

اثر صمغ گوار و صمغ عربی بر برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی ماست منجمد

راحیل رضایی^۱، مرتضی خمیری^{۲*}، مهدی کاشانی نژاد^۳ و مهران اعلمی^۲

تاریخ دریافت: ۸۹/۳/۱ تاریخ پذیرش: ۹۰/۲/۱۰

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۲- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۳- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مسئول مکاتبه: Email: mkhomeiri@yahoo.com

چکیده

در این تحقیق اثر صمغ عربی و صمغ گوار بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی ماست منجمد مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل نشان داد که صمغ‌های مورد استفاده، تغییر معنی‌داری در pH نمونه‌ها ایجاد نکردند اما سبب افزایش معنی‌دار حجم افزایی در نمونه‌ها شدند به طوری که کمترین حجم افزایی (۲۲/۳۷ درصد) متعلق به نمونه شاهد بوده و بیشترین حجم افزایی (۳۹/۳۸ درصد) در نمونه حاوی صمغ عربی با غلظت ۵ گرم در لیتر مشاهده شد. ماست منجمد حاوی ۳ گرم در لیتر صمغ گوار بیشترین ویسکوزیته و نمونه شاهد کمترین ویسکوزیته را داشتند. افزودن صمغ‌ها به طور معنی‌داری توانست خصوصیات ذوب شدن ماست منجمد را بهبود ببخشد ($P < 0/05$). طولانی‌ترین و کوتاهترین زمان ذوب اولین قطره به ترتیب مربوط به نمونه حاوی صمغ عربی با غلظت ۵ گرم در لیتر (۳۹/۳۸ دقیقه) و نمونه شاهد (۱۷/۲ دقیقه) بود. شدت ذوب شدن ماست منجمد نیز با افزودن صمغ‌ها به طور معنی‌داری کاهش یافت ($P < 0/05$).

واژه‌های کلیدی: خصوصیات فیزیکوشیمیایی، صمغ عربی، صمغ گوار، ماست منجمد

Effect of Guar and Arabic Gum on the Physicochemical Properties of Frozen Yogurt**R Rezaei¹, M Khomeiri^{*2}, M Kashaninejad³ and M Aalami³**

Received: 22 May, 2010

Accepted: 30 April, 2011

¹MSc Student of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural sciences & Natural Resources, Iran²Assistant Professor, Department of Food Science & Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran³Associate Professor, Department of Food Science & Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran^{*}Corresponding author: Email: mkhomeiri@yahoo.com**Abstract**

The effect of types of gums including arabic and guar on the physicochemical properties of frozen yogurt was investigated. The results showed that the gums had no effect on pH but caused a significant increase in overrun of samples ($P < 0.05$). The lowest overrun (22.37 %) belonged to control sample and the highest overrun value (39.38 %) belonged to sample containing 5 g/l arabic gum. In terms of viscosity, frozen yogurt with 3 g/l guar gum and control sample had the highest and lowest value, respectively. Addition of gums improved melting properties, significantly ($P > 0.05$). The longest and the shortest first dripping time were related to samples with 5 g/l arabic gum and control sample, respectively. Melting rate of frozen yogurt also decreased significantly by addition of gums.

Keywords: Frozen yogurt, Guar gum, Arabic gum, Physicochemical properties**مقدمه**

باکتریهای لاکتیک اسید در این محصول می باشد (مارشال ۲۰۰۱).

پایدارکننده ها از اجزای مهم مورد استفاده در صنعت بستنی می باشند که به طور عمده بر نرم شدن بافت و ایجاد قوام در محصول نهایی اثرگذار است. این مواد ویسکوزیته را نیز افزایش می دهد اما تاثیری بر نقطه انجماد ندارند (ترکاشوند ۱۳۸۴). در تهیه دسرهای منجمد، برخورداری محصول نهایی از ظاهری مناسب و بافت غیر شنی از اهمیت زیادی برخوردار می باشد لذا استفاده صحیح از پایدارکننده ها نقش مهمی را در این رابطه ایفا می کند. در محصولات منجمد بخاطر فرایند انجماد و تغلیظ، درصد پایدارکننده در فاز مداوم محصول نهایی، بیشتر از درصد اولیه است. تحت این شرایط یک ساختار ضعیف ژل شکل می گیرد که از کریستال شدن یخ و همچنین افزایش اندازه کریستالهای بوجود آمده جلوگیری می کند. توزیع یکنواخت اندازه

