بررسی اثر افزودن فیبر حاصل از ضایعات چغندر قند بر خصوصیات رئولوژیکی، فیزیکوشیمیایی و قابلیت زنده مانی باکتری لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس در ماست منجمد پروبیوتیک

الهام مهدیان[1*]، الناز میلانی[2]، رضا کاراژیان[2]، سمیه حلاجان[3]

1- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قوچان، گروه علوم و صنایع غذایی، قوچان ، ایران
2- پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی جهاد دانشگاهی خراسان رضوی، مشهد، ایران
3- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قوچان، گروه علوم و صنایع غذایی، قوچان ، ایران

تاریخ دریافت:1391/11/18 تاریخ پذیرش: 1392/10/5

چکیده

فیبر رژیمی یکی از انواع ترکیبات پری بیوتیک است که می تواند منجر به بهبود قابلیت زنده مانی میکروارگانیسم های پروبیوتیک در فراورده های غذایی طی مدت انبارمانی و ایجاد اثرات سلامتی بخشی شود. در این تحقیق تأثیر افزودن فیبر حاصل از ضایعات چغندر قنددر مقادیر0، 0/7، 1/5و 2 درصد بر خصوصیات رئولوژیکی و فیزیکوشیمیایی و همچنین قابلیت زنده مانی باکتری لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس در مدت 60 روز در دمای 18°C- در ماست منجمد مورد بررسی قرار گرفت. استفاده از فیبر چغندر و افزایش مقدار آن منجر به افزایش ضریب قوام و ویسکوزیته ظاهری و کاهش شاخص رفتار جریان نمونه ها گردید. به نحوی که بیشترین مقدار ضریب قوام (103/9Pa.sn) و ویسکوزیته ظاهری (1/44Pa.s) و کمترین شاخص رفتار جریان (0/5) برای نمونه حاوی 2 درصد فیبر چغندر به دست آمد. مقادیر pH و اسیدیته برای نمونه های حاوی فیبر چغندر به ترتیب در دامنه 5/36-5/44 و 0/74-0/71% به دست آمد که اختلاف معناداری در مقادیر این دو ویژگی با نمونه شاهد (5/53 و 0/55%) وجود داشت. مقاومت به ذوب نمونه ها با افزایش مقدار فیبر چغندر افزایش یافته و بالاترین مقدار مقاومت به ذوب برای نمونه حاوی 2 درصد فیبر چغندر به دست آمد (92/9% در مقایسه با 20/85 برای نمونه شاهد). بر اساس نتایج به دست آمده از شمارش باکتری در طول زمان نگهداری افزایش درصد فیبر در ترکیب ماست منجمد اثر مشخصی بر میزان کاهش سلول ها در اثر فرایند انجماد نداشته اما تعداد سلول های زنده در پایان دوره نگهداری در نمونه های حاوی مقادیر بالاتر فیبر بیشتر بود (7/90-8/02 log CFU/g).

واژه های کلیدی: ماست منجمد،پروبیوتیک، پری بیوتیک، فیبر رژیمی، فیبر تفاله چغندرقند

* مسوول مکاتبات: elhammahdian@iauq.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

1- مقدمه

در سالهای اخیر تمایل روزافزونی به استفاده از میکروارگانیسم‌های پروبیوتیک به عنوان عوامل سلامتی بخش در فرآورده‌های لبنی مشاهده می‌شود. در بین این فرآورده‌ها، بستنی‌ها یا دسرهای تخمیری منجمد پروبیوتیک نیز محبوبیت دارند. فدراسیون بین المللی لبنیات ایجاد اثرات مفید سلامتی بخش توسط پروبیوتیک‌ها را منوط به زنده‌مانی آن‌ها به تعداد بالاتر 10^6 CFU/g تا 10^7 در محصول در زمان مصرف و در طول عبور از دستگاه گوارش می‌داند (IDF، 1992).

استفاده از ترکیبات تقویت کننده رشد پروبیوتیک‌ها منجر به تحریک و رشد و فعالیت این باکتری‌ها در دستگاه گوارش و خصوصاً روده می‌شود.این اجزاء غالباً ترکیب کربوهیدراتی داشته و تحت عنوان پری‌بیوتیک می‌باشند. از جمله این ترکیبات، می‌توان به فیبرهای رژیمی اشاره کرد که سبب افزایش زنده‌مانی پروبیوتیک‌ها می‌شوند و به عنوان یک محصول فراویژه در صنایع غذایی می تواند مفید باشد (36).

یکی از منابع فیبری، فیبر چغندرقند است که از تفاله (پالپ) چغندرقند به دست می آید .آنچه پس از استخراج قند از خلال چغندرقند باقی می ماند تفاله نامیده می شود .که به عنوان یک ماده پس ماند در صنعت قند می باشد. معمولا از 100 تن خلال چغندرقند 6 تا 10 تن تفاله خشک با درصدهای قند متفاوت به دست می آید. ظرفیت نگهداری آب فیبر چغندر قند بالا بوده و می‌توان از آن به عنوان ماده پرکننده در صنایع غذایی استفاده نمود. همچنین میزان اسید فیتیک در تفاله چغندر اندک بوده و میزان مصرف آن اختلالی در جذب آهن ایجاد نمی‌کند (23).

ماست منجمد یا بستنی ماستی[1] به عنوان دسر لبنی منجمد مورد پسند مصرف کنندگان قرار گرفته است که به دلیل وجود حالات مطلوب ماست و بستنی در کنار یکدیگر می باشد. ماست کم کالری و سلامتی‌زا بوده و بستنی نیز یک دسر مقوی می‌باشد. در مقایسه با بستنی طعم اسیدی دارد که به حضور اسید لاکتیک مربوط می‌شود. افزون بر آن ماست منجمد یکی از بهترین محصولات تامین کننده آنزیم بتاگالاکتوزیداز برای افرادی است که دچار بیماری عدم تحمل لاکتوز می‌باشند (26).

آکالین و ایرایزر (2008) اثر اینولین و الیگوفروکتوز رابه عنوان مکمل برروی خواص رئولوژیکی و قابلیت زنده‌مانی باکتری های پروبیوتیک لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس و بیفیدوباکتریوم در بستنی کم چرب در°C 18- برای 90 روز مورد ارزیابی قرار دادند. اگرچه تعداد زنده هر دو باکتری طی دوره نگهداری کاهش یافت، در پایان انبارمانی فقط در بستنی حاوی الیگوفروکتوز تعداد بیفیدوباکتریوم در سطح بالاتر از 10^6 CFU/g به دست آمد (7).

آکین و همکاران(2007)، اثر افزودن اینولین در سطوح 1و2 % به مخلوط بستنی پروبیوتیک را بر زنده مانی پروبیوتیک ها و کشت سنتی ماست و همچنین خصوصیات فیزیکی محصول بررسی کردند. باکتری استرپتوکوکوس ترموفیلوس با تعداد بیش از 10^7 CFU/g بالاترین تعداد را بعد از 90 روز نگهداری در°C 18- داشت. همچنین تعداد لاکتوباسیلوس اسیدو فیلوس و بیفیدو باکتریوم لاکتیس در نمونه شاهد در پایان دوره ماندگاری به 10^5 CFU/g کاهش پیدا کرد در حالی که در نمونه های غنی شده با اینولین این تعداد 10^6 CFU/g بود. نتیجه این که افزودن اینولین باعث تقویت رشد دو باکتری پروبیوتیک گردید (8).

