بررسی اثر اینولین بر خواص فیزیکوشیمیایی، رئولوژیکی، حسی و زنده مانی پروبیوتیک ها در ماست منجمد

راحیل رضایی[۱]، مرتضی خمیری[۲]*، مهران اعلمی[۲]، مهدی کاشانی نژاد[۲]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی- دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۲- عضو هیئت علمی دانشکده علوم و صنایع غذایی- دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
(تاریخ دریافت: ۸۹/۸/۷ تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۰/۲۸)

چکیده

در این تحقیق تاثیر سطوح مختلف اینولین (۰، ۱ و ۲ درصد) بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، رئولوژیکی، حسی و زنده مانی *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* و *بیفیدوباکتریوم لاکتیس* در ماست منجمد مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان داد که اینولین در سطح ۱٪ اثر معنی داری بر کاهش pH نداشته اما تاثیرسطح ۲٪ آن معنی دار بود($P<۰/۰۵$). اینولین به طور معنی‌داری میزان افزایش حجم و ویسکوزیته نمونه‌ها را افزایش داد. بررسی رفتار رئولوژیکی حاکی از آن بود که همه نمونه ها رفتار سودوپلاستیک داشته و مدل قانون توان، بهترین مدل جهت پیشگویی رفتار جریان این نمونه‌ها بود. نمونه‌های دارای اینولین نسبت به نمونه کنترل خصوصیات ذوب بهتری داشتند و اینولین در سطح ۲ درصد زمان ذوب اولین قطره را به طور معنی‌داری افزایش داد. نتایج ارزیابی حسی نشان داد که نمونه حاوی ۲٪ اینولین بیشترین پذیرش را از سوی مصرف کنندگان داشت. ارزیابی ماندگاری پروبیوتیک ها نیز حاکی از آن بود که اینولین در غلظت ۲٪ بهترین نمونه به لحاظ حفظ زنده مانی *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* و *بیفیدوباکتریوم لاکتیس* بوده است.

کلید واژگان: اینولین، ماست منجمد، پروبیوتیک

* مسئول مکاتبات: khomeiri@gau.ac.ir

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-26]

۱- مقدمه

خصوصیات تغذیه‌ای و سلامت بخش فراورده های غذایی، از فاکتورهای بسیار اساسی در پذیرش محصول از سوی مصرف-کننده می‌باشد. از اینرو متخصصان علوم و صنایع غذایی در پی طراحی و تولید محصولاتی می باشند که علاوه بر خصوصیات حسی و ظاهری مطلوب، دارای خواص سلامتی‌بخش خاص نیز باشند [۱]. یکی از متداولترین انواع غذاهای فراسودمند، محصولات پروبیوتیک می‌باشد. به همین دلیل در سالهای اخیر تلاش روزافزونی برای افزودن میکروارگانیسم‌های پروبیوتیک به مواد غذایی صورت گرفته است [۲].

اغلب فراورده‌های پروبیوتیک موجود در بازار را گروه لبنیات تشکیل می‌دهند و مصرف کنندگان آگاه به این حقیقت هستند که با افزودن پروبیوتیک‌ها به محصولات تخمیری شیر، به طور همزمان می توانند از خواص سلامتی بخش پروبیوتیک‌ها و اثر مثبت تخمیر، بهره‌مند شوند[۳].

ماست منجمد یکی از فراورده‌های لبنی است که از نظر فیزیکی و کیفیت ظاهری مشابه بستنی می‌باشد. ویژگی منحصر بفرد آن دارا بودن مزه اسیدی و بوی خاص ماست به همراه تازگی بستنی است [۴]. این محصول حدود ۱۰٪ از کل دسرهای منجمد جهان را شامل می‌شود. اجزای اصلی تشکیل‌دهنده این فراورده معمولا عبارتند از : شیر کامل، شیر کم چرب، شیر بدون چربی، خامه، مغزها، طعم دهنده‌ها، پایدارکننده‌ها، امولسیفایر و دیگر افزودنی-های مجاز و مناسب که بعد از پاستوریزه کردن غالبا با گونه های *لاکتوباسیلوس بولگاریکوس* و *استرپتوکوکوس ترموفیلوس* کشت داده می‌شوند[۲].

این فراورده از طرفداران زیادی بویژه در کشورهای غربی برخوردار است که علت آن مناسب بودن این محصول به عنوان یک جایگزین کم چرب بستنی و دریافت اثرات مثبت باکتریهای اسید لاکتیک استفاده شده در تولید ماست می‌باشد [۵].

یکی از مهم‌ترین چالشهای موجود در زمینه تولید و فرآوری محصولات پروبیوتیک پایین بودن قابلیت زنده‌مانی باکتریهای پروبیوتیک به دلیل حساسیت به شرایط سخت و دشوار موجود در محصولات غذایی و همچنین شرایط نامساعد دستگاه گوارشی است و این درحالی است که طبق گزارش FAO محصول پروبیوتیک استاندارد، محصولی است که در لحظه مصرف حداقل 10^{6}-10^{7} cfu/gr میکروارگانیسم زنده وفعال پروبیوتیک داشته باشد. بنابراین فاکتور کلیدی برای استفاده موثر از خواص پروبیوتیک‌ها، حفظ زنده‌مانی و فعالیت باکتریها در طی دوره نگهداری ماده غذایی می‌باشد[۶]. یکی از ترکیباتی که جهت نیل به این هدف مورد استفاده قرار می‌گیرد، اینولین می باشد زیرا این ترکیب در روده کوچک هضم نمی‌شود اما امکان تخمیر آن در کلون توسط لاکتیک اسید باکتریها و بنابراین تحریک رشد باکتریهای سلامت‌بخش وجود دارد[۷]. این ترکیب مخلوطی از پلی‌مرهای فروکتوز می‌باشد که ممکن است در انتهای هر شاخه یک واحد گلوکز نیز داشته باشد. طول هر شاخه ۶۰-۲ واحد فروکتوز است [۸]. کاپلا و همکاران [۹] و آریانا و همکاران[۱۰] در ماست و آکین و همکاران [۲] در بستنی، بر اثر مثبت اینولین بر باکتریهای پروبیوتیک تاکید کردند. اینولین یک جایگزین چربی کربوهیدراتی است که به عنوان فیبر رژیمی نیز شناخته شده است [۱۱] و توانایی‌های عملکردی زیادی دارد که از جمله آنها می توان به تشکیل ژل، کف، پایدارسازی امولسیونها و بهبود بافت اشاره کرد[۸]. گزارشاتی مبنی بر استفاده از اینولین به منظور بهبود خصوصیات فیزیکوشیمیایی ماست و بستنی وجود دارد [۲، ۱۱،۱۲]. اما در مورد اثرات حضور این ترکیب در ماست منجمد تحقیقات چندانی انجام نشده است. لذا با توجه به ارزش تغذیه ای این محصول ارزشمند، ارزیابی زنده‌مانی پروبیوتیک ها در این محصول و بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی آن می تواند گامی در جهت معرفی این محصول به صنعت تولید فراورده های پروبیوتیک کشور باشد.

