



تأثیر مالتودکسترین به عنوان جایگزین چربی بر روی کیفیت ماست بدون چربی

زینب رفتنی امیری^{۱*}، محمد جواد محمودی^۲ و مزدک علیمی^۳

تاریخ دریافت: ۹۱/۳/۳۱ تاریخ پذیرش: ۹۲/۲/۸

^۱ استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

^۲ دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد آیت ... آملی

^۳ مربی گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد آیت ... آملی

* مسئول مکاتبه: E-mail: zramiri@gmail.com

چکیده

در این پژوهش، تأثیر افزودن مالتودکسترین به عنوان جایگزین چربی، بر روی ویژگی‌های فیزیکی- شیمیایی و ریزساختاری ماست بدون چربی مورد بررسی قرار گرفت. ماست بدون چربی، از پودر شیر خشک کم چرب بازسازی شده تهیه شد. مالتودکسترین به میزان ۱، ۲ و ۳٪ (وزنی/وزنی) به شیرهای پایه با ۱۴٪ ماده خشک اضافه گردید و یک نمونه شاهد فاقد مالتودکسترین نیز تهیه شد. مخلوط حاصله توسط مایه کشت آغازگر ماست، تلقیح و نمونه های ماست حاصله در دمای ۵ °C نگهداری شدند، سپس آزمون های فیزیکوشیمیایی نظیر pH، اسیدیته قابل تیتراسیون، درصد مواد جامد، آب اندازی، خصوصیات بافت، رنگ و ریز ساختار ماست یک روز پس از تولید انجام گرفت. pH و اسیدیته نمونه ها تفاوت معنی داری با یکدیگر نداشتند، اما درصد مواد جامد متناسب با مالتودکسترین اضافه شده به طور معنی داری افزایش یافت. افزودن مالتودکسترین باعث کاهش آب اندازی شد ولی نمونه ۱ درصد، آب اندازی بیشتری نسبت به نمونه شاهد داشت. نمونه های حاوی ۲ و ۳٪ مالتودکسترین، ریزساختاری متراکم تر و یکنواخت تر داشته، در حالی که تراکم ساختاری تیمار ۱٪ مالتودکسترین از نمونه شاهد کمتر بود. در آنالیز پروفایل بافت، نمونه های حاوی ۳٪ مالتودکسترین و شاهد به ترتیب بیشترین و کمترین سفتی را داشتند. مالتودکسترین تأثیر معنی داری بر چسبندگی و صمغیت نمونه ها نداشت ولی پیوستگی نمونه ها را کاهش داد. افزودن مالتودکسترین در هیچ یک از سطوح مورد مصرف، تأثیر معنی داری روی پارامترهای رنگ (L^* ، a^* و b^*) نمونه ها نداشت. با توجه به یافته های حاصل از این پژوهش، مالتودکسترین در سطح ۳٪ با کاهش آب اندازی، ایجاد ریزساختاری متراکم و بافتی سفت می تواند به عنوان جایگزین چربی در فرمولاسیون ماست بدون چربی مورد استفاده قرار گیرد.

واژه های کلیدی: آب اندازی، ویژگی های بافتی، ریزساختار، ماست بدون چربی، مالتودکسترین

Effect of maltodextrin as a fat replacer on the quality of non-fat yogurt**Z Raftani Amiri^{1*}, MJ Mahmudi² and MAlimi³**

Received: June 20, 2012 Accepted: April 28, 2013

¹Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran²MSc Graduated, Department of Food Science and Technology, Islamic Azad University, Ayatollah Amoli branch, Amol, Iran³Lecturer, Department of Food Science and Technology, Islamic Azad University, Ayatollah Amoli branch, Amol, Iran

*Corresponding author: E-mail: zramiri@gmail.com

Abstract

The effect of addition of maltodextrin on physicochemical and microstructure of non-fat yogurt was studied. Non-fat yoghurt was prepared from reconstitute skimmed milk powder. Maltodextrin was added to reconstitute skimmed milk powder with 14% total solids (w/w) at three levels (0 (control sample), 1, 2, and 3%). The mixtures were inoculated using a DVS yogurt starter culture and the obtained yogurt samples stored at 5°C. Physicochemical properties of the yogurt samples such as pH, acidity, total solids, syneresis, textural properties, color and microstructure were studied after one day storage. Increasing the amount of maltodextrin did not have any significant effect on pH and titratable acidity of samples, but increased the total solids of samples, in proportion to added maltodextrin. Addition of maltodextrin led to the decrease in susceptibility to syneresis, but yogurt containing 1% maltodextrin had more syneresis than the control. Increasing 2 and 3% of maltodextrin led to more compact and homogeneity microstructure. However, the yogurt containing 1% maltodextrin had less compact than the control and was more porous in scanning electron microscopy. The yogurt containing 3% maltodextrin and control sample had the highest and lowest firmness, respectively. Maltodextrin had no significant effect on adhesiveness and gumminess, but decreased the cohesiveness of yogurt samples. The color parameters (L^* , a^* and b^*) of yogurt samples did not show any significant differences. In view of compact microstructure, low syneresis and high firmness, maltodextrin at 3% level can be used as a suitable fat replacer to develop a formulation of non-fat set type yogurt.