عبقری و همکاران(2011)، به ارزیابی بقای لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس در بستنی غیرتخمیری پرداختند. به این منظور، باکتری موردنظر با هدف دستیابی به جمعیت اولیه بیش از 10^8 CFU/g به مخلوط بستنی اضافه شد و بقای آن طی 12 هفته نگهداری دردمای°C 19- ، مورد بررسی قرار گرفت .همچنین، اثر افزودن باکتری مذکور بر تعدادی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی فرآورده مورد مطالعه قرار گرفت. با توجه به بقای مناسب باکتری لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس، استفاده از فرآورده موردنظر به عنوان حامل این باکتری و ارائه آن به مصرف کننده توصیه می شود (5).

هدف از این تحقیق بررسی اثر پری بیوتیکی فیبر حاصل از تفاله چغندرقند بر باکتری پروبیوتیک لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس در ماست منجمد و ارزیابی خصوصیات رئولوژیکی و فیزیکوشیمیایی آن بود.

2- مواد و روش ها

2-1- مواد

مواد مورد استفاده در ترکیب ماست منجمد شامل: شیر پاستوریزه 2/5 درصد چربی و 8 درصد ماده جامد بدون چربی (شرکت پگاه خراسان)،خامه 30 درصد چربی (شرکت پگاه خراسان)، کشت

[1] Frozen Yoghurt or Yoghurt Ice cream

Archive of SID

www.SID.ir

آغازگر ماست نوع DVS شامل استرپتوکوکوس سالیواریوس زیرگونه ترموفیلوس و لاکتوباسیلوس دلبروکی زیرگونه بولگاریکوس با کد تجاری BY 1/63 (شرکت Lactina، دانمارک)، ، سوش خالص لیوفیلیزه باکتری پروبیوتیک LA5 *Lactobacillus acidophilus* (شرکت کریستین هانس، دانمارک)، پودر شیر پس چرخ (شرکت گلشاد مشهد)، ترکیب پایدارکننده /امولسیفایر (Stab-6924، شرکت بهین گارد)، فیبرچغندر (کارخانه قند شیروان)، شکر و وانیلین (تهیه شده از فروشگاههای محلی) بودند.

2-2- فعال سازی سلول های لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس

جهت تعیین زمان رسیدن سلول های لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس به حداکثر تعداد در منحنی رشد، چند عدد از گرانول های کشت خالص LA-5 لیوفیلیزه، به 100ml محیط کشت استریل MRS براث در دمای $37^{o}C$ اضافه شده و به مدت 12 ساعت در داخل اینکوباتور در دمای $37^{o}C$ گرمخانه گذاری شد. در فواصل زمانی 2 ساعته، مقدار کدورت سلولی محیط توسط اسپکتروفتومتر در طول موج 525nm اندازه گیری شده و همچنین تعداد سلول های زنده بعد از رقیق سازی محیط در محلول استریل پپتون واتر 0/1درصد وزنی/ وزنی با کشت عمقی در محیط MRS آگار و گرمخانه گذاری پلیت ها به مدت 72 ساعت و در دمای $37^{o}C$ به صورت هوازی معین گردید. براساس نتایج به دست آمده از اندازه گیری کدورت سلولی و شمارش تعداد سلول های زنده در فواصل زمانی 2 ساعته، مشخص شد که تعداد سلول های لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس بعد از گذشت 8-6 ساعت به حداکثر رسیده و بعد از آن ثابت باقی می ماند. براین اساس زمان فعال سازی این باکتری جهت تکثیرآن برای استفاده در ترکیب ماست منجمد 8-6 ساعت بود (3).

به دست آوردن توده سلولی باغلظت بالای حدود 10^{9} cfu/g بعد از تعیین زمان فعال‌سازی و انجام پاساژهای متعدد انجام شد. روش عمل به این ترتیب بود که ابتدا چند عدد از گرانول‌های کشت خالص لیوفیلیزه LA5 به 25ml محیط کشت استریل MRS براث تلقیح شده ودر دمای$37\ ^{\circ}C$ گرمخانه‌گذاری شد. بعد از گذشت4 ساعت، زمانی که سلول‌ها شروع به رشد و تکثیر نمودند، محیط حاوی سلول ها به 75ml محیط کشت تازه انتقال یافته و به مدت 8 ساعت در دمای $37\ ^{\circ}C$ گرمخانه‌گذاری شد. در مرحله بعد کل محیط به 200ml محیط کشت تازه دیگر انتقال یافته ومجدداً به مدت 8 ساعت در دمای $37^{\circ}C$ گرمخانه‌گذاری شد. به این ترتیب در نهایت 300ml محیط کشت حاوی سلول‌های زنده به دست آمد که رقیق‌سازی و کشت آن در محیط کشت MRS آگار مؤید این مطلب بود که هر میلی لیتر محیط حاوی 10^{9}-10^{10} عدد سلول زنده می‌باشد. برای به دست آوردن توده سلولی، کل محیط داخل لوله‌های سانتریفوژ تقسیم و در دمای $4^{\circ}C$ بادور 4500g به مدت 5 دقیقه سانتریفوژ شد. بعد از خارج ساختن محیط اضافی، توده سلولی با استفاده از محلول استریل پپتون واتر 0/1 درصد وزنی/وزنی، دوبار در شرایط گفته شده شستشو ودر نهایت توده سلولی با افزودن 2-3ml محلول پپتون واتر 0/1% به همه لوله ها و با کمک دستگاه شیکر لوله به صورت سوسپانسیون درآمده و سوسپانسیون سلولی به مخلوط ماست منجمد پس از طی دوره رساندن اضافه شد (20).

2-3-تهیه فیبر چغندر قند

در تهیه فیبر چغندر قند از پالپ چغندر قند (باقیمانده چغندر پس از استخراج قند آن) استفاده شد. پالپ پس از جمع آوری و تا زمان مصرف در فریزر نگهداری شد. در زمان مصرف پس از انجماد زدایی پالپ به روش دستی تمیز شد تا قسمت های تیره رنگ چغندر حذف شود.سپس در مخلوط کن با اتیل الکل96% هموژن گردید تا عصاره حاصل از صاف کردن کاملا بیرنگ گردد.سپس آن را در آون با دمای$50^{\circ}C$ به مدت 12 ساعت قرار داده شد تا رطوبت آن به 11-9% رسید. تفاله خشک شده آسیاب گردید و در آخرین مرحله با الک مشμm 300-250 الک گردید (31).