۲- مواد و روشها

۲-۱- تولید ماست منجمد

جهت تولید ماست از شیر (٪ ۲/۵ چربی و ۸/۵ ٪ ماده جامد غیر-چرب) استفاده گردید. ماده جامد غیر چرب شیر تا ۱۱٪ با شیر خشک پس چرخ تنظیم گردید. شیر استاندارد شده در دمای ۸۵ درجه سانتیگراد به مدت ۳۰ دقیقه حرارت دهی شد و سپس تا

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-26]

دمای ۴۲ درجه سانتیگراد سرد گردید. میزان تلقیح استارتر ماست (YC-X11,DVS ،کریستین هانسن دانمارک) بر طبق دستور شرکت سازنده مشخص شد که این مقدار حدود ۰/۲ درصد حجم شیر مورد استفاده بود. همزمان با تلقیح استارتر سنتی ماست، سویه های مجزای *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* (La-5,DVS، کریستین هانسن دانمارک) و *بیفیدوباکتریوم لاکتیس* (Bb-12,DVS، کریستین هانسن دانمارک) به شیر اضافه شدند. پروبیوتیک ها به میزانی به شیر افزوده شدند که تعداد اولیه آنها در ماست تولیدی حدود 10^8 سلول در هر گرم باشد که این مقدار با آزمایشات اولیه مشخص شد و میزان تعیین شده استارتر پروبیوتیک به صورت وزنی به شیر اضافه گردید. شیر مایه خورده در دمای ۴۲ درجه سانتیگراد گرمخانه گذاری گردید تا اسیدیته آن به ۸۰ درجه دورنیک برسد و سپس تا دمای یخچال (۵ درجه) سرد شد.

جهت تهیه ماست منجمد، شکر (٪۱۶)، پایدارکننده بستنی (٪۰/۲)، شیر خشک (جهت تنظیم ماده جامد کل تا ٪۳۰) و بسته به نوع تیمار اینولین در غلظت های مختلف (۰، ۱و ۲٪) در آب حل شدند و پس از اختلاط کامل و یکنواخت شدن، در دمای ۸۵ درجه سانتیگراد به مدت ۳۰ دقیقه پاستوریزه و سپس تا دمای یخچال سرد شد.

در مرحله بعد، ماست و مخلوط مذکور بخوبی با هم مخلوط شدند و ۱۵ ساعت به منظور گذراندن مرحله رساندن، در یخچال (دمای ۵ درجه سانتیگراد) نگهداری شد. این مخلوط در دستگاه بستنی ساز به مدت ۳۰ دقیقه منجمد گردید. محصول نهایی در ظروف پلاستیکی ۵۰ سی سی استریل توزیع و در فریزر ۱۸- درجه سانتیگراد به مدت ۲ ماه نگهداری شدند[۱۳].

۲-۲- آزمون میکروبی

به منظور ارزیابی ماندگاری پروبیوتیک‌ها در محصول، در مراحل قبل از انجماد، بعد از انجماد و در طی دوره نگهداری به فاصله هر ۱۰ روز از محصول نمونه‌برداری شد. جهت شمارش *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* و *بیفیدوباکتریوم لاکتیس* به ترتیب از محیط کشت های MRS-IM آگار به همراه مالتوز و MRS-NNL[1] آگار بهمراه ال سیستئین هیدروکلراید (۰/۵ گرم در لیتر) استفاده شد. پلیت‌های *بیفیدوباکتریوم لاکتیس* (شرایط بی-هوازی) و پلیت های *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* (شرایط هوازی) به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتیگراد گرمخانه گذاری شدند.

۲-۳- اندازه‌گیری pH و اسیدیته

pH نمونه‌ها قبل از انجماد با استفاده از دستگاه pH متر Methrom مدل ۸۲۷ (ساخت کشور سوییس) اندازه گیری شد. اندازه گیری اسیدیته (برحسب درجه دورنیک) با استفاده از سود N/۹ و فنل فتالئین بعنوان شناساگر انجام شد.