Key words: Syneresis, Textural properties, Microstructure, Non-fat yogurt, Maltodextrin**مقدمه**

ورزشی، خوردن غذاهای سالم و کاهش مصرف غذاهای حاوی قند، نمک و چربی روی آوردن (رامچندران ۲۰۰۹ و آمایالیانو و همکاران ۲۰۰۸). ماست های کم کالری می توانند از طریق پائین آوردن میزان چربی، جایگزین نمودن قند با شیرین کننده های سنتتیک، کاهش مواد جامد کم چرب و استفاده از فیبر و عوامل حجیم کننده مثل پایدار کننده ها و استفاده از جایگزینهای چربی تولید شوند (تمیم و رابینسون ۲۰۰۸). کاهش چربی و در پی آن کاهش کل ماده جامد

ماست فرآورده تخمیری شناخته شده ای است که از هزاران سال پیش مصرف می شود (عزیزنیا و همکاران ۲۰۰۸). ماست در نتیجه تخمیر لاکتیکی شیر بوسیله لاکتوباسیلوس دلبروکی زیرگونه بولگاریکوس و استرپتوکوکوس ترموفیلوس تولید می شود (ساندوال و همکاران ۲۰۰۴). شیوع افزایش وزن، چاقی و بیماری های ناشی از مصرف زیاد چربی سبب شده، مصرف کنندگان برای حفظ سلامت خود به فعالیت های

افزودن ژلاتین را بر ریزساختار ماست مورد بررسی قرار داده و گزارش نمودند که در ماست حاوی ۱/۵ درصد ژلاتین، برهم کنش ژلاتین با شبکه پروتئینی سبب افزایش همگنی ژل می شود.

بر اساس قوانین سازمان غذا و داروی ایالات متحده آمریکا (۱۹۸۳)، مالتودکسترین‌ها پلیمرهای ساکاریدی غیرشیرین و مغذی با واحدهای D-گلوکز که با پیوندهای ۴-۱، بهم متصل شده‌اند که دارای حداکثر معادل دکستروز^۲، کمتر از ۲۰ هستند (کریستل لورت ۲۰۰۸). مالتودکسترین یکی از جایگزین های چربی شناخته شده است که طی چند دهه اخیر به عنوان افزودنی غذایی ارائه شده است که بخشی از آن به دلیل ظرفیت ایجاد احساس دهانی شبیه به چربی می باشد که از شبکه سه بعدی ژل مالتودکسترین منشاء می گیرد (سییل و سیلویا ۱۹۹۶). همچنین میزان انرژی مالتودکسترینها ۴ کیلوکالری در هر گرم می باشند (ای. ای. سی ۱۹۹۷ و کروناکیس ۱۹۹۸)، که نسبت به چربی ها ۵۰ درصد انرژی کمتری دارند. با توجه به ضرورت تولید محصولات کم چرب به منظور حفظ ارتقاء سطح سلامت جامعه و جلب رضایت مصرف کنندگان و هم چنین قیمت پایین تر و تولید کالری کمتر مالتودکسترین نسبت به چربی و ایجاد احساس دهانی مشابه چربی، در این بررسی به ارزیابی تاثیر مالتودکسترین بدون حضور و تاثیر بتاگلوکان به عنوان جایگزین چربی بر روی خصوصیات کیفی ماست بدون چربی می پردازیم.

مواد و روش ها

پودر شیر خشک بدون چربی کم حرارت دیده ساخت شرکت فونترا نیوزلند (اجزا با درصد: چربی ۰/۸، لاکتوز ۵۴/۱، مواد معدنی ۷/۳، پروتئین ۳۳/۴ و رطوبت ۳/۸) از شرکت رضوان شکلات، کشت آغازگر محتوی

در ماست‌های بدون چربی و کم چرب، باعث تضعیف پیکره و بافت محصول و افزایش آب اندازی می شود مگر اینکه در این فرآورده از ترکیب پایدار کننده های مختلف یا سویه های میکروبی طنابی کننده استفاده شود (عزیزنیا و همکاران ۲۰۰۸). پایدار کننده ها نیز به دو منظور اتصال با آب و افزایش سفتی و قوام محصول به ماست افزوده می شوند (تمیم و رایبسون ۲۰۰۸). تمیم و همکاران (۱۹۹۶)، به ارزیابی تاثیر هفت نمونه جایگزین چربی با منشاء نشاسته به میزان ۱/۵٪ بر روی ریز ساختار و بافت ماست های حاصل از پودر شیر خشک بدون چربی بازسازی شده پرداختند. آن ها افزایش در قوام و کاهش آب اندازی را در ماست ها گزارش نمودند (تمیم و همکاران ۱۹۹۶). هس و همکاران (۱۹۹۷)، نشان دادند که افزودن مخلوط نشاسته اصلاح شده و ژلاتین در ماست (۱٪) باعث افزایش در سفتی و ویسکوزیته ظاهری گردید. گون و همکاران (۲۰۰۵)، به بررسی تاثیر ۱، ۲ و ۳٪ اینولین بر روی کیفیت ماست های بدون چربی پرداختند. آن ها گزارش نمودند که افزودن بیش از ۱٪ اینولین سبب افزایش آب اندازی و هم چنین افزایش قوام می شود. دوماگالا و همکاران (۲۰۰۶)، تاثیر مالتودکسترین یولاف و چربی را در سه سطح ۱، ۲ و ۳٪ بر روی ویژگیهای رئولوژیکی و بافتی ماست های بدون چربی مطالعه کردند. آن ها نشان دادند که افزودن ۱٪ چربی یا ۲٪ مالتودکسترین باعث افزایش در ویسکوزیته ظاهری ماست ها گردید (دوماگالا و همکاران ۲۰۰۶). آمایالیانو و همکاران (۲۰۰۸) اثرات جیکامای اصلاح شده با اسید^۱ و نشاسته نرت را در سطح ۲/۳٪ به عنوان جایگزین چربی در ماست های همزده مورد مطالعه قرار دادند و نتایج نشان دادند که افزودن نشاسته اصلاح شده باعث افزایش آب اندازی در مقایسه با شاهد می شود (الیاسون ۲۰۰۴). فیزمان و همکارانش (۱۹۹۹) اثر