ماست منجمد نوعی دسر لبنی می باشد که علاوه بر ویژگی های فیزیکی بستنی، خصوصیات حسی و تغذیه ای محصولات لبنی تخمیری را نیز داراست. این محصول به طور معمول به صورت کم چرب تولید می شود همانطور که در گزارشی از ماست منجمدهای تجاری موجود در بازار آمریکا، دامنه چربی نمونه ها بین ۲/۵-۰/۸ درصد بیان شد (کاسیکاوسکی ۱۹۸۱). علاوه بر آن لاکتوز نیز در طی تولید این فراورده تخمیر می شود. بنابراین این محصول کم چرب و بدون لاکتوز می تواند بعنوان جایگزین مناسب بستنی، برای افرادی که مبتلا به چاقی، بیماریهای قلبی-عروقی و عدم تحمل لاکتوز هستند، مطرح گردد (سوکولیس و تی زیا ۲۰۰۸). آنچه مصرف کنندگان را به مصرف ماست منجمد ترغیب می نماید، برخورداری از فواید مربوط به حضور

هدف از بررسی اثر این صمغها بر خصوصیات فیزیکیوشیمیایی ماست منجمد، ارزیابی شرایط مناسب تولید و گسترش این محصول مغذی است که در کشور ما مورد توجه چندانی قرار نگرفته است.

مواد و روشها

آماده سازی ماست منجمد

برای تولید ماست از شیر پاستوریزه (۲/۵ درصد چربی) استفاده گردید. ماده خشک شیر با شیر خشک پس چرخ تنظیم شد و سپس شیر استاندارد شده در دمای ۸۵ درجه سانتیگراد به مدت ۳۰ دقیقه حرارت دهی و سپس تا دمای ۴۲ درجه سرد گردید. استارتر ماست (YC-X11,DVS، کریستین هانسن دانمارک) به میزان پیشنهاد شده شرکت سازنده (۰/۲٪ حجم شیر)، به شیر اضافه گردید. شیر مایه خورده در دمای ۴۲ درجه سانتیگراد انکوبه شد و زمانی که اسیدیته آن به ۸۰ درجه دورنیک رسید از انکوباتور خارج و سپس تا دمای یخچال سرد شد.

جهت تهیه ماست منجمد شاهد، مواد افزودنی شامل شکر (۱۶ درصد) و شیر خشک (جهت تنظیم ماده جامد کل تا ۳۰ درصد) در آب حل شدند و پس از اختلاط کامل، در دمای ۸۵ درجه سانتیگراد به مدت ۳۰ دقیقه پاستوریزه و سپس تا دمای یخچال سرد شد. در نمونه های آزمایشی، بسته به نوع تیمار غلظت های مختلف صمغ عربی (شرکت جهان شیمی - تهران) در غلظت های نهایی ۰٫۱، ۰٫۳ و ۰٫۵ گرم در لیتر و صمغ گوار (شرکت سازینیا - تهران) در غلظت های نهایی ۰٫۱، ۰٫۲ و ۰٫۳ گرم در لیتر به صورت پودر به مخلوط بالا اضافه گردید (گودا و همکاران ۱۹۹۳).

در مرحله بعد، ماست و مخلوط ذکر شده در بالا، بخوبی با هم مخلوط شده و مدت ۱۵ ساعت به منظور گذراندن مرحله رساندن، در یخچال نگهداری شد. بعد از اتمام مرحله رساندن، مخلوط در دستگاه بستنی ساز خانگی (فلر مدل IC-۱۰۰، آلمان) به مدت ۳۰ دقیقه منجمد گردید. محصول تولیدی در ظروف پلاستیکی توزیع و

کریستالها، تاثیر شوک حرارتی ناشی از دماهای بالا یا نوسان دمایی طی دوره نگهداری را کاهش و پایداری طی دوره نگهداری را افزایش میدهد (معین فرد و مظاهری تهرانی ۲۰۰۸).

