نشان داده شده است. آنالیز واریانس داده‌های مذکور حاکی از این است که مقدار پلی ساکاریدهای مترشحه جدا شده از نمونه‌های مذکور در سطح ۱٪ با هم اختلاف معنی‌داری دارند. با توجه به این که نمونه‌های تولید شده از لحاظ شرایط تولید و خصوصیات شیمیایی شیر استفاده شده یکسان بوده و تنها تفاوت در نوع آغازگر تخمیری آنها بوده است، نتیجه اخیر در حقیقت حاکی از تفاوت معنی‌دار فلور میکروبی و یا تفاوت رفتار فلور میکروبی چهار نمونه مورد بررسی است.

بررسی خصوصیات فیزیکی(گرانروی، کشداری، حساسیت به آب اندازی) نمونه‌های تولید شده

نتایج آنالیز واریانس خصوصیات فیزیکی (گرانروی، کشداری، حساسیت به آب اندازی) نمونه‌های تولید شده نشان داد (جدول۳) که نمونه‌ها با هم اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ دارند. همان‌طور که پیشتر نیز گفته شد خصوصیات بافتی ماست تحت تأثیر نوع منبع شیر، مقدار ماده خشک، مقدارچربی، نوع فرایند حرارتی، دمای گرمخانه‌گذاری و مدت آن، نوع آغازگر تخمیری و هم‌چنین نوع فرایند سرد کردن است. با توجه به این که در نمونه‌های تولید شده همه عوامل تأثیرگذار بر خصوصیات فیزیکی مانند ماده خشک، چربی، فرایند حرارتی و دمای گرمخانه‌گذاری ثابت بوده پس تنها دلیل اختلاف بافت نمونه‌ها تفاوت در نوع آغازگر تخمیری آنهاست. این موضوع نیز تفاوت فلور لاکتیکی نمونه‌ها را تأیید می‌کند. اما به منظور درک اثر پلی ساکاریدهای مترشحه برخصوصیات فیزیکی نمونه‌های تولید شده ضریب هم‌بستگی بین پارامترهای مذکور (خصوصیات فیزیکی و مقدار پلی ساکاریدهای مترشحه) مورد بررسی قرارگرفت.

بررسی ضریب هم‌بستگی گرانروی و مقدار پلی‌ساکارید

www.SID.ir

Archive OF SID

مترشحه نشان داد گرانروی نمونه‌ها به شدت تحت تأثیر مقدار پلی‌ساکارید مترشحه است به طوری که هم‌بستگی بین این دو پارامتر در سطح ۱٪ معنی‌دار بوده است (r = ۰/۹۰ و P< ۰/۰۱). هم‌چنین هم‌بستگی معنی‌داری بین کشداری و مقدار پلی ساکاریدهای مترشحه در سطح ۱٪ مشاهده شد. به طوری که ضریب هم‌بستگی بین این دو پارامتر ۹۶٪ و(P<۰/۰۱) است. از طرفی نتایج مربوط به بررسی هم‌بستگی بین حساسیت به آب اندازی و پلی‌ساکاریدهای مترشحه نشان داد هم‌بستگی بین این دو پارامتر در سطح ۱٪ معنی‌دار است. به طوری که ضریب هم‌بستگی بین دو پارامتر مذکور ۹۲/۸٪ و(P<۰/۰۱)می‌باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان می‌دهند، پلی‌ساکاریدهای مترشحه حتی در مقادیر بسیار کم می‌توانند باعث ایجاد تغییرات مؤثری در خصوصیات بافتی شوند. به طوری که در چهار نمونه تصادفی تهیه شده از سطح خمینی شهر علی‌رغم مقادیر کم اگزوپلی‌ساکارید جدا شده، هم‌بستگی معنی‌داری بین مقدار پلی‌ساکاریدهای مترشحه با گرانروی و کاهش حساسیت به آب اندازی مشاهده شد. هم‌چنین نتیجه جالب توجه این که در نمونه‌های مذکور برخلاف تصور غالب، به خصوص در میان مصرف کنندگان، هم‌بستگی معنی‌داری بین چربی و ماده خشک با خصوصیات فیزیکی بررسی شده دیده نشد. در نمونه‌های تولید شده در این تحقیق، بررسی اثر پلی‌ساکاریدهای مترشحه بر خصوصیات فیزیکی مورد بررسی نشان داد، هم‌بستگی معنی‌داری در سطح ۱٪ بین مقدار پلی‌ساکاریدهای مترشحه با گرانروی، کاهش حساسیت به آب اندازی و کشداری نمونه‌ها وجود دارد. از طرفی در مورد هر یک از خصوصیات فیزیکی مورد بررسی در نمونه‌های تولید شده، علی‌رغم ثابت بودن شرایط تولید و خصوصیات شیمیایی منبع شیر مورد استفاده برای همه نمونه‌ها اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ بین نمونه‌ها مشاهده شد. از طرفی نمونه S2 بیشترین مقدار پلی‌ساکارید مترشحه و بهترین خصوصیات فیزیکی را بین نمونه‌های اصلی و تولید شده در این تحقیق نشان داد. این امر پتانسیل بالقوه سویه‌های لاکتیکی این نمونه را برای تولید محصولی با خصوصیات حسی مطلوب آشکار می‌کند. با توجه به اهمیت بافت در افزایش بازار پسندی محصولات لبنی از جمله ماست و هم‌چنین با توجه به گرایش مصرف کنندگان به محصولات کاملاً طبیعی و هم‌چنین زیست فعال اهمیت کاربرد آغازگرهای تولید کننده پلی ساکاریدهای مترشحه بیش از پیش محرز می‌شود. بنابراین شناسایی سویه‌های عامل تولید پلی ساکاریدهای مترشحه در نمونه سنتی مذکور و یا سایر نمونه‌های بکر دیگر، بهینه سازی شرایط تولید پلی ساکارید و از طرفی شناسایی ساختار پلی ساکاریدهای تولید شده و ارتباط آن با بافت مطلوب برای تولید محصولاتی سالم و مطابق با ذائقه مصرف کنندگان ضروری به نظر می‌رسد.