¹ Acid thinned jicama

² Dextrose equivalent

کشت تلقیح شده و در ظرف‌های پلی استایرنی درب دار توزیع و به انکوباتور منتقل شده و در دمای 42°C تا رسیدن به pH نقطه ایزوالکتریک پروتئین‌های کازئین حدود $4/6$ گرمخانه‌گذاری شدند (عزیزنیا و همکاران ۲۰۰۸). سپس نمونه‌ها به یخچال با دمای 5°C منتقل شدند و مدت یک شب در آن دما نگهداری شدند و پس از آن آزمایشات مربوطه بر روی آن‌ها انجام شد.

آزمون‌های فیزیکی شیمیایی

pH نمونه‌های ماست با استفاده از pH متر دیجیتالی (pH meter, Istek, neomet, Korea) در دمای 25°C اندازه‌گیری شد. اسیدیته قابل تیتراسیون نمونه‌ها پس از مخلوط کردن ۱۰ گرم از نمونه‌ها با ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر و تیتراسیون با استفاده از سود $0/1$ نرمال و $0/5$ میلی‌لیتر معرف فنل‌فتالئین تا ظاهر شدن رنگ صورتی کم رنگ ($\text{pH} = 8/3$) انجام گرفت (عزیزنیا و همکاران ۲۰۰۸). مقدار ماده جامد کل نمونه‌های شیر بر اساس روش AOAC (۱۹۹۷) انجام گرفت.

میزان آب اندازی

میزان آب اندازی در نمونه‌ها با وزن کردن ۲۰ گرم از نمونه‌ها و قرار دادن آن در دستگاه سانتریفیوژ یخچالدار (Andreas Hettich GmbH & Co KG, Tuttlingen, Germany) در دمای 4°C و ۱۲۵۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه اندازه‌گیری شد. پس از عمل سانتریفیوژ، سوپرناتانت نمونه‌ها وزن گردید و نتایج بصورت گرم آب در صد گرم نمونه ماست ارائه شد (آمایولیانو و همکاران ۲۰۰۸).

رنگ سنجی

رنگ نمونه‌ها با استفاده از دستگاه هانتربل (Hunterlab, Colorflex, USA) در روشنایی D65 و زاویه دید ۱۰ درجه در دمای اتاق اندازه‌گیری گردید و نتایج بر اساس سیستم CIELab اعلام شد. مقادیر L^* ، a^* و b^* نمونه‌ها اندازه‌گیری شد (کومار و میشر ۲۰۰۴).

لاکتوباسیلوس بولگاریکوس زیرگونه دلبروکی^۳ و استرپتوکوکوس ترموفیلوس^۴ (YC-X11, Chr-) (Hansen, Horshelm, Denmark) در بسته‌های ۵۰ واحدی از نمایندگی شرکت کریستین هسن و مالتودکسترین تهیه شده از نشاسته تاپیوکا با معادل دکستروز ۱۰ (Honeyville Food Products, Inc, Brigham, Utah, USA) از کمپانی بهروز نیک تهران تهیه شدند. ظروف مورد استفاده جهت بسته بندی ماست از جنس پلی استایرن درب دار بوده که از بازار محلی خریداری شد. سایر مواد شیمیایی با درجه آزمایشگاهی مرک استفاده شد.

تهیه مایه کشت

یک بسته ۵۰ واحدی لیوفیلیزه از آغازگر به یک لیتر شیر کم چرب بازسازی شده استریل افزوده شد و به میزان ۱۵ دقیقه هم زده شد تا کاملاً همگن گردند و سپس ۴ میلی‌لیتر از آن به عنوان مایه کشت به یک لیتر شیر مورد استفاده برای تهیه نمونه‌های ماست افزوده شد.

تهیه نمونه‌های ماست بدون چربی

برای تهیه شیر بازسازی شده با کل ماده جامد حدود 14% ، پودر شیر خشک بدون چربی و آب مقطر در دمای 25°C در مخلوط کن (IKIA-Werke GmbH, RW20 digital, Staufen, Germany) به مدت یک ساعت با ۱۵۰۰ دور بر دقیقه هم زده شد. با توجه به میزان $8/1\%$ چربی در شیر خشک اولیه، میزان چربی موجود در شیر بازسازی شده کمتر از $0/1\%$ بود. سپس به ترتیب به میزان ۰، ۱، ۲ و 3% مالتودکسترین به آن‌ها اضافه شد و حدود ۳۰ دقیقه هم زده شد و مخلوط حاصله در حمام آب با دمای 90°C به مدت ۱۰ دقیقه تحت فرآیند حرارتی قرار گرفت و پس از خنک سازی سریع در آب سرد تا دمای 42°C با مایه