2-4- تهیه ماست منجمد

ماست منجمد به روش کاملا مشابه بستنی تهیه می شود و به استثنا ماست، بقیه اجزای سازنده آن با هم مشابه هستند. اجزای مورد نیاز برای تهیه ماست منجمد بر اساس روش جبری محاسبه شدند، به طوریکه مخلوط نهایی حاوی10 درصد چربی، 12 درصد ماده جامد بدون چربی، 18 درصد شکر، 0/4 درصد پایدارکننده و فیبر چغندر در 4 سطح 0، 0/7 ، 1/5 و 2 درصد بود. 70 درصد از کل شیر محاسبه شده در دمای $43\text{-}45^{o}C$ با کشت آغازگر ماست تلقیح شده و تا رسیدن به pH=4/4-4/6 گرمخانه گذاری گردید.

Archive of SID

www.SID.ir

به30 درصد از شیر باقی مانده در دمای $25^{\circ}C$ خامه اضافه شده و پس از مخلوط کردن دمای آن رابه °C 50-45 رسانده و در این دما کل مواد جامد فرمول (پودر شکر، شیرخشک، پایدارکننده، فیبر) اضافه و مخلوط گردید. سپس مخلوط در دمای °C 85 به مدت 5 دقیقه به طور غیر مستقیم در آب جوش پاستوریزه شده وسریع با استفاده از مخلوط یخ و نمک تا دمای°C 20-15 سرد شده و در این دما با جزء ماست که پس از خروج از گرمخانه با استفاده از مخلوط یخ و نمک تا دمای °C 20-15 خنک شده بود مخلوط گردید. مخلوط نمونه ها سپس برای طی دوره رساندن به مدت 24 ساعت در یخچال در دمای 4°C قرار داده شدند (16).

بعد از طی دوره رساندن، توده سلولی باکتریایی لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس به مخلوط اضافه شد. سپس مقدار مورد نیاز از مخلوط جهت انجام آزمون های ویسکومتری و شمارش باکتری قبل از انجماد کنار گذاشته شده و بقیه در دستگاه بستنی ساز نوع غیر مداوم به مدت 20 دقیقه در دمای 18°C- منجمد شد. نمونه ها در ظروف 50 گرمی بسته بندی شده و به مدت 24 ساعت در فریزر برای طی دوره سخت شدن قرار گرفتند.

2-5- آزمون های مورد بررسی

2-5-1- آزمون های رئولوژیکی

به منظور اندازه گیری‌های رئولوژیکی از ویسکومتر BROOKFIELD spindle SC4-31 RV مدل DV III ULTRA در دمای5°C و دامنه درجه برش $3/4\text{-}85s^{-1}$ استفاده شد. ویسکوزیته ظاهری در درجه برش $51s^{-1}$ به عنوان ویسکوزیته مؤثر دهانی گزارش شد (29).

2-5-2- آزمون های فیزیکوشیمیایی

مقادیر pH نمونه‌های بستنی ماستی با pH متر Metrohm (ساخت کشور سویس) و اسیدیته نمونه‌ها به روش تیتراسیون و مطابق با استاندارد ملی ایران شماره 2852 اندازه‌گیری شد(2).

ضریب افزایش حجم از طریق توزین حجم مشخصی از بستنی قبل و بعد از انجماد و محاسبه درصد اختلاف آنها محاسبه گردید (26).

برای تعیین درصد مقاومت به ذوب مقدار 30 گرم از نمونه بستنی بعد از انجماد در یک قیف بوخنر ریخته وروی دهانه یک ارلن مایر 500 میلی لیتری قرار داده شد. ارلن و نمونه را به مدت 15 دقیقه در دمای $25^{\circ}C$ قرار داده و بعد ازاین مدت وزن بستنی ذوب شده اندازه گیری شد ودرصد مقاومت به ذوب از رابطه زیر حساب شد(26).

$$\text{درصد مقاومت به ذوب} = \frac{\text{وزن نمونه بستنی}-\text{وزن نمونه ذوب شده}}{\text{وزن نمونه بستنی}} \times 100$$

2-5-3- شمارش سلول های لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس

با توجه به حضور همزمان لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس و باکتریهای آغازگر ماست شامل لاکتوباسیلوس بولگاریکوس و استرپتوکوکوس ترموفیلوس در نمونه‌های بستنی ماستی، به منظور شمارش تفکیکی این باکتری‌ها از محیط کشت اختصاصی MRS-Bile Agar در این تحقیق استفاده شد. دو باکتری آغازگر ماست در حضور غلظت 0/1 درصد نمک‌های صفراوی در این محیط قادر به رشد نبوده در صورتیکه مشخص شده که لاکتوباسیلوس اسبدوفیلوس قادر به تحمل این غلظت صفرا و رشد در این محیط می‌باشد (39).

10 گرم از نمونه ماست منجمد را به 90 میلی لیتر پپتون واتر استریل اضافه نموده و پس از رقیق سازی به صورت عمقی در محیط MRS-Bile Agar کشت داده شد. پلیت ها سپس در دمای °C 37 به مدت 72 ساعت گرمخانه‌گذاری شده و تعداد سلول‌های زنده بعد از طی زمان گرمخانه‌گذاری به صورت تعداد زنده (CFU) در هر گرم بستنی ماستی با استفاده از پرگنه‌نما تعیین گردید. جمعیت سلول‌های لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس در نمونه قبل و بعد از انجماد و پس از 7، 15، 30 و 60 روز نگهداری در دمای°C 18- جهت ارزیابی اثر انجماد و نگهداری به صورت منجمد بر روی قابلیت زنده‌مانی این باکتری شمارش و با یکدیگر مقایسه شدند (20).

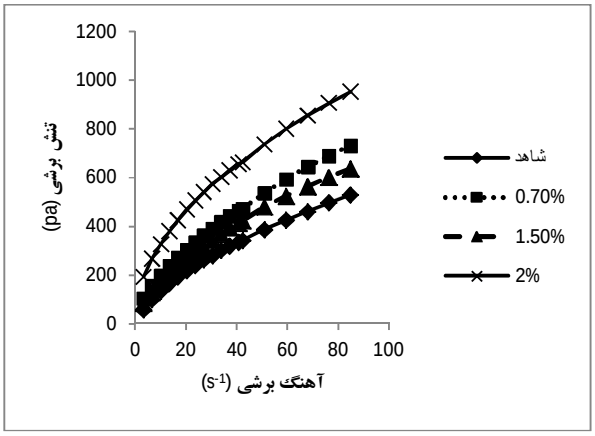
3- نتایج و بحث

3-1- بررسی رفتار جریان نمونه های ماست منجمد

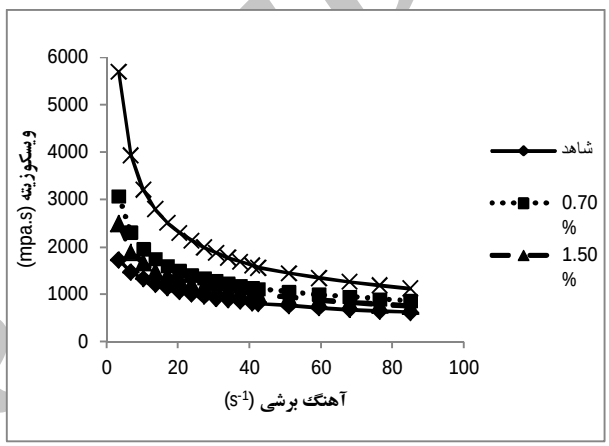
روند تغییرات تنش برشی و ویسکوزیته در مقابل آهنگ برشی در مخلوط ماست منجمد حاوی مقادیر مختلف فیبر چغندر به ترتیب در شکل های 1 و 2 نشان داده شده است.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل1- تغییرات تنش برشی نسبت به آهنگ برشی در مخلوط ماست منجمد حاوی مقادیر مختلف فیبر چغندر