۲-۴- افزایش حجم

اندازه‌گیری افزایش حجم مطابق با استاندارد ایران برای بستنی (شماره ۲۴۵۰) با روش وزنی انجام گرفت. بدین منظور حجم یکسانی از نمونه در مراحل قبل و بعد از انجماد برداشته شده و توزین گردید و افزایش حجم از طریق رابطه زیر محاسبه گردید [۲]:

$$\text{افزایش حجم} = \frac{\text{وزن نمونه قبل از انجماد} - \text{وزن نمونه بعد از انجماد}}{\text{وزن نمونه بعد از انجماد}} * 100$$

۲-۵- ویسکوزیته

ویسکوزیته مخلوط قبل از انجماد و پس از مرحله رساندن، توسط دستگاه ویسکومتر بروکفیلد (مدل DVII، امریکا)، در دمای ۵ درجه سانتیگراد و با اسپیندل شماره ۶ اندازه گیری شد [۲]. برای تعیین رفتار رئولوژیکی مخلوط ماست منجمد، داده-های خام بدست آمده از ویسکومتری نمونه‌ها با استفاده از رابطه-های ریاضی توصیف شده توسط میچکا [۱۴] به سرعت برشی و تنش برشی تبدیل و نمودار رفتار جریان نمونه‌ها بر این اساس مقایسه شدند [۱۵، ۱۶، ۱۷]. رفتار جریان نمونه‌ها با مدلهای قانون توان ، کاسون و هرشل بالکی مقایسه شدند. روابط این معادلات در ادامه آورده شده است:

معادله (۱) مدل قانون توان

$$\tau = k(\gamma^{\cdot})^{n}$$

معادله (۲) مدل کاسون

$$\tau^{0.5} = k_{0c}^{0.5} + k_c(\gamma^{\cdot 0.5})$$

1. Nalidixic acid 15mg/L , Neomycin sulphate 100mg/l ,Lithium chloride 3 gr/l

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-26]

معادله (۳) مدل هرشل- بالکی $\tau = \tau_0 + k(\dot{\gamma})^n$

در معادله (۱) و (۳)؛ τ ، τ_0، $\dot{\gamma}$، k و n به ترتیب تنش برشی (pa)، تنش تسلیم (pa)، سرعت برشی (1/s)، ضریب قوام ($pa.s^n$) و شاخص رفتار جریان (بدون واحد) می‌باشند. در معادله (۲) k_0 عرض از مبدا نمودار τ - 0.5 $\dot{\gamma}$0.5 و k_c شیب نموداراست و $k_c^2 c\mu =$ و $k_{0c}^2 = _0c\tau$ که به ترتیب عبارتند از ویسکوزیته کاسون (pa.s) و تنش تسلیم کاسون (pa).

۲-۶- خصوصیات ذوب

یک قالب بستنی با وزن ۱±۳۰ گرم بر روی صافی با مش ۰/۵ میلی‌متر و در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد قرار داده شد. پس از مدت یک ساعت وزن مایع ذوب شده برحسب درصدی از وزن اولیه به عنوان سرعت ذوب شدن اندازه گیری شد. زمان ذوب اولین قطره هم ثبت شد [۱۸].

۲-۷- ارزیابی حسی

برای ارزیابی خصوصیات حسی محصول از ۷ داور آموزش دیده استفاده شد. نمونه‌ها از نظر بافت (نداشتن حالت یخی، صمغی، شنی) ، طعم(نداشتن طعم ترش، شیرینی زیاد، پختگی)، رنگ (سفید مطلوب) و پذیرش‌کلی به روش هدونیک ۵ نقطه ای ارزیابی شدند به طوری که به نمونه عالی نمره ۵، خوب ۴، متوسط ۳، بد ۲ و خیلی بد ۱ تعلق گرفت.

۲-۸- طرح آماری

داده‌های بدست آمده در قالب طرح کاملا تصادفی[2] به منظور ارزیابی فاکتورهای شیمیایی و فیزیکی و طرح کرت‌های خرد شده[3] جهت ارزیابی ماندگاری پروبیوتیک‌ها تجزیه و تحلیل گردید. میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵٪ مقایسه شدند و

نمودارها با استفاده از نرم افزار Excell رسم شد. کلیه آزمایشات در ۳ تکرار انجام شد.

2. Completely Randomized Design
3. Split plot

۳- نتایج و بحث

۳-۱- pH و اسیدیته

با مشاهده جدول ۱ مشخص می‌شود که بیشترین pH مربوط به نمونه کنترل (بدون اینولین) می‌باشد و افزودن اینولین به ماست منجمد، pH را کاهش داده است. مقایسات میانگین در سطح ۵ درصد نشان داد که اینولین در سطح ۱٪ تاثیر معنی‌داری بر کاهش pH نداشته اما مقدار ۲ درصد آن، به طور معنی‌داری pH را کاهش داده است ($p < ۰/۰۵$). در موافقت با نتایج بدست آمده در این تحقیق،[۲] گزارش کردند که با افزایش اینولین در بستنی، اسیدیته نیز به طور معنی‌داری افزایش یافته است. افزودن اینولین در نمونه و به دنبال آن تشکیل حالت ژلی سبب تاخیر در غیر فعال شدن استارترها هنگام نگهداری در یخچال و بنابراین افزایش اسیدیته و کاهش pH می‌شود. اگر چه استاندارد بین المللی خاصی برای ماست منجمد وجود ندارد اما در بررسی‌های انجام شده بر روی ۳۴ نمونه ماست منجمد تجاری در آمریکا، pH نمونه‌ها در محدوده ۴ تا ۶/۵ گزارش شده است [۱۹].

جدول ۱ اثر اینولین بر pH و اسیدیته

نمونه	pH	اسیدیته
کنترل	۵/۱۷[a]	۶۴[b]
اینولین ۱٪	۵/۰۸[a]	۷۰/۶۷[ab]
اینولین ۲٪	۴/۹۶[a]	۷۵[a]

[a-b] : حروف غیر مشابه نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ می باشد.