³ *Lactobacillus bulgaricus ssp. delbrueckii*

⁴ *Streptococcus thermophilus*

ریزساختار

آماده سازی نمونه‌های ماست برای میکروسکوپ الکترونی روبشی با استفاده از روش پوانتیران و همکاران (۲۰۰۲)، با کمی اصلاحات انجام گرفت. نمونه‌های ماست با ابعاد (حدود $1\text{mm} \times 3\text{mm} \times 3\text{mm}$) از قسمت زیرین سطح نمونه برداشت شده و با گلو تار آلدئید ۲/۵ درصد به مدت حداکثر یک ساعت در دمای اتاق تثبیت گردیدند. گلو تار آلدئید به عنوان عامل تثبیت کننده و ایجاد کننده اتصالات عرضی در پروتئین عمل می‌کند (ساندوال و همکاران ۲۰۰۴). نمونه‌های تثبیت شده چند بار با آب مورد شستشو قرار گرفتند. این کار باعث حذف لاکتوز و سایر مواد محلول در آب می‌شود. سپس نمونه‌ها با استفاده از اتانول با درجات مختلف (۲۰، ۴۰، ۶۰، ۷۰ و ۹۰٪) و نهایتاً سه بار با اتانول مطلق آب‌گیری شدند و بر روی پایه‌های آلومینیومی با استفاده از چسب قرار داده شدند و تا نقطه بحرانی خشک گردیدند و با استفاده از دستگاه پوشش دهنده طلا (SCD005, Baltec Inc., Balzers, Switzerland) به مدت ۶ دقیقه با طلا پوشش داده شدند. فتومیکروگراف‌ها با بزرگنمایی ۲۵۰۰ برابر و مقیاس $10\mu\text{m}$ با قدرت ۱۵ کیلوولت ثبت گردیدند (عزیزنیا و همکاران ۲۰۰۸).

آنالیز سنجش بافت

آنالیز پروفایل بافت برای مطالعه بافت ماست نوع قالبی استفاده می‌شود (بنزک و مینگونات ۱۹۹۴). آزمون سنجش بافت توسط دستگاه (Stable Micro TA-XT2 Universal Texture (Systems, UK Analyzer که توسط نرم‌افزار کامپیوتری کنترل می‌شد انجام گرفت. پروب مورد استفاده، استوانه آلومینیومی به قطر ۲۵ میلی‌متر بود. عمق نفوذ پروب در نمونه ۴ میلی‌متر و سرعت نفوذ 1mm/s بود. نمودارهای نیرو زمان که طی آزمون بدست آمده بودند توسط نرم‌افزار Exponent جهت محاسبه پارامترهای سفتی،

چسبندگی، پیوستگی و صمغیت مورد آنالیز قرار گرفتند (گوناسکاران و محمت ۲۰۰۳).

آنالیز آماری

نمونه‌های ماست در چهار سطح غلظت ۰، ۱، ۲ و ۳٪ مالتودکسترین با سه تکرار در طرح آزمایشی کاملاً تصادفی فرموله شدند. برای تعیین معنی‌دار بودن داده‌های حاصل از آزمایشات، از آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح معنی‌دار ۹۵٪ ($P < 0.05$) با استفاده از نرم افزار SPSS ورژن ۱۵ (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) انجام شد و نمودارها با استفاده از نرم افزار Microsoft Excel رسم شدند.

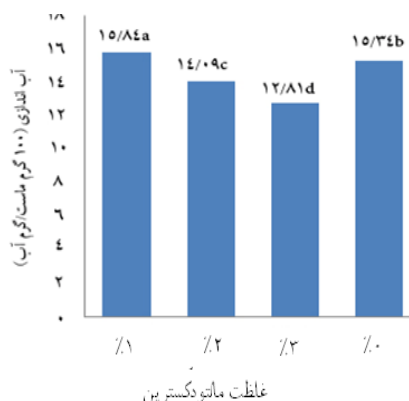
نتایج و بحث

ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی

میانگین ماده خشک کل، pH و اسیدیته نمونه‌های مختلف ماست فاقد چربی در جدول ۱ آورده شده است. میزان اسیدیته نمونه‌ها از ۰/۸۹ تا ۰/۹۵ و pH نمونه‌ها از ۴/۴۷ تا ۴/۶۲ متغیر بود، ولی بین نمونه‌های مختلف ماست بدون چربی و نمونه شاهد از نظر pH و اسیدیته تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ($P > 0.05$). میزان ماده خشک نمونه‌ها از ۱۴/۱۷٪ برای نمونه شاهد تا ۱۶/۲۳٪ برای نمونه ماست بدون چربی حاوی ۳٪ مالتودکسترین بوده که این تفاوت معنی‌دار بود ($P < 0.05$). در این مطالعه شیر پایه ماست سازی حاوی حدود ۱۴٪ ماده خشک کل بود و تفاوت در میزان ماده خشک کل نمونه‌های ماست مربوط به مقدار افزایش مالتودکسترین می‌باشد که مطابق نتیجه تحقیقات بارانتز و همکاران (۱۹۹۶) بود.

آب‌اندازی

میزان آب‌اندازی در نمونه‌های ماست بدون چربی در دمای 4°C از ۱۲/۸۱ گرم تا ۱۵/۸۴ گرم آب به ازای ۱۰۰ گرم ماست متغیر می‌باشد (شکل شماره ۱).



شکل ۱- تاثیر غلظت مالتودکسترین بر آب‌اندازی نمونه‌های ماست.