منابع مورد استفاده

۱. خسروشاهی اصل، ا. ۱۳۷۶. *شیمی تجزیه مواد غذایی (ترجمه)*، انتشارات دانشگاه ارومیه.

2. Amatayakul, T., A.L. Halmos, F. Sherkar and N.P. Shah. 2006. Physical characteristics of yoghurts made using exopolysaccharide- producing starter cultures and varying casein to whey protein ratios. Int. Dairy J. 16: 40- 51
3. Amatayakul, T., F. Sherkat and N.P. Shah. 2006. Synersis in set yoghurt as affected by EPS starter cultures and leveles of solides. Int. J. Dairy Technol. 59: 216- 221
4. Broadbent, J.R., D.J. McMahon, D.L. Welker, C.J. Oberg and S. Moineau. 2002. Biochemistry, genetics and applications of exopolysaccharide production in *Streptococcus thermophillus*: A Review. J. Dairy Sci. 86: 407- 423.
5. De vuyst, L. and B. Degeest. 1999. Heteropolysaccharides from lactic acid bacteria. FEMS. Microbiol. Rev. 23: 153- 177.
6. De Vuyst, L., F. De Vin, F. Vaningelgem and B. Degeest. 2001. Recent development in the biosynthesis and applications of hetrpolysaccharides from lactic acid bacteria. Int. Dairy J. 11: 687- 707.

www.SID.ir

Archive OF SID

7. De vuyst, L., M. Zamfir, F. Mozzi, T. Adriany. V. Marshall, B. Degeest and F. Vaningelgem. 2003. Exopolysaccharide- producing *Streptococcus thermophilus* strains as functional starter cultures in production of fermented milks. Intl. Dairy J. 13: 707- 717
8. Degeest, B., F. Vaningelgem and L. De Vuyst. 2001. Microbial physiology, fermentation kinetics, and process engineering of hetropolysaccharide production by lactic acid bacteria. Intl. Dairy J. 11: 747- 757.
9. Douboc, P. and B. Mollet. 2001. Application of exopolysaccharides in dairy industry. Intl. Dairy J. 11: 759- 768.
10. Durla- ozkaya, F., B. Aslim and M.T. Ozkaya. 2007. Effect of exopolysaccharides produced by *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* strains to bacteriophage and nisin sensitivity of the bacteria. LWT, Food Sci. Technol. 40: 564- 568
11. Folkenberg, D.M., P. Dejmek, A. Skriver and R. Ipsen. 2005. Relation between sensory and texture properties and exopolysaccharide distribution in set and stirred yoghurts produced with different starter cultures. J. Texture Stud. 36: 174- 189.
12. Hess, J.S., R.F. Roberts and G.R. Zigler. 1996. Rheological properties of nonfat yoghurt stabilized using *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* producing exopolysaccharide or using commercial stabilizer system. J. Dairy Sci. 80: 252- 263.
13. Kelvin, K.T., D. Haisman, R. Archer and H. Singh. 2005. Evaluation and modification of existing methods for the quantification of exopolysaccharides in milk- based media. Food Res. Int. 38: 605- 613
14. Kimmel, S.A. and R.F. Robert. 1998. Development of growth medium suitable for exopolysaccharide production by *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* RR. Int. J. Food Microbiol. 40: 87- 92
15. Ludbrook,K.A., C.M. Russell and R.I. Grieg. 1997. Exopolysaccharide production from lactic acid bacteria isolated from fermented foods. J. Food Sci. 62: 597- 601
16. Marshal, V.M. and H.L. Rawson. 1999. Effects of exopolysaccharides- producing strains of thermophilic lactic acid bacteria on the texture of stirred yoghurt. Int. J. Food Sci. Technol. 34: 137- 143.
17. Pereira, R., L. Matia- Merino, V. Jones and H. Singh. 2006. Influence of fat on the perceived texture of set acid milk gels: A sensory perspective. Food Hydrocoll. 20: 305- 313.
18. Shihata, A., N.P. Shah. 2002. Influence of addition of proteolytic strains of *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* to commercial ABT starter cultures on texture of yoghurt, exopolysaccharide production and survival of bacteria. Int. Dairy J. 12: 765- 772
19. Tamime, A.Y. and R.K. Robinson. 1999. Yogurt Science and Technology. 2th ed., CRC Press., Woodhead Pub. Ltd., USA.
20. Yang, Z. 2000. Antimicrobial compounds and extracellular polysaccharides produced by lactic acid bacteria: Structures and Properties. Academic Dissertation, Department of Food Technology, University of Helsinki, Finland.

www.SID.ir