۳-۲- افزایش حجم

افزایش حجم در دسرهای منجمد، مستقیما مربوط به هوای وارد شده به آنها در طی تولید می‌باشد و به لحاظ تاثیری که بر کیفیت دارد، از اهمیت خاصی در این محصولات برخوردار می‌باشد. نتایج (جدول ۲) نشان داد که نمونه کنترل دارای کمترین میزان افزایش حجم (۲۲/۳۷ درصد) بوده و با توجه به مقایسه میانگین مشخص شد که استفاده از اینولین به طور معنی‌داری باعث افزایش افزایش حجم شده است ($p < ۰/۰۵$). با افزایش مقدار اینولین از ۱ به ۲ درصد، شاخص افزایش حجم از ۳۳/۵۴ به ۳۸/۵۹ افزایش یافت که این تفاوت بین سطوح اینولین معنی‌دار

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-26]

ارزیابی شد ($p < ۰/۰۵$). افزایش حجم بالا در نمونه‌های دارای اینولین به این دلیل است که اینولین توانایی پایدارسازی کف در بستنی و دسرهای منجمد هوادهی شده را دارد و باعث می‌شود مخلوط بتواند هوای وارد شده را در بافت خود نگه دارد [۶]. مطالعات دیگر نیز در تطابق با نتایج بدست آمده اثبات کردند که اینولین به طور معنی‌داری باعث افزایش افزایش حجم در بستنی می‌شود [۱۸].

۳-۳- ویسکوزیته

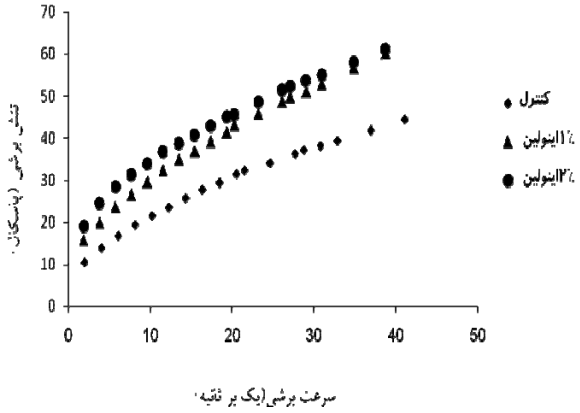
تاثیر اینولین بر ویسکوزیته‌ی مخلوط ماست منجمد پس از مرحله رساندن در جدول ۲ نشان داده شده است. نتایج حاصل از آنالیز واریانس نشان داد که اگرچه با افزودن اینولین، ویسکوزیته به طور معنی‌داری نسبت به نمونه کنترل افزایش یافته است ($p < ۰/۰۵$) اما تفاوت ویسکوزیته بین سطوح مختلف اینولین در سطح ۵ درصد معنی دار نبود. افزایش ویسکوزیته در اثر افزودن اینولین را می‌توان به خاصیت جاذب الرطوبه بودن اینولین و توانایی باند کردن آب نسبت داد [۲۰]. وقتی اینولین با آب یا هر مایع دیگر مخلوط می‌شود، کریستالهای میکرونی ذرات اینولین، شبکه ژلی سه بعدی را تشکیل می‌دهند که سبب می‌شود مقادیر زیادی آب در این شبکه بی‌حرکت باقی بماند و حالت فیزیکی محلول را تثبیت کند [۶].

جدول ۲ مقایسه میانگین برخی خصوصیات فیزیکی ماست منجمد تولیدی

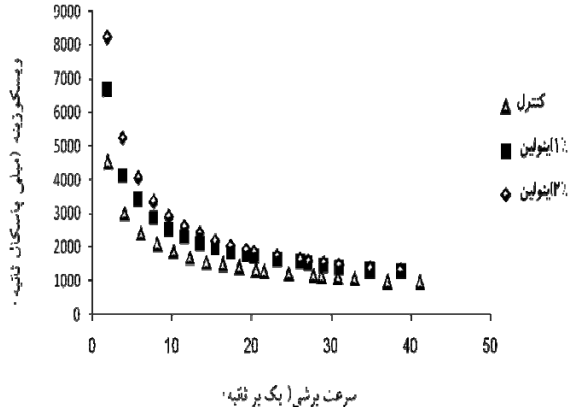
نمونه	افزایش حجم (درصد)	ویسکوزیته (میلی پاسکال ثانیه)	زمان ذوب اولین قطره (ثانیه)	شدت ذوب شدن (درصد)
کنترل	۲۲/۳۷ ± ۰/۹۴۷^{c}	۱۵۲۲ ± ۱۳/۲۲^{b}	۱۰۳۲ ± ۱۶۰/۸۵^{b}	۹۶/۴ ± ۱/۰۱^{a}
اینولین ۱٪	۲۳/۵۴ ± ۱/۲۱^{b}	۲۳۵۳ ± ۱۸۵۳^{a}	۱۲۵۳ ± ۷۸/۸^{b}	۹۳/۸۶ ± ۲/۳۹^{a}
اینولین ۲٪	۳۸/۵۹ ± ۲/۷۹^{a}	۲۴۰۴ ± ۹/۷۶^{a}	۲۲۶۴ ± ۲۵/۵۷^{a}	۸۴/۵۱ ± ۵/۷^{a}

$^{a-c}$: حروف غیر مشابه نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ می باشد.

شکل ۱ رابطه بین سرعت و تنش برشی و شکل ۲ تغییرات ویسکوزیته با سرعت برشی را در نمونه‌های حاوی اینولین نشان می‌دهد. همانطور که از این اشکال فهمیده می‌شود در هر دو نمونه بدون اینولین و نمونه‌های حاوی اینولین با افزایش سرعت برشی، تنش برشی افزایش و در مقابل ویسکوزیته کاهش یافته است. با مطالعه رفتارهای رئولوژیکی سیالات و شکل نمودارهای به دست آمده که نشان دهنده رابطه‌ی غیرخطی بین سرعت برشی و تنش برشی است، مشخص می‌شود که مخلوط ماست منجمد رفتار غیرنیوتنی دارد.