ریزساختار

ریزساختار ماست با غلظت‌های مختلف مالتودکسترین در شکل ۲ نشان داده شده است. میکروگراف‌ها شامل شبکه پروتئینی و تجمعات به هم پیوسته میسل‌های کازئینی می‌باشند که ساختار گلبولی آن‌ها قابل تشخیص می‌باشد. کالاب و امونس در سال ۱۹۷۵ ریزساختار ماست را با استفاده از میکروسکوپ الکترونی مورد بررسی قرار دادند و ماست را مجموعه‌ای از کلاسترها و زنجیره‌های تشکیل شده از میسل‌های کازئین معرفی کردند که باکتری‌ها در آن پراکنده شده‌اند (کالاب ۲۰۱۱). چنین ساختارهایی قبلاً نیز توسط برخی از محققین گزارش شده است (ساندوال و همکاران ۲۰۰۴ و عزیزنیا و همکاران ۲۰۰۸). با توجه به شکل ۲، نمونه ماست بدون چربی حاوی ۳٪ مالتودکسترین (C)، ساختار متراکم‌تر و فشرده‌تری نسبت به بقیه نمونه‌ها داشته و نمونه حاوی ۱٪ مالتودکسترین (A)، دارای ساختمان نسبتاً بازتری بوده و حفره‌های بیشتری دارد. هم چنین نمونه شاهد (D)، نسبت به نمونه حاوی ۱٪ مالتودکسترین هموارتر و یکنواخت‌تر می‌باشد. مالتودکسترین فراورده حاصل از هیدرولیز نشاسته می‌باشد (کروناکیس ۱۹۹۸). به محض حرارت دادن، آب جذب کرده و متورم می‌شود و بخشی از ملکول‌های آمیلوز حل شده و از

بیشترین و کمترین میزان آب‌اندازی به ترتیب، مربوط به نمونه‌های ماست حاوی ۱ و ۳٪ مالتودکسترین می‌باشد. افزودن مالتودکسترین در سطح ۱٪ سبب افزایش میزان آب‌اندازی نسبت به نمونه شاهد شده که احتمالاً نشان دهنده ضعیف شدن شبکه ژلی در اثر آن است، در حالی که با افزایش سطح مالتودکسترین به ۲ و ۳٪، میزان آب‌اندازی کاهش می‌یابد که نشان دهنده استحکام اتصالات ایجاد شده با آب است.

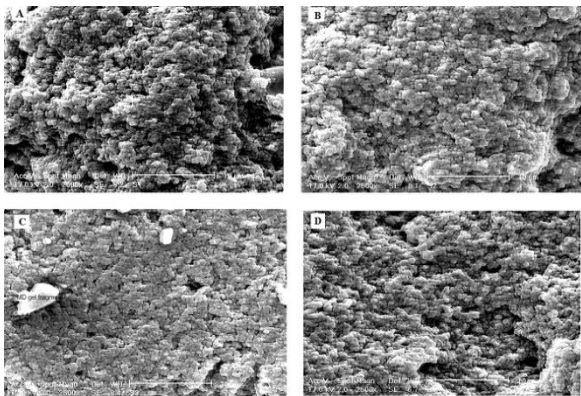
جدول ۱- مقایسه میانگین (± انحراف معیار) داده‌های

تیمارهای آزمایشی	pH	اسیدیته	ماده جامد کل (%)
۱٪ مالتودکسترین	۴/۴۷ ± ۰/۰۱ ^{a*}	۰/۸۹ ± ۰/۰۶ ^a	۱۴/۷۵ ± ۰/۱۹ ^c
۲٪ مالتودکسترین	۴/۶۲ ± ۰/۱۵ ^a	۰/۹۴ ± ۰/۰۹ ^a	۱۵/۵۶ ± ۰/۰۹ ^b
۳٪ مالتودکسترین	۴/۵ ± ۰/۰۴ ^a	۰/۸۹ ± ۰/۰۸ ^a	۱۶/۲۳ ± ۰/۱۳ ^a
۰٪ مالتودکسترین	۴/۶ ± ۰/۰۷ ^a	۰/۹۵ ± ۰/۰۴ ^a	۱۴/۱۷ ± ۰/۰۲ ^d

*حروف متفاوت در هر ستون، حداقل در سطح احتمال ۵ درصد دارای تفاوت معنی‌داری هستند.

میزان برهم‌کنش مالتودکسترین-آب به طور عمده به غلظت مالتودکسترین بستگی دارد (کروناکیس ۱۹۹۸). نسبت آب پیوندی به کل محتوی آب، با افزایش غلظت مالتودکسترین به ۲ و ۳٪ افزایش می‌یابد. نتایج مشابهی گزارش شده است که افزایش تا ۱٪ بتاگلوکان به ماست بدون چربی میزان آب‌اندازی را کاهش می‌دهد (ساهان و همکاران ۲۰۰۸)، در حالی که افزایش ۰/۵٪ صمغ کتیرا به ماست کم چرب (عزیزنیا و همکاران ۲۰۰۸) و هم چنین غلظت‌های بیش از ۰/۰۲٪ صمغ لوبیایی افاقیا در ماست کم چرب موجب افزایش آب‌اندازی آن‌ها می‌شود (یونال و همکاران ۲۰۰۳).

افزایش سفتی نمونه ها شده است، ولی روند خطی بین افزایش میزان سفتی نمونه با افزایش غلظت مالتودکسترین مشاهده نشد. پیوستگی نمونه های حاوی مالتودکسترین با سطوح مختلف نسبت به هم تفاوت معنی داری نداشته ($P > 0.05$)، در حالی که از نظر آماری با نمونه شاهد تفاوت معنی داری داشتند ($p < 0.05$).