مقدار پایدارکننده مورد استفاده مطابق با خصوصیات آن متفاوت است و بستگی به فاکتورهایی مانند مقدار مواد جامد مخلوط، نوع تجهیزات فرایند و دیگر عوامل دارد اما مقدار آن در بستنی حداکثر تا ۰/۵ درصد است که معمولا در محدوده ۰/۳-۰/۲ درصد استفاده می شود (ترکاشوند ۱۳۸۴). در صنایع غذایی صمغ گوار به عنوان عامل پایدارکننده و غلظت دهنده در گستره وسیعی از مواد غذایی استفاده می شود. مقدار مصرف آن نیز تا ۱ درصد می باشد (اسلاوین و نورمان ۲۰۰۳). صمغ عربی در سیستمهای غذایی هم به منزله امولسیون کننده و هم پایدارکننده استفاده می شود و از این طریق از رشد بلورهای یخ در بستنی و فراورده های مشابه می تواند جلوگیری کند (فاطمی ۱۳۸۱). مطالعات دیگری هم در مورد تاثیرات پایدارکننده ها بر خصوصیات فیزیکیوشیمیایی محصولات لبنی انجام شده است. برای مثال تاثیر هیدروکلوئیدی مثل صمغ گوار، صمغ زانتان و کربوکسی متیل سلولز بر خصوصیات فیزیکی و حسی ماست منجمد توسط سوکولیس و همکاران (۲۰۰۸) مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج این بررسی نشان داد که افزودن هیدروکلوئیدها هیچ تاثیری بر اسیدیته نداشته اما ویسکوزیته و حجم افزایشی محصول به طور معنی داری افزایش یافت. هم چنین در تحقیق مشابه دیگری که توسط سوکولیس و تی زیا (۲۰۰۸) انجام گرفت مشخص شد که با افزودن صمغ گوار در بستنی حجم افزایشی و ویسکوزیته نیز افزایش می یابد. معین فرد و مظاهری تهرانی (۲۰۰۸) اعلام کردند که نوع و غلظت پایدارکننده به طور معنی داری بر ویسکوزیته، حجم افزایشی، خصوصیات ذوب و خواص حسی ماست منجمد موثر می باشند. در این مطالعه مشخص شد که نوع و غلظت پایدارکننده ها هیچ تاثیری بر pH و اسیدیته محصول ندارد. آنها گزارش کردند که احساس دهانی محصول نیز متاثر از نوع و غلظت پایدارکننده ها نمی باشد.

نتایج و بحث

pH و اسیدیته

نتایج اندازه‌گیری اسیدیته و pH در جدول ۱ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود محدوده pH بین ۵/۱۷ - ۴/۹۶ و اسیدیته بین ۹۱ - ۶۴ دورنیک متغیر بوده است.

صمغ گوار و صمغ عربی در هیچ یک از سطوح، اثر معنی داری بر pH نداشتند ($P > 0.05$). این نتایج با گزارشات معین فرد و مظاهری تهرانی (۲۰۰۸) که بیان کردند استفاده از پایدارکننده‌ها تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر pH نمونه‌های ماست منجمد نداشته است، مطابقت دارد. اما با افزودن صمغ گوار اسیدیته نمونه نسبت به نمونه کنترل (بدون صمغ) به طور معنی‌داری افزایش یافت اگرچه بین دو سطح ۲ و ۳ گرم در لیتر این صمغ اختلاف اسیدیته معنی‌دار نبود. دلیل این امر را می‌توان به پدیده بیش اسید سازی^۲ (اسیدی کردن ثانویه) نسبت داد زیرا در نمونه‌های حاوی صمغ گوار، ویسکوزیته محصول بیشتر بوده و بنابراین قسمتهای مرکزی دیرتر سرد شده و امکان فعالیت استارت‌های ماست و به تبع آن تولید اسیدلاکتیک و کاهش pH در مرحله رساندن همچنان وجود داشته است. صمغ عربی نیز اسیدیته را نسبت به نمونه کنترل به طور معنی‌دار افزایش داد ($P < 0.05$). بین سطوح ۱ و ۳ گرم در لیتر صمغ عربی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. تفاوت بین غلظت‌های ۲ و ۳ گرم در لیتر از این صمغ نیز معنی‌دار نبود. نتایج بدست آمده مطابق با بررسی‌های انجام شده بر روی ۳۴ نمونه ماست منجمد تجاری در آمریکا، که pH نمونه‌ها در محدوده ۴ تا ۶/۵ گزارش شده بود (کاسیکائوسکی ۱۹۸۱)، می‌باشد.