شکل 2- تغییرات ویسکوزیته ظاهری نسبت به آهنگ برشی در مخلوط ماست منجمد حاوی مقادیر مختلف فیبر چغندر

در آزمایش های اولیه جهت تعیین نوع سیالات، ویسکوزیته مخلوط نمونه ها در یک آهنگ برشی خاص با زمان ثابت بوده و منحنی های افزایش سرعت برشی و کاهش سرعت برشی بر هم منطبق بودند. این نتایج مشخص کننده رفتار مستقل از زمان و غیر نیوتنی برای مخلوط همه نمونه ها بود. رفتار غیر نیوتنی مخلوط های بستنی پیش از این توسط گف و دیویدسون (1992) گزارش شده بود (14).

روند تغییرات ویسکوزیته ظاهری و تنش برشی در برابر آهنگ برشی بیانگر رفتار شبه پلاستیک اکثر مخلوط ها بود، یعنی ویسکوزیته ظاهری با افزایش آهنگ برشی کاهش یافت (شکل های1 و 2). بروز چنین رفتاری به این دلیل است که مولکولها در آهنگ های برشی پایین به صورت نامنظم آرایش پیدا می کنند و تنها به صورت جزئی هم راستا می باشند که این به ایجاد ویسکوزیته بالا منجر می شود. هنگامی که آهنگ برشی افزایش می یابد هم راستایی مولکولها بیشتر می شود و در نتیجه اصطکاک داخلی افزایش یافته و ویسکوزیته ظاهری کاهش می یابد(13 و 33). کاهش در ویسکوزیته ظاهری با افزایش سرعت برش توسط رضایی و همکاران (2011) برای ماست منجمد گزارش شده است (32).

مقایسه نمودار تنش برشی در مقابل آهنگ برشی برای نمونه‌های حاوی مقادیر مختلف فیبر چغندر نشان می‌دهد که با افزایش درصد فیبر، شیب منحنی تغییرات تنش برش نسبت به آهنگ برشی افزایش می‌یابد، به این معنی که در یک آهنگ برشی معین، تنش برشی به کار رفته در مورد نمونه با درصد فیبر بالاتر، بیشتر است. در مورد تغییرات ویسکوزیته ظاهری در مقابل آهنگ برشی نیز روند مشابهی مشاهده می شود. به طوری که ویسکوزیته اولیه در نمونه‌های حاوی درصد بالاتر فیبر، بیشتر بوده و روند کاهش ویسکوزیته با افزایش درجه برش نیز در مورد این نمونه‌ها با سرعت بیشتری صورت می‌پذیرد.

در این پژوهش، مدل قانون توان برای تشریح رفتارهای رئولوژیک انتخاب شد:

$$\tau=k\gamma^n$$

در رابطه فوق τ تنش برش (بر حسب Pa)، γ درجه برش (بر حسب s^{-1}) و k ضریب قوام (برحسب $Pa.s^n$) و n شاخص رفتار جریان می‌باشد.

جدول 1- ضریب قوام، شاخص رفتار جریان و ضریب همبستگی برای مدل برازش شده (مدل قانون توان) در مورد نمونه های ماست منجمد حاوی سطوح مختلف فیبر چغندرقند

r^2	n	K	
0/997	0/67a	27/96c	شاهد
0/999	0/63a	43/18b	%0/7
0/999	0/57b	90/46a	%1/5
0/999	0/50c	103/9a	%2

Archive of SID

www.SID.ir

مقادیر ضریب قوام، شاخص رفتار جریان وضریب همبستگی (r^2) برای مدل برازش شده در مورد هر کدام از نمونه ها در جداول1 آورده شده است.

شاخص رفتار جریان در همه نمونه ها کمتر از 1 بود که مؤید رفتار رقیق شونده با برش (شبه پلاستیک) مخلوط هاست (n=1 سیال نیوتنی، n<1 سیال سودوپلاستیک، n>1 سیال دایلاتانت). در مطالعات پیشین به طبیعت شبه پلاستیک مخلوط های بستنی اشاره شده بود(12، 15 و 22).

3-1-1- ضریب قوام

کمترین مقدار ضریب قوام برای نمونه شاهد به دست آمد (جدول 1). همچنین با افزایش درصد فیبر در نمونه های حاوی فیبر چغندر ضریب قوام، به طور معنی داری افزایش می یابد ($p<0/05$). در نمونه های حاوی سطوح مختلف فیبر چغندر (0، 0/7، 1/5 و 2 درصد) یک افزایش ناگهانی در ضریب قوام (از 27/96 به 103/90) مشاهده شد و به این ترتیب بالاترین مقدار ضریب قوام برای نمونه های حاوی بالاترین میزان فیبر به دست آمد.

ضریب قوام ملاکی برای اندازه گیری بافت مواد غذایی نیمه جامد است(37). ایمی و همکاران (2001) ضریب قوام 0/0733 تا 1/260 $pa.s^n$ را برای مخلوط های بستنی گزارش کردند (6). همچنین در تحقیقات میوس و هارتل (2004) و مینهاس و همکاران (2002) مقادیر ضریب قوام مخلوط های بستنی به ترتیب 0/0733-1/260$pa.s^n$ و 0/145-0/211 $pa.s^n$ به دست آمد (28 و 30).

3-1-2- شاخص رفتار جریان

حضور فیبر چغندر در ترکیب ماست منجمد و افزایش مقدار آن از 0/7 به 2 درصد منجر به کاهش معنادار شاخص رفتار جریان نمونه ها گردید (جدول 1). بیشترین مقدار n (0/67) مربوط به نمونه شاهد بوده و کمترین مقدار (0/5) آن برای نمونه حاوی 2 درصد فیبر چغندر به دست آمد.

گف و دیویدسون (1994)، شاخص رفتار جریان مخلوطهای بستنی را حدود 0/7 گزارش کردند (15). بر طبق نظر چینان و همکاران (1985) با کاهش مقدار n، سودوپلاستیسیته افزایش می یابد(11). همچنین مارکوت و همکاران (2001)، مقدار شاخص رفتار جریان و تغییر آن با غلظت را تابعی از اندازه مولکولی می دانند(25).