شکل ۲- تصاویر ریزساختاری نمونه های ماست A-۱٪ مالتودکسترین B-۲٪ مالتودکسترین C-۳٪ مالتودکسترین و D- نمونه شاهد فاقد مالتودکسترین با بزرگنمایی ۲۵۰۰ برابر و نوار مقیاس ۱۰ میکرومتر.

بیشترین و کمترین میزان پیوستگی به ترتیب، مربوط به نمونه شاهد (۸۳٪) و نمونه حاوی ۳٪ مالتودکسترین (۶۸٪) می باشد. هیچ یک از نمونه ها از نظر صمغیت و هم چنین چسبندگی تفاوت معنی داری نسبت به هم نداشتند ($P > 0.05$). تحقیقات نشان داده، افزودن بتاگلوکان تا غلظت ۱٪ تاثیری بر سفتی ماست بدون چربی ندارد (ساهان و همکاران ۲۰۰۸). براساس یافته های دو ماگالا و همکاران (۲۰۰۶)، ماست حاوی ۱٪ مالتودکسترین که معادل ماست حاوی ۳٪ چربی از نظر سفتی بوده، بیشترین میزان سفتی را در محصول از خود نشان داد. هم چنین ساندوال و همکاران (۲۰۰۴) گزارش داده اند، ماست حاوی لاکتومینا (حاوی ۹۵٪ چسبندگی، پیوستگی، کشش و خاصیت ارتجاعی نسبت

ساختار گرانولی به بیرون نشت می یابند، بطوری که اگر این فرآیند ادامه پیدا کند گرانول ها گسیخته شده و ملکول های آزاد آمیلوز و آمیلوپکتین که آب جذب کرده اند ظاهر می شوند. بنابراین، ممکن است برخی از ملکول های حل شده با میسل های کازئینی برهم کنش داده و احتمالاً، مسئول بازتر شدن ساختار در نمونه ماست حاوی ۱٪ مالتودکسترین (A) گردند (ساندوال و همکاران ۲۰۰۴). طبق اظهارات مودلر و کالاب (۱۹۸۳)، تفاوت در میزان آب اندازی ماست های مختلف را می توان توسط ریزساختار آن ها نیز توجیه کرد. پیوانتیران و همکاران (۲۰۰۲) ابراز داشته اند که شبکه های منظم و بهم فشرده و حضور حفره های کمتر و ریزتر در نمونه های ماست، عامل تاثیرگذاری در میزان آب اندازی می باشد. بنابراین، با توجه به مقایسه میکروگراف نمونه ها می توان گفت، میزان آب اندازی کمتر در نمونه ماست حاوی ۳٪ مالتودکسترین، به بافت متراکم تر و به هم فشرده تر آن (C) نسبت به سایر نمونه ها، و هم چنین میزان آب اندازی بیشتر در نمونه ماست حاوی ۱٪ مالتودکسترین (A)، به بافت بازتر با حفره های بیشتر آن نسبت به نمونه شاهد (D)، مربوط می شود.

آنالیز بافت

بافت یک ماده غذایی، احساس و درک انسان از رفتار رئولوژیکی آن ماده که از عناصر ساختاری آن منشأ گرفته شده، می باشد. یکی از مناسب ترین تکنیک های دستگاهی برای ارزیابی بافت ماست قالبی و تعیین پارامترهای سفتی، چسبندگی، پیوستگی و صمغیت، آنالیز پروفایل بافت می باشد (دوماگالا و همکاران ۲۰۰۶). مطابق جدول ۲، بیشترین نیرو مربوط به نمونه شاهد بود، در حالی که نمونه حاوی ۳٪ مالتودکسترین بیشترین نیرو جهت ورود پروب به داخل نمونه را نشان داد که سفت ترین نمونه بود. سفتی همه نمونه های حاوی مالتودکسترین از نمونه شاهد بیشتر بود که می توان گفت افزودن مالتودکسترین بطور کلی سبب

به نمونه شاهد پرچرب نداشته است (ساندوال و همکاران ۲۰۰۴).

جدول ۲- مقایسه میانگین (\pm انحراف معیار) داده های مربوط به پارامترهای بافتی نمونه‌های ماست.

تیماهای آزمایشی	۳٪ مالتودکسترین	۲٪ مالتودکسترین	۱٪ مالتودکسترین	۰٪ مالتودکسترین
سفتی (N)	۰/۱۹۷ \pm ۰/۰۰۸ ^{a*}	۰/۱۸۲ \pm ۰/۰۰۱ ^b	۰/۱۹۴ \pm ۰/۰۰۵ ^a	۰/۱۷۹ \pm ۰/۰۰۶ ^b
چسبندگی (N.m)	۰/۰۸۵ \pm ۰/۰۱۷ ^a	۰/۰۸ \pm ۰/۰۱۸ ^a	۰/۰۹۲ \pm ۰/۰۲۸ ^a	۰/۰۸۶ \pm ۰/۰۲۳ ^a
پیوستگی	۰/۶۸ \pm ۰/۰۳ ^b	۰/۶۹ \pm ۰/۰۷ ^b	۰/۶۹ \pm ۰/۰۸ ^b	۰/۸۳ \pm ۰/۰۲ ^a
صمغیت (N)	۰/۱۳ \pm ۰/۰۰۶ ^a	۰/۱۳ \pm ۰/۰۱۴ ^a	۰/۱۴ \pm ۰/۰۳ ^a	۰/۱۵ \pm ۰/۰۰۴ ^a

*حروف متفاوت در هر سطر، حداقل در سطح احتمال ۵ درصد دارای تفاوت معنی‌داری هستند.