شکل ۱ رابطه نیروی برشی و تنش برشی در نمونه های حاوی اینولین



شکل ۲ اثر نیروی برشی بر تغییرات ویسکوزیته

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-26]

شاخص رفتار جریان (n) در تمامی نمونه‌ها کمتر از یک بود که رفتار شبه پلاستیکی ماست منجمد را تایید می‌کند. میزان انحراف شاخص جریان از عدد یک، در واقع موید میزان انحراف سیال از رفتار نیوتنی می‌باشد. نتایج نشان داد که نمونه بدون اینولین کمترین انحراف را از رفتار نیوتنی دارد. اگرچه نمونه بدون اینولین نیز رفتار رقیق شوندگی با برش نشان داده است اما ساختار ژلی اینولین در مخلوط باعث شده است خصوصیات رقیق شوندگی با برش تقویت شود چنانکه در بررسی تغییرات ویسکوزیته مشخص شد با افزایش مقدار اینولین در نمونه، اختلاف بین ویسکوزیته حداقل و حداکثر سرعت برشی نیز افزایش یافته است. کمترین تغییر ویسکوزیته در نمونه بدون اینولین و بیشترین تغییر در نمونه حاوی ۲درصد اینولین مشاهده شد.

گزارشات قبلی نیز بر اثر تقویت کنندگی اینولین روی رفتار رقیق شوندگی با برش در بستنی [۲۱] و ماست [۲۲] تاکید کردند. در جدول ۲ نتایج برازش رفتار رئولوژیکی نمونه‌های حاوی اینولین با مدلهای قانون توان، کاسون و هرشل بالکی آورده شده است. آنچه که از جدول استنباط می‌شود اینست که مدل قانون توان برای نمونه کنترل مدل مناسبی است و بخوبی می‌تواند رفتار سیال را پیش بینی کند (R^2 = ۰/۹۹۸). نمونه حاوی ۱ درصد اینولین با هر دو مدل کاسون و قانون توان با ضریب همبستگی یکسان (R^2 = ۰/۹۹۸) منطبق بود. داده‌های مربوط به نمونه حاوی ۲ درصد اینولین هم با هر دو مدل قانون توان و کاسون با ضریب همبستگی یکسان (R^2 = ۰/۹۹۷) منطبق شد. بهرحال مدل قانون توان، بهترین برازش را برای تمامی تیمارها به خود اختصاص داد (R^2 = ۰/۹۹۷ -۰/۹۹۸). با مشاهده پارامترهای بدست آمده در این مدل مشخص می‌شود که با افزایش میزان اینولین و در نتیجه افزایش ویسکوزیته، شاخص رفتار جریان کاهش و ضریب قوام افزایش یافته است. شاخص رفتار جریان (n) هم که معیار نزدیکی سیال به رفتار نیوتنی است، در نمونه کنترل بیشتر از نمونه‌های حاوی اینولین است و هر قدر میزان اینولین افزایش می‌یابد رفتار سیال از حالت نیوتنی فاصله می‌گیرد.

۳-۴- خصوصیات ذوب

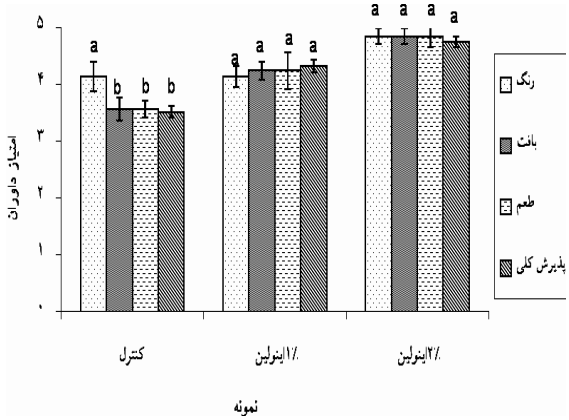
در جدول ۲ زمان ذوب اولین قطره و درصد ماست منجمد ذوب شده طی یک ساعت قرارگیری نمونه در دمای ۲۵ درجه نشان داده شده است. نتایج آنالیز واریانس نشان داد که نمونه کنترل کمترین زمان (۱۰۳۲ ثانیه) و نمونه حاوی ۲ درصد اینولین بیشترین زمان (۲۲۶۴ ثانیه) را برای ذوب اولین قطره لازم داشتند. اینولین در سطح ۱ درصد تاثیر معنی‌داری را بر طولانی شدن زمان ذوب اولین قطره نداشت اما سطح ۲ درصد اینولین به طور معنی‌داری زمان ذوب اولین قطره را افزایش داد ($p < ۰/۰۵$). اگرچه با افزایش میزان اینولین شدت ذوب شدن کاهش یافت اما تغییر آن نسبت به نمونه کنترل معنی‌داری نبود. به طور کلی فاکتورهایی که بر روی شدت ذوب شدن بستنی تاثیر می‌گذارند عبارتند از مقدار هوای وارد شده به بستنی (هوادهی)، ساختار کریستالهای یخ و شبکه گلبولهای چربی تشکیل شده در طی انجماد. آکین و همکاران [۲] مطابق با نتایج بدست آمده در این تحقیق، اعلام کردند فرایند ذوب شدن بستنی در ارتباط با آزادی حرکت مولکولهاست و از آنجا که اینولین باعث می‌شود مولکولهای آب فاقد تحرک شوند و نتوانند آزادانه میان مولکولهای مخلوط حرکت کنند، بنابراین زمان ذوب بستنی افزایش می یابد. ال ناگار و همکاران [۲۰] بر نقش موثر ویسکوزیته روی بهبود خصوصیات ذوب شدن ماست بستنی حاوی اینولین تاکید کردند. خصوصیت جاذب الرطوبه بودن اینولین و خصوصیت ژل‌دهندگی نیز از دیگر عواملی است که ذوب شدن نمونه را به تاخیر می‌اندازد [۱۸].