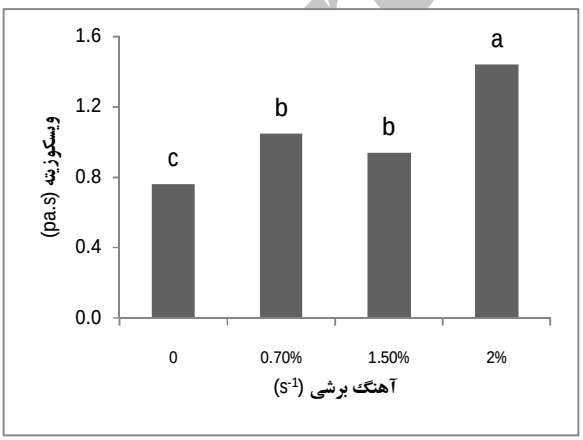
سوکولیس و همکاران (2009) در مطالعه اثر فیبرهای رژیمی بر خصوصیات رئولوژیک بستنی به این نتیجه رسیدند که حضور فیبر در ترکیبات نامحلول به طور معناداری ویسکوزیته و رفتار رقیق شونده با برش را در بستنی افزایش داده که علت آن افزایش ماده جامد کل و تشکیل شبکه ای از سلولز وهمی سلولز هیدراته بود (38).

به این ترتیب بر اساس نتیجه به دست آمده در مورد مقدار شاخص جریان در نمونه های حاوی فیبر و مقایسه آن با مقدار مذکور در نمونه شاهد می توان چنین برداشت نمود که استفاده از فیبر چغندر در فرمولاسیون ماست منجمد به دلیل حضور مقادیر بالای ترکیبات فیبری میزان سودوپلاستیسیته (یا رفتار شل شوندگی با برش) آن را افزایش داده که این مطلب از نمودار تغییرات تنش برشی نسبت به درجه برش (شکل 1) نیز قابل درک است.

3-1-3- ویسکوزیته ظاهری

ویسکوزیته ظاهری مخلوط ماست منجمد حاوی مقادیر مختلف فیبر چغندر در شکل 3 مورد مقایسه قرار گرفته است.

مشاهده می شود که ویسکوزیته ظاهری نمونه های حاوی فیبر به طور معناداری از نمونه شاهد بیشتر بوده و افزایش مقدار فیبر نیز باعث افزایش ویسکوزیته ظاهری نمونه ها گردیده است.



شکل 3- ویسکوزیته ظاهری مخلوط ماست منجمد حاوی مقادیر مختلف فیبر چغندر

Archive of SID

www.SID.ir

بین دو نمونه حاوی 0/7 و 1/5 درصد فیبر تفاوت معناداری در ویسکوزیته وجود نداشته و بالاترین مقدار (1/44pa.s) برای نمونه حاوی 2 درصد فیبر به دست آمد($p<0/05$).

فیبرهای محلول ترکیبات اصلی هستند که می توانند ویسکوزیته را افزایش دهند. عبد الحمید و لون (2000) نشان دادند که سبوس برنج چربی گرفته به دلیل این که حاوی 9 درصد فیبر محلول است ویسکوزیته پایینی ایجاد می‌کند. به طور کلی با افزایش غلظت فیبر ویسکوزیته افزایش می‌یابد و با دما نیز رابطه عکس دارد (4).

3-2- اثر فیبر بر قابلیت زنده مانی باکتری لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس در طول نگهداری

جدول 2 تعداد زنده باکتری لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس در حضور فیبر چغندرقند با درصدهای مختلف (0، 0/7، 1/5 و 2 درصد) را قبل و بعد از انجماد و همچنین در طول 60 روز نگهداری در دمای $18^{o}C$- در نمونه های بستنی ماستی نشان می دهد. همچنین روند کاهش جمعیت سلولی در طول زمان نگهداری در 4 نمونه در شکل 4 مورد مقایسه قرار گرفته است.

با در نظر گرفتن جمعیت باکتریایی مشابه در همه نمونه ها در زمان تولید، مشاهده می شود که با وجود اینکه تعداد سلولهای لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس در همه نمونه ها در پایان دوره نگهداری در حد بالاتر از حداقل لازم برای ایجاد اثرات سلامت بخشی ($10^{6}CFU/g$) می باشد، میزان کاهش سلولها در طول زمان نگهداری برای نمونه شاهد به طور مشخصی از نمونه های حاوی فیبر بیشتر است. بالاترین جمعیت باکتریایی پس از 60 روز نگهداری در دمای ^{o}C 18- ($1/06\times10^{8}$ CFU/g) مربوط به نمونه حاوی 2 درصد فیبر می باشد که این نتیجه مؤید اثر مثبت فیبر چغندر بر قابلیت زنده مانی باکتری لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس در ماست منجمد در طول زمان نگهداری می باشد.

در خصوص اثر فرایند انجماد و نگهداری به صورت منجمد بر کاهش جمعیت سلولهای پروبیوتیک، بر اساس نتایج به دست آمده جمعیت سلولها بعد از انجماد در نمونه شاهد و نمونه های حاوی 0/7، 1/5 و 2 درصد فیبر به ترتیب به اندازه 0/27، 0/17، 0/58 و 0/37 سیکل لگاریتمی کاهش یافته است. بیشترین میزان کاهش مربوط به نمونه حاوی 1/5 درصد فیبر بود که اختلاف معناداری با نمونه حاوی 0/7 درصد و نمونه شاهد داشت ($P<0/05$). به علاوه کاهش جمعیت باکتریایی پس از 60 روز نگهداری در دمای ^{o}C 18- ، در نمونه شاهد (2/25 سیکل لگاریتمی) به طور معناداری بالاتر از نمونه های حاوی فیبر می باشد($P<0/05$). میزان کاهش باکتری در نمونه های حاوی 0/7، 1/5 و 2 درصد به ترتیب 1/13، 1/54 و 1/31 سیکل لگاریتمی می باشد.

کاهش تعداد سلولها در نتیجه فرایند انجماد احتمالاً به دلیل آسیب انجمادی سلولها که در نهایت به مرگ آنها منتهی می شود، می باشد. در عین حال فشارهای مکانیکی ناشی از هم زدن در فرایند انجماد و همچنین الحاق اکسیژن به داخل مخلوط ممکن است باعث کاهش بیشتر در تعداد باکتریها گردد. در عین حال بقای باکتریها در مقابل شرایط نامطلوب مانند سمیت اکسیژن ، انجماد و نگهداری به حالت منجمد بستگی به گونه دارد (18، 19، 20، 21).

عامل دیگری که سبب مرگ سلولها در اثر انجماد می شود تغییرات دمایی در طول دوره نگهداری محصول است. این موضوع پدیده های تبلور مجدد، رشد بلورها و تغییرات pH را به همراه دارد که نتیجه آنها مرگ شیمیایی یا مکانیکی سلولها است(40). بیشترین آسیب انجمادی به سلولها در طول مرحله انجماد و روزهای اول نگهداری به حالت منجمد اتفاق افتاده و سپس سرعت مرگ سلولها کم می شود.

بر اساس نتایج به دست آمده افزودن فیبر چغندر اثری برحفاظت سلول های لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس در برابر انجماد نداشته در حالی که افت باکتری پس از 60 روز نگهداری در دمای ^{o}C 18- در نمونه های حاوی فیبر نسبت به نمونه شاهد پایین تر است.