سنجش رنگ

نتایج حاصل از اندازه گیری رنگ نمونه ها در جدول ۳ نشان داده شده است. تفاوت معنی‌داری بین پارامترهای L^* ، a^* ، b^* مشاهده نگردید ($P > 0.05$). پارامتر a^* -value میزان سبزی بودن نمونه را مشخص می‌کند. با توجه به اظهارات یازچی و آگگون (۲۰۰۴)، میزان بالای چربی در نمونه‌های ماست، عامل سبزی بودن نمونه‌ها نسبت به نمونه های با چربی پائین می‌باشد. همه تیمارهای مورد بررسی در این پژوهش، فاقد چربی بودند لذا a^* -value همه نمونه ها منفی بوده و تفاوت معنی داری با هم نداشتند ($P > 0.05$). غلظت های مختلف مالتودکسترین اضافه شده، پارامترهای L^* -value و b^* -value را تحت تاثیر قرار نداد ($P > 0.05$). هارت و همکارانش (۲۰۰۳) سفیدی^۱ چند نمونه ماست تحت فشارهای هیدرواستاتیکی متفاوت قرار گرفته بودند را مورد بررسی قرار دادند و بیان داشتند که با وجود تاثیر فشار بر روی دناتوراسیون β -لاکتوگلوبولین و α -لاکتالبومین و ایجاد تفاوت در ماتریکس پروتئینی و چگونگی تجمعات کازئین در این تیمارها، L^* -value برای آن‌ها یکسان بوده است. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که تغییرات رنگ سفید در ماست تحت تاثیر اندازه میسل‌های کازئین و تجمعات آن‌ها نمی‌باشد و برای

صحت ادعای خود، L^* -value یکسان را در شیرهای حرارت دیده و حرارت ندیده (با وجود تفاوت در اندازه میسل‌ها) متذکر شدند.

¹ Whiteness

جدول ۳- مقایسه میانگین (\pm انحراف معیار) داده های مربوط به **L-value** و **b-value** و **a-value** نمونه های ماست.

تیمارهای آزمایشی	% مالتودکستروزین	% مالتودکستروزین	% مالتودکستروزین	% مالتودکستروزین
L*	۹۱/۰۰ \pm ۱/۶۱ ^{a**}	۹۱/۱۵ \pm ۱/۶۲ ^a	۹۱/۲۲ \pm ۱/۶۴ ^a	۹۱/۴۶ \pm ۱/۵۴ ^a
a*	-۲/۸۹ \pm ۰/۰۵ ^a	-۲/۷۷ \pm ۰/۰۴ ^a	-۲/۸۹ \pm ۰/۰۸ ^a	-۲/۸ \pm ۰/۰۸ ^a
b*	۱۵/۲۱ \pm ۰/۲۷ ^a	۱۵/۱۷ \pm ۰/۳۳ ^a	۱۴/۸۸ \pm ۰/۳ ^a	۱۴/۹۲ \pm ۰/۴۸ ^a

**حروف متفاوت در هر سطر، حداقل در سطح احتمال ۵ درصد دارای تفاوت معنی داری هستند.

نتیجه گیری

افزودن مالتودکستروزین در غلظت های ۱، ۲ و ۳٪ به شیر پایه ماست سازی حاوی ۱۴٪ ماده جامد کل، تاثیری بر روی pH و اسیدیته قابل تیتراسیون در ماست بدون چربی مورد آزمایش نداشت. عدم تغییر اسیدیته نشان دهنده عدم تاثیر تشدید یا تضعیف فعالیت میکروب های مایه کشت توسط مالتودکستروزین بوده است. درصد مواد جامد کل نمونه ماست متناسب با افزایش غلظت مالتودکستروزین، افزایش یافته است. با افزایش غلظت مالتودکستروزین از ۰ تا ۳٪، میزان آب اندازی و پیوستگی نمونه های ماست کاهش و سفتی آن ها افزایش یافت ولی تاثیری بر چسبندگی و صمغیت نمونه ها به جا

نگذاشت. ماست فاقد چربی حاوی ۳٪ مالتودکستروزین ریزساختار متراکم تر و یکنواخت تری نسبت به بقیه نمونه ها داشت. نمونه های ماست بدون چربی حاوی ۰ تا ۳٪ مالتودکستروزین از لحاظ رنگ تفاوت معنی داری باهم نداشتند. با توجه به نتایج حاصل از آزمون های فیزیکی شیمیایی و ریزساختاری نمونه های ماست در این پژوهش، استفاده از مالتودکستروزین (DE=۱۰) در سطح ۳٪، به عنوان جایگزین چربی در فرمولاسیون ماست بدون چربی می تواند سبب بهبود برخی خواص فیزیکی شیمیایی و ریزساختاری ماست بدون چربی گردد.