۳-۵- ارزیابی حسی

نتیجه ارزیابی حسی نمونه‌های حاوی اینولین در شکل ۳ نشان داده شده است. آنالیز آماری نشان داد که تمامی خصوصیات حسی مورد پرسش غیر از رنگ، با افزایش مقدار اینولین بهبود یافته‌اند. این تفاوت در مورد تمام خصوصیات نسبت به نمونه کنترل معنی دار بود و تنها رنگ نمونه‌های حاوی اینولین تفاوت معنی‌داری با نمونه کنترل نداشت. استافلو و همکاران [۲۳] با بررسی تاثیر برخی از فیبرهای رژیمی بر خواص حسی ماست بیان کردند نمونه های حاوی اینولین بیشترین امتیاز مربوط به طعم را کسب کرده است. اینولین بعنوان بهبود دهنده بافت نیز

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-26]

عمل می‌کند زیرا با تشکیل کریستالهای ریز ساختار ژلی را تشکیل می‌دهد که مسئول بوجود آوردن حالت خامه‌ای در بافت محصول می‌شود [۶].



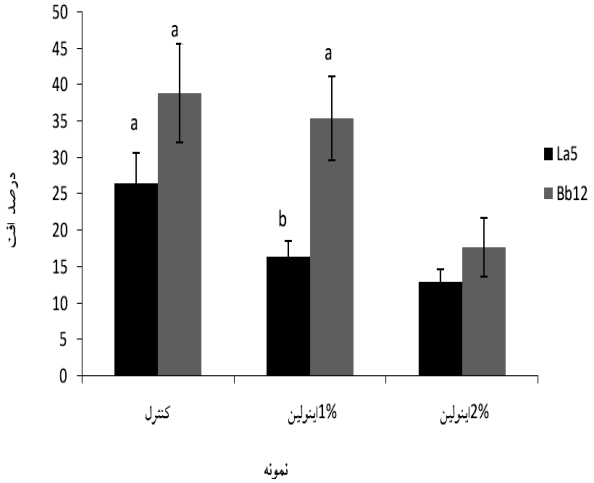
شکل ۳ ارزیابی حسی نمونه های حاوی اینولین

a-b : حروف غیر مشابه نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ می باشد.

۳-۶- ماندگاری پروبیوتیک ها

نتایج حاصل از آنالیز واریانس نشان داد که اثرات تیمار، زمان و اثرات متقابل تیمار در زمان بر روی زنده‌مانی هر دو باکتری معنی دار بوده است ($P < ۰/۰۵$). همانطور که در جدول ۴ مشخص است سرعت کاهش تعداد باکتریهای پروبیوتیک در نمونه‌های دارای اینولین نسبت به نمونه کنترل کمتر بوده است. پس از پایان دوره‌ی نگهداری نمونه‌های حاوی اینولین در حفظ زنده‌مانی پروبیوتیک‌ها موفق‌تر عمل کرده‌اند و با افزایش مقدار اینولین زنده‌مانی باکتریها نیز افزایش یافته است. این تفاوت در مورد *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* نسبت به *بیفیدوباکتریوم لاکتیس* قابل ملاحظه‌تر بوده است. در نمونه بدون اینولین (کنترل) تعداد *لاکتوباسیلوسها* از میزان اولیه ۷/۶۸ log cfu/gr در روز تولید به ۷/۲۲ log cfu/gr در روز شصتم می‌رسد که کاهشی برابر ۵۸/۷۰۹ درصد داشته است در حالیکه در نمونه حاوی ۱ و ۲ درصد اینولین پس از شصت روز به ترتیب به ۷/۴۹ log cfu/gr و ۷/۵۴ رسید. این میزان کاهش *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* در پایان دوره نسبت به روز اول در تمامی نمونه‌ها معنی‌دار بود ($p<۰/۰۵$).

تعداد *بیفیدوباکتریوم لاکتیس* در نمونه بدون اینولین (کنترل) طی این دوره ۶۰ روزه از ۸/۲۶ log cfu/gr به ۷/۶۲ log cfu/gr رسید و میزان افت آن در روز شصتم نسبت به روز اول ۶۹/۹۴ درصد برآورد شد. در نمونه حاوی ۱ درصد اینولین تعداد *بیفیدوباکتریوم* پس از ۶۰ روز ۷/۷۴ log cfu/gr بود که نسبت به نمونه کنترل (۷/۶۲ log cfu/gr) حاوی تعداد بیشتری از سلولهای پروبیوتیک در انتهای دوره نگهداری بود. به طور کل باید گفت اینولین در هر دو سطح، میزان افت *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* را به طور معنی‌دار نسبت به نمونه کنترل کاهش داده اما در مورد *بیفیدوباکتریوم*، سطح ۱درصد اینولین تاثیر معنی‌داری نداشته و فقط تاثیر سطح ۲٪ آن بر کاهش افت سلولی معنی دار بوده است (شکل ۴).



شکل ۴ مقایسه میزان افت پروبیوتیک ها طی دوره نگهداری

a-b : حروف غیر مشابه نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ می باشد.

نتایج مطالعه آکالین و اریزیر [۱۲] نیز در تایید نتایج بدست آمده در این تحقیق، نشان داد اینولین در زنده مانی *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* نسبت به *بیفیدوباکتریوم انیمالیس* بهتر عمل کرده است. به طور کلی باید گفت در مقایسه با نمونه کنترل، ماندگاری باکتریهای پروبیوتیک در نمونه های حاوی اینولین بهتر بوده است. بهبود زنده‌مانی پروبیوتیک‌ها در نمونه‌های حاوی اینولین را می‌توان به خاصیت ژل‌دهندگی و نفوذ کمتر اکسیژن طی مرحله رساندن نسبت داد که باعث می‌شود آسیب کمتری به پروبیوتیک-ها برسد. علاوه بر این اینولین می‌تواند مانند یک پایدارکننده عمل کند و با بهبود بافت محصول و ممانعت از رشد کریستالهای یخ در طی دوره نگهداری، سبب جلوگیری از آسیب به دیواره سلولی پروبیوتیک ها و بنابراین مانع از افت قابل توجه شود.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-26]