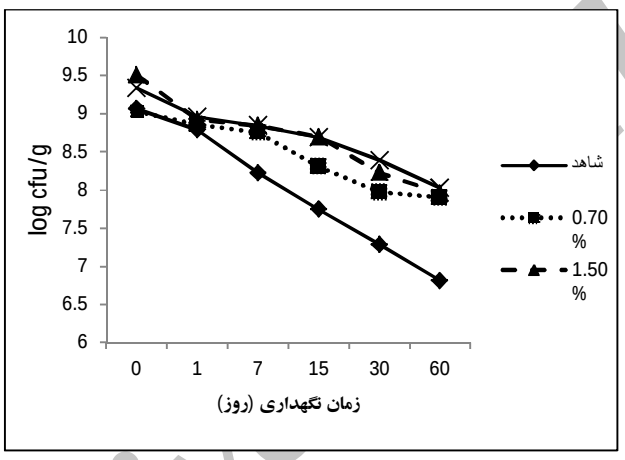
چن و همکاران (2005) پری بیوتیک هایی نظیر فروکتوالیگوساکارید و ایزو مالتوالیگوساکارید، یک تقویت کننده رشد (پپتید) و آلژینات سدیم را به عنوان مواد پوشش دهنده برای میکروانکپسولاسیون پروبیوتیک هایی نظیر لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس و بیفیدوباکتریوم بیفیدوم آزمایش کرده و مشاهده کردند که استفاده از این ترکیبات باعث افزایش بقای باکتریها در حد بالایی می شود (10).

Archive of SID

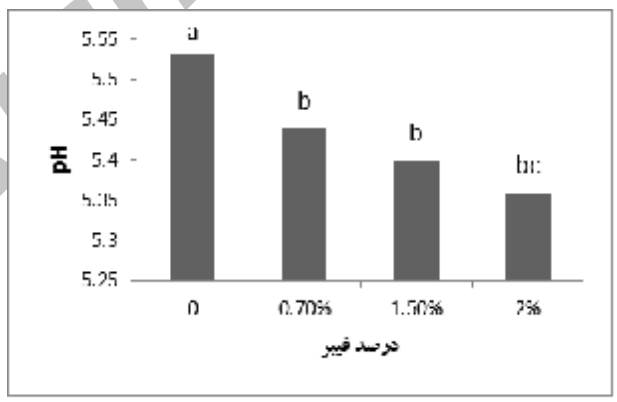
www.SID.ir

جدول 2- نتایج شمارش تعداد لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس (CFU/g) قبل و بعد از انجماد و در طول زمان نگهداری در نمونه‌های ماست منجمد پروبیوتیک حاوی فیبر چغندر

زمان (روز) / نمونه	0	1	7	15	30	60
٪0	$1/16\times10^{9}$	$6/12\times10^{8}$	$1/67\times10^{8}$	$5/60\times10^{7}$	$1/93\times10^{7}$	$6/50\times10^{6}$
٪0/7	$1/8\times10^{9}$	$7/23\times10^{8}$	$5/69\times10^{8}$	$2/03\times10^{8}$	$9/36\times10^{7}$	$7/98\times10^{7}$
٪1/5	$3/21\times10^{9}$	$8/36\times10^{8}$	$6/97\times10^{8}$	$4/98\times10^{8}$	$1/69\times10^{8}$	$9/07\times10^{7}$
٪2	$2/17\times10^{9}$	$9/07\times10^{8}$	$6/95\times10^{8}$	$4/87\times10^{8}$	$2/45\times10^{8}$	$1/06\times10^{8}$



شکل4- تغییرات تعداد سلول های لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس در ماست منجمدحاوی فیبر



شکل 5- pH نمونه های ماست منجمد حاوی مقادیر مختلف فیبر

Archive of SID

www.SID.ir

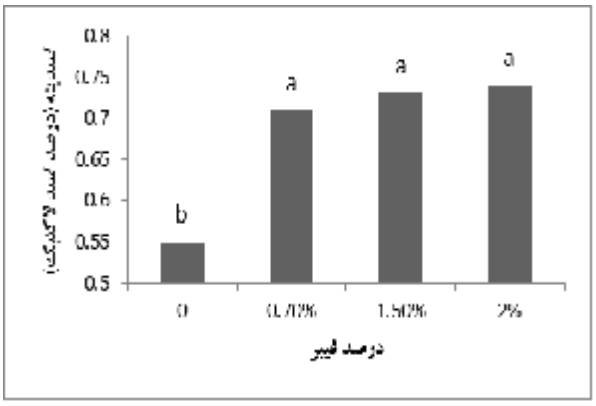
همچنین استفاده از فروکتوالیگوساکارید در سه غلظت 0، 0/4 و 0/8 درصد در ترکیب بستنی ماستی باعث بهبود بقای LA5 در حالت میکروکپسول شده در طی 60 روز نگهداری در حالت منجمد شد (1). اثر مثبت شیر سویا بر بهبود قابلیت زنده مانی لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوسLA5 در ماست منجمد طی دوره ماندگاری توسط مهدیان (2012) گزارش شده است (24).

3-3- اثر فیبر بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی نمونه های ماست منجمد

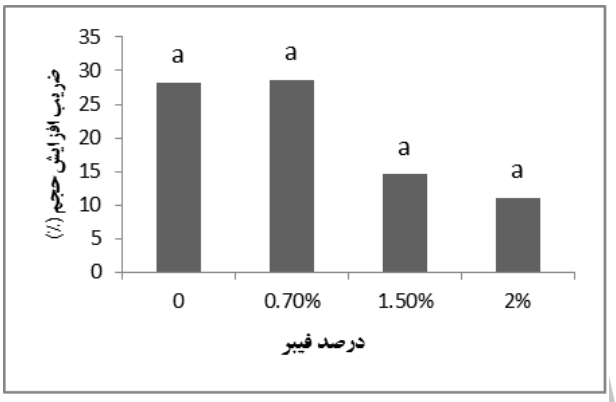
pH و اسیدیته: با توجه به داده های بدست آمده با افزودن فیبر چغندر بر ماست منجمد بین نمونه های بدون فیبر و نمونه های حاوی فیبر تفاوت معنی داری در مقادیر pH و اسیدیته وجود دارد (شکل های 5 و 6)($p<0/05$). با وجود عدم تفاوت معنادار بین نمونه های حاوی فیبر چغندر، بیشترین میزان pH و کمترین مقدار اسیدیته مربوط به نمونه شاهد و کمترین pH و بیشترین اسیدیته مربوط به نمونه حاوی 2% فیبر می باشد.

مقادیر pH به دست آمده برای نمونه های ماست منجمد در این تحقیق در دامنه قابل قبول 6/66-5/3 می باشد پس با توجه به مطالب گفته شده با توجه به pH بهینه مانعی برای رشد باکتری لاکتوباسیلوس اسید وفیلوس وجود ندارد. اشمیت و همکاران (1997) یک محدوده pH از 5/76 تا 6/72 و اسیدیته قابل تیتراسیون (تحت عنوان اسید لاکتیک) در محدوده 0/2 تا 0/4 برای یازده فرآورده ماست منجمد گزارش کردند (35) ضریب افزایش حجم: شکل7 تغییرات ضریب افزایش حجم نمونه های ماست منجمد پروبیوتیک را با درصدهای مختلف فیبر چغندر (0، 0/7، 1/5، 2 درصد) نشان می دهد. نتایج به دست آمده این گونه بیان می کند که اضافه کردن فیبر منجر به کاهش جزئی در ضریب افزایش حجم نمونه ها گردیده اما اختلاف آنها در سطح 95% معنادار نیست ($P> 0/05$).