منابع مورد استفاده

- Achanta K, Aryana K A and Boeneke CA, 2006. Fat free plain set yogurts fortified with various minerals. Food Science and Technology, 40: 424-429.
- Amaya-Liano, S.L. Martinez-Alegria A.L., Zazueta-Morales J.J., Martinez-Bustos F. (2008). Acid thinned Jicama and maize starches as fat substitute in stirred yogurt. Food Science and Technology, 41: 1274-1281.
- Association of Official Analytical Chemists, 1997. Official Methods of Analysis. 16th ed., 3rd rev. AOAC, Arlington, VA.
- Aziznia S, Khosrowshahi A, Madadlou A and 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: 2545-2552.
- Barrantes F, 1996. The manufacture of set style natural yogurt containing different oils. 2 Rheological properties and microstructure. International Dairy Journal, 61: 827-837.
- Benezech T and Maingonnat J F, 1994. Characterization of the rheological properties of yoghurt – a review. Journal of Food Engineering, 21: 447-472.
- Chronakis I S, 1998. On the molecular characteristics, compositional properties, and structural-functional mechanisms of maltodextrins: A Review. Critical Review in Food Science, 38: 599-673.
- Chrystel Loret WJ F, 2008. Influence of preparation conditions of maltodextrin gel on food texture. 3rd International Symposium on Food Rheology and Structure.

- Domagala J, Sady M, Grega T and Bonczar G, 2006. Rheological properties and texture of yoghurts when oat-maltodextrin is used as fat substitute. *International Journal of Food Properties*, 9: 1–11.
- Eliasson A C, 2004. *Starch in food structure: Function and applications*. Woodhead Publishing Press, Abington.
- Fetahagic S, 2004. Influence of selected factors on the viscosity of set style yogurt and acid casein gel at constant speed of spindle rotation. *Journal of Agricultural Sciences*, 49: 233-250.
- Fizman S M, Liuch M A and Salvador A, 2005. Effect of addition of gelatin on microstructure of acidic milk gels and yogurt and on their rheological properties. *International Dairy Journal*, 9: 895-901.
- Gunasekaran S, Ak MM, 2003. *Cheese rheology and texture*, CRC Press, Boca Rton.
- Guyen M, Yasar K, Karaca O B and Hayaloglu AA, 2005. The effect of inulin as a fat replacer on the quality of set-type low-fat yogurt manufacture. *International Journal of Dairy Technology*, 58:180-184.
- Harte F, Luedeck L, Swanson B and Barbosa-Canovas GV, 2003. Low fat set yogurt make from milk subjected to combination of high hydrostatic pressure and thermal processing. *Journal of Dairy Science*, 86:1074-1082.
- Hess SJ, Roberts RF and Ziegler GR, 1997. Rheological properties of non-fat yogurt stabilized using *Lactobacillus bulgaricus*. *delbrueki* SPP. Producing exopolysaccharide or using commercial stabilizer system. *Journal of Dairy Science*, 80: 252-263.
- Kumar P and Mishra HN , 2004. Storage stability of mango soy fortified yoghurt powder in two different packaging materials: HDPP and ALP. *Journal of Food Engineering*, 65: 569–576.
- Kalab M, 2011. *Yogurt: Electron Microscopy*.
http://www.magma.ca/~pavel/science/Yogurt.htm#new_tag. Accessed on 10 April, 2011.
- Lucey A J, 2004. Culture dairy products: An overview of their gelation and texture properties. *International Journal of Dairy Technology*, 57: 34–40.
- Mistry VV and Hassan HN, 1992. Manufacture of non-fat yogurt from a high milk protein powder. *Journal of Dairy Science* 75: 947-957.
- Modler H W and Kalab M, 1983. Microstructure of yogurt stabilized with milk proteins. *Journal of Dairy Science*, 66:430-437.
- Puvanenthiran A, Williams R P W and Augustin M A, 2002. Structure and visco-elastic properties of set yogurt with altered casein to whey protein ratios. *International Dairy Journal*, 12: 383–391.
- Ramchandran L, 2009. *Physico-chemical and therapeutic properties of low fat yogurt as influence by fat replacers, exopolysaccharides and probiotics*, A PhD thesis. School of Biomedical and Health Sciences Faculty of Health, Engineering and Science Victoria University, Werribee Campus, VIC, Australia.
- Sandoval-Castilla O, C Lobato-Calleros, F Aguirre-Mandujano and E. J. Vernon-Carter, 2004. Microstructure and texture of yogurt as influenced by fat replacers. *International Dairy journal* 14: 151-159.
- Sahan N, Yasar K and Hayaloglu AA, 2008. Physical, chemical and flavor quality of non-fat yogurt as affected by β -glucan hydrocolloidal composite during storage. *Food Hydrocolloids*, 22:1291-1297.
- Schmidt K A, Herald TJ and Khatib K A, 2000. Modified wheat starch used as stabilizers in set-style yogurt. *Journal of Food Quality*, 24, 421-434.
- Sibel R and Sylvia AJ, 1996. *Handbook of fat replacers*. CRC Press, Boca Raton.
- Sodini I, Remeuf F and Haddad S, 2005. Physical properties and microstructural of yogurts supplemented with milk protein hydrolysate. *International Dairy Journal*, 15: 29-35.
- Tamime A Y and Robinson R K, 1999. *Yogurt: science and technology* (2nd ed.). CRC Press, Boca Raton.
- Tamime A Y, 1996. The effect of starch based fat substitute on the microstructure of set-style yogurt made from reconstitute skimmed milk powder. *Journal of the Society of Dairy Technology*, 49:1-10.
- Unal B, Metin S and Isikli ND, 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 yoghurt. *International Dairy Journal*, 13: 909-916.