جدول ۳ پارامترهای مدل قانون توان، کاسون و هرشل بالکی برای نمونه های حاوی اینولین

نمونه	قانون توان				کاسون			هرشل بالکی			
	n	K	R^2	K_c^2	$_0\tau$	R^2	n	k	$_0\tau$	R^2
کنترل	۰/۵۱۴	۶/۵۱۴	۰/۹۹۸	۰/۳۶۷	۷/۷۷	۰/۹۹۵	۰/۸۳۲	۱/۴۹۵	۱۲/۰۴	۰/۹۹۲
اینولین ۱٪	۰/۴۰۳	۱۵/۴۵۶	۰/۹۹۶	۰/۵۵۸	۹/۷۱	۰/۹۹۸	۱/۰۸	۲/۰۸۱	۱۵/۳۴	۰/۹۸۵
اینولین ۲٪	۰/۳۱۲	۲۰/۰۰۵	۰/۹۹۷	۰/۴۳۱	۱۴/۲	۰/۹۹۷	۰/۸۱۴	۲/۲۷۵	۱۸/۷۵	۰/۹۸۹

n= شاخص رفتار جریان (بدون واحد)　　k = ضریب قوام ($pa.s^n$)　　k_C^2 = ویسکوزیته کاسون (pa.s)　　τ_0 = تنش تسلیم (pa)

τ_{0c} = تنش تسلیم کاسون (pa)　　R^2= ضریب همبستگی

جدول ۴ روند تغییرات تعداد (log cfu/gr) *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس*(La5) و *بیفیدوباکتریوم لاکتیس*(Bb12) در نمونه‌های حاوی اینولین

نمونه	باکتری	قبل از انجماد	بعد از انجماد	روز ۱۰	روز ۲۰	روز ۳۰	روز ۴۰	روز ۵۰	روز ۶۰
کنترل	La5	۷/۶۷ ± ۰/۰۳^{a1}	۷/۵۹±۰/۰۳۴ ^{b}	۷/۵۷±۰/۰۳۴^{bc}	۷/۵۴ ±۰/۰۳۴^{bc}	۷/۵۲±۰/۰۶۳۴^{bcd}	۷/۵ ±۰/۰۳۴^{cd}	۷/۴۶ ±۰/۰۳۴^{d}	۷/۲۲±۰/۰۳۴^{e}
	Bb12	۸/۲۶ ± ۰/۰۴۷^{a}	۸/۱۲±۰/۰۴۷^{b}	۷/۹۴±۰/۰۴۷^{c}	۷/۹ ±۰/۰۴۷^{cd}	۷/۸۵±۰/۰۴۷^{cd}	۷/۷۸ ±۰/۰۴۷^{d}	۷/۸۲ ±۰/۰۴۷^{d}	۷/۶۲ ±۰/۰۴۷^{e}
اینولین ۱٪	La5	۷/۶۲±۰/۰۱۲^{a}	۷/۵۹±۰/۰۱۲^{ab}	۷/۵۵±۰/۰۱۲^{abc}	۷/۵۴±۰/۰۱۲^{bc}	۷/۵۱±۰/۰۱۲^{c}	۷/۵۲±۰/۰۱۲^{c}	۷/۴۸±۰/۰۱۲^{c}	۷/۴۹±۰/۰۱۲^{c}
	Bb12	۸/۱۳±۰/۰۴۱^{a}	۸/۰۹±۰/۰۴۱^{a}	۸/۰۰۹±۰/۰۴۱^{ab}	۷/۹۴±۰/۰۴۱^{b}	۷/۸۶±۰/۰۴۱^{b}	۷/۵۹±۰/۰۴۱^{c}	۷/۶۸±۰/۰۴۱^{cd}	۷/۷۴±۰/۰۴۱^{d}
اینولین ۲٪	La5	۷/۶۷±۰/۰۱۳^{a}	۷/۶±۰/۰۱۳^{ab}	۷/۶۲±۰/۰۱۳^{ab}	۷/۵۹ ±۰/۰۱۳^{ab}	۷/۵۹ ±۰/۰۱۳^{ab}	۷/۵۸±۰/۰۱۳^{b}	۷/۵۶±۰/۰۱۳^{b}	۷/۵۴±۰/۰۱۳^{b}
	Bb12	۷/۹۵±۰/۰۴^{a}	۷/۸۸±۰/۰۴^{ab}	۷/۸۹±۰/۰۴^{ab}	۷/۸۷±۰/۰۴^{ab}	۷/۸۶±۰/۰۴^{ab}	۷/۸۸±۰/۰۴^{bc}	۷/۸۳±۰/۰۴^{c}	۷/۶۶±۰/۰۴^{c}

۴- نتیجه گیری و پیشنهادات

مطالعات مشابه نیز اثر بهبوددهندگی اینولین بر زنده‌مانی پروبیوتیک‌ها را اثبات کرده اند. آکین و همکاران [۲] نشان دادند که اینولین بخاطر اثر پری‌بیوتیکی خود توانسته است زنده‌مانی *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* و *بیفیدوباکتریوم لاکتیس* را در بستنی بهبود ببخشد به طوری که میزان افت تعداد سلولهای پروبیوتیک در نمونه‌های تیمار شده با اینولین، طی ۹۰ روز نگهداری کمتر از نمونه کنترل بود.

با توجه به نتایج بدست آمده، مشخص شد که استفاده از اینولین علاوه بر این که باعث بهبود خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی ماست منجمد می شود، سبب کاهش میزان افت تعداد پروبیوتیک ها تا پایان دوره نگهداری نسبت به نمونه کنترل می شود. با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق، نمونه حاوی ۲٪ اینولین هم به لحاظ حفظ زنده‌مانی پروبیوتیک‌ها و هم از نظر مصرف کنندگان بهترین نمونه ارزیابی شد. ماست منجمد سینبیوتیک مصرف همزمان اینولین را به همراه پروبیوتیک ممکن ساخته و مصرف کننده را از مزایای سلامت بخش و منحصر بفرد این محصول فراویژه برخوردار می کند.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-26]

۵- منابع

[1] Mortazavian, A. M., Sohrabvandi, S. 1385. A Review on probiotics and probiotic food products (dairy products). Tehran, Ata press. 483p. in persian

[2] 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.