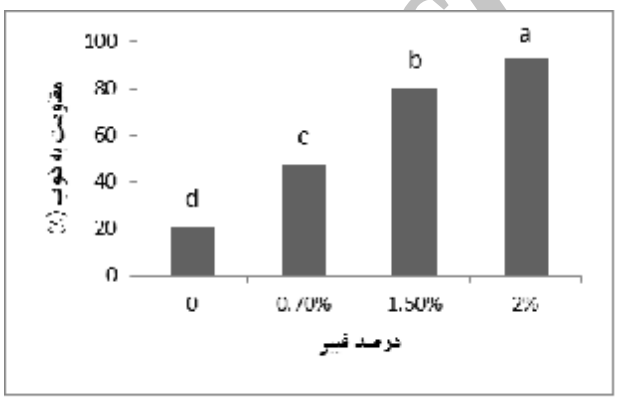
اوروان افزایش حجم ماست منجمد نسبت به حجم مخلوط آن بدلیل ورود هوا به داخل مخلوط می‌باشد و میزان اوروان تحت تاثیر عوامل مختلفی از جمله نوع اجزای مخلوط نظیر میزان چربی، مواد جامد، شیرین کننده‌ها و حضور مواد پایدار کننده می‌باشد(8).



شکل 6- اسیدیته نمونه های ماست منجمد حاوی مقادیر مختلف فیبر



شکل 7- ضریب افزایش حجم نمونه های ماست منجمد حاوی مقادیر مختلف فیبر



شکل 8- مقاومت به ذوب نمونه های ماست منجمد حاوی مقادیر مختلف فیبر

www.SID.ir

مواد فعال سطحی نظیر پروتئین های شیر، بعضی از امولسیفایرها و پایدار کننده ها خصوصیات همزدن را بهبود داده واندازه سلولهای هوا را کاهش می دهند در حالی که چربی و سایر امولسیفایرها اثر منفی روی خواص همزدن دارند .به این دلیل که حجم کف بستگی به غلظت پروتئین دارد .بر خلاف نتیجه به دست آمده فوق اشمیت و همکاران(1993)، گزارش کردند که استفاده از جایگزین های چربی کربوهیدراتی در بستنی کم چرب منجر به کاهش ضریب افزایش حجم نسبت به نمونه های حاوی جایگزین چربی پروتئینی و نمونه شاهد می شود (34).

بیارس (2002) اثر یک نوع جایگزین چربی نشاسته های- لیپیدی را بر خصوصیات رئولوژیک بستنی نرم مورد مطالعه قرار دادند . علی رغم چربی کمتر، مقدار ضریب افزایش حجم بستنی حاوی جایگزین چربی با نمونه شاهد مشابه بوده اما رفتار انجمادی آنها با یکدیگر متفاوت بود (9).

توجه به این نکته ضروری است که ضریب افزایش حجم در بستنی از عوامل مختلفی از جمله نوع تجهیزات مورد استفاده در انجماد مخلوط تأثیر می پذیرد که نوع اجزای مورد استفاده در ترکیب محصول تنها یکی از آن موارد است.

مقاومت به ذوب: شکل 8 اثر نوع و درصد فیبر را بر مقاومت به ذوب نمونه های بستنی ماستی نشان می دهد. با افزایش درصد در هر دو نوع فیبر (0 ، 0/7، 1/5، 2 درصد) مقاومت به ذوب نمونه ها به طور معنی داری افزایش یافته است. به طوریکه بیشترین درصد مقاومت به ذوب مربوط به نمونه های حاوی فیبر بالاتر (2 درصد) و کمترین میزان درصد مقاومت به ذوب مربوط به نمونه های بدون فیبر است.

گزارش شده که ناپایدار شدن چربی بیشترین اثر را در سرعت ذوب بستنی دارد (30). محققان ناپایدار شدن چربی را به ویسکوزیته بالا و نوع اجزاء بستنی نسبت می دهند. همچنین گزارش شده که افزایش ویسکوزیته بستنی باعث افزایش مقاومت به ذوب و بهبود صافی آن می شود (17).

میلانی و کوچکی (2010) گزارش کردند که افزایش ضریب قوام و ویسکوزیته مخلوط بستنی می تواند منجر به بهبود مقاومت به ذوب نمونه ها شود(27). بر این اساس بالاتر بودن میزان مقاومت به ذوب نمونه های حاوی مقادیر بیشتر فیبر را می توان به مقادیر بالاتر ویسکوزیته ظاهری مخلوط این نمونه ها نسبت داد.

4- نتیجه گیری

مخلوط نمونه های ماست منجمد حاوی فیبر تفاله چغندر دارای رفتار رقیق شونده با برش بوده و ویسکوزیته آنها با افزایش آهنگ برشی کاهش یافت. استفاده از فیبر چغندر و افزایش مقدار آن منجر به افزایش ضریب قوام و ویسکوزیته ظاهری و کاهش شاخص رفتار جریان نمونه ها گردید. حضور فیبر چغندر در ترکیب ماست منجمد منجر به بهبود قابلیت زنده مانی سلول های لاکتوباسیلو س اسیدوفیلوس در طول 60 روز نگهداری در دمای^{o}C 18- گردید. استفاده از فیبر چغندر منجر به افزایش اسیدیته و درصد مقاومت به ذوب و کاهش pH و ضریب افزایش حجم نمونه های ماست منجمد گردید. به طور کلی بر اساس نتایج به دست آمده می توان از فیبر حاصل از تفاله چغندر قند به عنوان یک ترکیب پری بیوتیک جهت تقویت رشد باکتری های پروبیوتیک در ترکیب ماست منجمد بدون اثر منفی بر ویژگی های کیفی محصول استفاده نموده و محصولی سلامتی بخش تولید نمود.

5- منابع

1- احمدی ع.، سالارباشی د.، اعلمی م.، و مرتضوی ع. 1390. ارزیابی بقای باکتری ریزپوشانی شده لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس LA-5 در طی دوره نگهداری بستنی ماستی سین بایوتیک. مجموعه مقالات نخستین همایش فراملی بهینه سازی زنجیره تولید، توزیع و مصرف در صنایع غذایی، گرگان.

2- بی نام، استاندارد ملی ایران، شماره 2852.

3- رضایی مکرم ر. 1389. میکروانکپسولاسیون باکتریهای پروبیوتیک. رساله دکتری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

4- Abdul-Hamid, A., and Luan, Y.S. 2000. Functional properties of dietary fibre prepared from defatted rice bran. Food Chemistry, 68:15-19.

5- Abghari A., Sheikh-Zeinoddin M., and Soleimanian-Zad S. 2011. Nonfermented ice cream as a carrier for Lactobacillus acidophilus and Lactobacillus rhamnosus. International Journal of Food Science and Technology, 46: 84–92.

6- Aime, D. B., Arntfield, S. D., Malcolmson, L. J., and Ryland, D. 2001. Textural analysis of fat reduced vanilla ice cream products, Food Research International, 34, 237-246.