[3] Turgut, T., and Cakmakci, S. 2009. Investigation of the possible use of probiotics in ice cream manufacture. International Journal of Dairy Technology. 62: 444-451.

[4] Tamime, A. Y., and Rabinson, R. K. 1999. Yogurt Science and Technology, Oxford: pergamon press. Pp 344-348

[5] Ordonez, G. A., Jeon, I. J., and Roberts, H. A. 2000. Manufacture of frozen yoghurt with ultrafiltered milk and probiotic lactic acid bacteria. Journal of Food Processing and Preservation. 24: 163-176.

[6] Roberfroid, M. 2005. Inulin-Type Fructans Functional Food Ingredients. CRC press, 367p.

[7] Gonzalez-Tomás, L., Bayarri, S., and Costell, E. 2009. Inulin-enriched dairy desserts: physicochemical and sensory aspects. Journal of Dairy Science. 92(9): 4188-4199.

[8] Issariyachaikul, K. 2008. Development of modified fat ice cream products using inulin as a fat replacer, Mahidol, p. 87.

[9] Capela, P., Hay, T. K. C., and Shah, N. P. 2006. Effect of cryoprotectants, prebiotics and microencapsulation on survival of probiotic organisms in yogurt and freez-dried yogurt. Food Research International. 39: 203-211.

[10] Aryana, K. J., and McGrew, P. 2007. Quality attributes of yogurt with *Lactobacillus casei* and various prebiotics. LWT – Food Science and Technology. 40: 1808-1814.

[11] Guven, M., and Karaca, O. B. 2002. The effects of varying sugar content and fruit concentration on the physical properties of vanilla and fruit ice cream type frozen yogurt. International Journal of Dairy Technology. 55: 27-31.

[12] Akalin, A.S. and Erisir, D., 2008. Effect of inulin and oligofructose on the rheological characteristics and probiotic culture survival in low fat probiotic ice cream, Journal of food science. 73:184-188

[13] Guda, E., Attia, I. A., Salem, S. A., and Kamar, M. S. 1993. Studies on frozen yogurt: manufacturing method. Egyptian Journal of food science. 21: 57-66.

[14] Mitschka, P. 1982. Simple conversion of Brookfield R.V.T. readings into viscosity functions. Rheol. Acta. 21: 207 – 209.

[15] Constenla, D. T., and Lozano, J. E. 2005. Effect of pretreatments and processing conditions on the chemical, physical, microbiological and sensory characteristics of garlic paste. Journal of Food Process Engineering. 28: 313–329.

[16] Abbasi, S. and Foroghinia, S. 1386. Effect of some physical and chemical factors on flow behavior of Salep gum solution. Journal of agricultural science and natural resource, 41(b):365-371.in persian

[17] Briggs, J. L., and Steffe, J. F. 1997. Using brookfield data and the Mitschka method to evalute power law foods. Journal of Texture Studies. 28: 517-522.

[18] Akalin, A. S., Karagozlu, C., and Unal, G. 2008. Rheological properties of reduced-fat and low-fat ice cream containing whey protein isolate and inulin. Eur Food Res Technol. 227: 889-895.

[19] Kosikowski, F. V. 1981. properties of commercial flavored frozen yogurt. Journal Of Food Protection, 44: 853-856.

[20] El-Nagar, G., Clowes, G., Tudorica, C. M., Kuri, V., and Brennan, C. S. 2002. Rheological quality and stability of yog-ice cream with added inulin. International Journal of Dairy Technology. 55: 89-93.

[21] Karaca, O. B., Guven, M., Yasar, K., Kaya, S., and Kahyaoglu, T. 2009. The functional, rheological and sensory characteristics of ice creams with various fat replacers. International Journal of Dairy Technology. 62: 93-99.

[22] Paseephol, T., Small, D. M., and Sharkat, F. 2008. Rheological and texture of set yogurt as affected by inulin addition. Journal of texture study. 39: 617-634.

[23] Staffolo, M. D., Bertola, N., Martino, M., and Bevilacqua, y. A. 2004. Influence of dietary fiber addition on sensory and rheological properties of yogurt. International Dairy Journal. 14: 263-268.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-26]

Effects of inulin on the physicochemical, rheological, sensory properties and survival of probiotics in frozen yogurt

Rezaei, R.[1], Khomeiri, M. [2 *], Aalami, M.[2], Kashaninejad, M.[2]

1. MsC Student of Food Science & Technology, Gorgan University of Agricultural sciences & Natural Resources.
2. Assistant Professor, Department of Food Science & Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences & Natural Resources.

(Received: 89/8/7 Accepted: 90/10/28)

In present study, effects of different levels of inulin (0, 1 and 2%) on the physicochemical and sensory properties and probiotic survival in frozen yogurt was investigated. Results showed that inulin at concentration of 1% had no effect on pH but at level 2% had significant effect on pH. Addition of inulin increased overrun and viscosity. The flow behavior of all samples showed their pseudoplastic nature; power law was the best model to predict their flow behavior. In comparison of control sample, frozen yogurts containing inulin had better melting properties and inulin at concentration of 2% increased the time of first dripping, significantly. Total acceptability of samples revealed that frozen yogurt with 2% inulin had the most appealing sensory characteristics. In terms of probiotic survival, the sample with 2% inulin significantly improved the viability of *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium lactis*.

Keywords: Inulin, Frozen yogurt, Probiotic

* Corresponding Author E-Mail Address: khomeiri@gau.ac.ir

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-26]