7- Akalin, A.S. and Erisir, D. 2008. Effects of inulin and oligofructose on the rheological characteristics and probiotic culture survival in

Archive of SID

www.SID.ir

encapsulated and free Lactobacillus acidophilus and Bifidobacterium lactis in ice-cream. Australian Journal of Dairy Technology, 58(3): 223–227.
22- Kaya, S., and Tekin, A. R. 2001. The effect of salep content on the rheological characteristics of a typical ice cream mix. Journal of Food Engineering, 47, 59-62.
23- Larrauri, J. A. 1999. New approaches in the preparation of high dietary fibre powders from fruits by-products, Trends in food science and Technology, 10: 24-29.
24-Mahdian, E. 2012. Study the viability of Lactobacillus acidophilus in a soy based frozen yoghurt, In Proceeding of 7th International Conference on Food Safety, Dubai, UAE.
25-Marcotte, M., Hoshahili, A. R. T., and Ramaswamy, H. S. 2001. Rheological properties of selected hydrocolloids as a function of concentration and temperature, Food Research International, 34, 695-703.
26- Marshal, R. T., and Arbukel, W. S. 1996. Ice cream, Chapman & Hall Press.
27- Milani, E., and Koocheki, A. 2010. The effects of date syrup and guar gum on physical, rheological and sensory properties of low fat frozen yoghurt dessert. International Journal of Dairy Technology, 63: 1-8.
28- Minhas, K. S., Sidhu, J. S., Mudahar, G. S., and Singh, A. K. 2002. Flow behavior characteristics of ice cream mix made with buffalo milk and various stabilizers, Plant Food for Human Nutrition, 57, 25-40.
29-Morris, E. R. 1983. Rheology of hydrocolloids. In: Gums and stabilizers for the food industry, Vol. II, Pergamon Press Oxford, UK.
30-Muse, M. R., and Hartel, R.W. 2004. Ice cream structural elements that affect melting rate and hardness. Journal of Dairy Science, 87: 1-10.
31-Ozboy, O., Koksel ,H. 2000. Effects of sugar beet fiber on spaghetti quality, Zucker Industrie, 125 (4): 248-250.
32-Rezaei, R., Khomeiri, M., Kashaninejad., Alami, M. 2011. Effects of guar gum and arabic gum on the physicochemical, sensory and flow behavior characteristics of frozen yoghurt. International ournal of Dairy Technology. 64(4): 563-568.
33- Rha, C. 1975.Theories and principles of viscosity. In C. Rha (Ed.), Theory determination and control of physical properties of food materials. Dordreretch, The Netherlands: Reidel.
34-Schmidt, K., Lundy, A., Reynolds, J., and Yee, L. 1993. Carbohydrate or protein based fat mimicker effects on ice milk properties. Journal of Food Science., 58:761–763.
35-Schmidt, K. A., Kim, J., and Jeon, I. J. 1997. Composition of carbohydrates and low-fat probiotic ice cream. Journal of Food Science, 73(4): 184-188.
8- Akin, M.B., Akin, M.S. and Kirmaci, Z. 2007. Effects of inulin and sugar levels on the viability of yogurt and probiotic bacteria and the physical and sensory characteristics in probiotic ice-cream. Food Chemistry, 104: 93–99.
9- Byars, J. 2002. Effect of a Starch-Lipid Fat Replacer on the Rheology of Soft-Serve Ice Cream, Food Science, 67(6): 2177–2182.
10- Chen K. N., Chen M. J., Liu J. R., Lin C. W., and Chiu H. Y. 2005. Optimization of incorporated prebiotics as coating materials for probiotic microencapsulation. Journal of Food Science, 70: 260-266.
11- Chhinnan M. S., McWaters K. H., and Rao V. N. M. 1985. Rheological characterization of grain legume pastes and effect of hydration time and water level on apparent viscosity. Journal of Food Science, 50: 1167-1171.
12-Cottrel, J. I. L., Pass, G., and Phillips, G. O. 1980. The effect of stabilizers on the viscosity of an ice cream mix. Journal of the science of food and agriculture, 31, 1066-1070.
13- Glichsman, M. 1982a. Food Hydrocolloids, Vol. I. CRC Press Inc. Florida.
14-Goff H. D., and Davidson V. J. 1992. Flow characteristics and holding time calculations of ice cream mixes in HTST holding tubes. Journal of Food Protection, 55: 34-37.
15-Goff, H. D., and Davidson, V. J. 1994. Controlling the viscosity of ice cream mixes at pasteurization temperatures. Modern Dairy, 73: 12-14.
16-Guner, A., Ardıc, M., Keles, A., and Dogruer, Y. 2007. Production of yogurt ice cream at different acidity. International Journal of Food Science and Technology, 42: 948–952.
17- Herald T. J., Aramouni F. M., and Abu-Ghoush M. H. 2008. Comparison study of egg yolks and egg alternatives in French Vanilla ice cream, Journal of Texture Studies, 39: 284-295.
18-Haynes, IN. and Playne, M.J. 2002. Survival of probiotic cultures in low-fat ice-cream. Australian-Journal-of-Dairy-Technology, 57 (1): 10-14.
19-Homayouni, A., Ehsani, M. R., Azizi, A., Yarmand, M. S. and Razavi, S. H. 2007. Selection of appropriate probiotic strains for use in ice cream. Proceedings of the third IDF international symposium on ice cream, pp. 124.
20-Homayouni, A., Azizi, A., Ehsani, M.R., Yarmand, M.S. and Razavi, S.H. 2008. Effect of microencapsulation and resistant starch on the probiotic survival and sensory properties of synbiotic ice cream. Food Chemistry, 111: 50–55.
21- Kailasapathy K. and Sultana K. 2003. Survival and b-D-galactosidase activity of

Archive of SID

www.SID.ir

glass transition phenomena. Food Chemistry, 115: 665–671.
39. Talwalkar A., and Kailasapathy K. 2004. Comparison of selective and differential media for the accurate enumeration of strains of Lactobacillus acidophilus, Bifidobacterium spp. and Lactobacillus casei complex from commercial yoghurts. International Dairy Journal, 14: 143–149.

40-Vinderola C. G., and Reinheimer J A. 1999. Culture media for the enumeration of Bixdobacterium bixdum and Lactobacillus acidophilus in the presence of yoghurt bacteria. International Dairy Journal, 9: 497-505.

concentration of β-galactosidase of commercial frozen yogurt. Journal of Food Quality, 20: 349–358.
36-Sendra, E., Fayos, P., Lario, Y., Fernandez-Lopez, J., Sayas-Barbera, E., Perez-Alvare, J.A., 2008. Incorporation of citrus fibers in fermented milk containing probiotic bacteria. Food Microbiology, 25:13–21.
37-Sopade, P. A., and Kassum, A. L. 1992. Rheological characterization of akamu a semi-fluid food From maize millet and sorghum. Journal of cereal science, 15: 193-202.
38-Soukoulis C., Lebesi D., and Tzia C. 2009. Enrichment of ice cream with dietary fibre: Effects on rheological properties, ice crystallisation and

Archive of SID

www.SID.ir