در فریزر ۱۸- درجه سانتیگراد مرحله سخت شدن را گذراندند.

آزمونهای فیزیکوشیمیایی

pH مخلوط ماست منجمد قبل از انجماد با استفاده از دستگاه pH متر Methrom مدل ۸۲۷ (ساخت کشور سوئیس) اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری اسیدیته نیز بر حسب درجه دورنیک انجام گرفت.

در اندازه‌گیری حجم افزایشی^۱ از ظرفی با حجم مشخص استفاده شد. حجم یکسانی از نمونه قبل و بعد از انجماد برداشته شد. نمونه مورد نظر توزین شده و حجم افزایشی از طریق رابطه زیر محاسبه گردید:

$$100 \times \frac{\text{وزن نمونه بعد از انجماد} - \text{وزن نمونه قبل از انجماد}}{\text{وزن نمونه بعد از انجماد}} = \text{اورران}$$

ویسکوزیته مخلوط قبل از انجماد و پس از مرحله رساندن توسط ویسکومتر بروکفیلد (مدل DVII، آمریکا) در دمای ۵ درجه سانتیگراد اندازه‌گیری شد (آکین و همکاران ۲۰۰۷). بعد از آزمایشات مقدماتی، اسپیندل شماره ۶ بعنوان مناسب‌ترین اسپیندل انتخاب و اندازه‌گیری ویسکوزیته در $\text{rpm} = 70$ انجام شد.

جهت ارزیابی خصوصیات ذوب، یک قالب بستنی با وزن 30 ± 1 گرم بر روی الکی با مش ۰/۵ میلی‌متری (دمای ۲۵ درجه سانتیگراد) قرار داده شد. پس از مدت ۱ ساعت وزن مایع ذوب شده برحسب درصدی از وزن اولیه به عنوان سرعت ذوب شدن بیان شد. هم چنین زمان ذوب اولین قطره نیز ثبت شد (آکالین و اریزیر ۲۰۰۸).

داده‌های بدست آمده در قالب طرح کاملاً تصادفی به منظور ارزیابی فاکتورهای فیزیکوشیمیایی با استفاده از نرم افزار SAS تجزیه و تحلیل گردید. میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال خطای ۵٪ مقایسه شدند. کلیه آزمایشات در ۳ تکرار انجام شد.

² Post acidification

¹ overrun

جدول ۱- مقایسه میانگین pH و اسیدیته مخلوط های ماست منجمد تولیدی

اسیدیته (درجه دورنیک)	pH	غلظت (گرم در لیتر)	نمونه
۶۴/۰۰ ± ۱۰ ^{d*}	۵/۱۷ ± ۰/۰۴	۰	شاهد
۷۴/۶۷ ± ۴/۱۷ ^c	۵/۱۵ ± ۰/۰۵	۱	صمغ
۸۸/۶۷ ± ۱/۸۵ ^a	۵/۰۷ ± ۰/۰۱	۲	گوار
۸۷/۰۰ ± ۰/۵۷ ^{ab}	۵/۰۷ ± ۰/۰۰	۳	
۹۱/۰۰ ± ۰/۵۷ ^a	۵/۱۴ ± ۰/۰۲	۱	صمغ
۸۷/۳۳ ± ۱/۴۵ ^{ab}	۵/۰۵۳ ± ۰/۰۴	۳	عربی
۸۱/۶۷ ± ۰/۸۸ ^b	۵/۰۷ ± ۰/۰۹	۵	

*حروف غیر مشابه در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار میانگین ها در سطح ۵ درصد می باشد.

ویسکوزیته

با توجه به نتایج حاصل مشاهده می شود که در غلظت های برابر، صمغ گوار ویسکوزیته بیشتری از صمغ عربی ایجاد می کند زیرا برخلاف اکثر پلی ساکاریدها، افزایش ویسکوزیته در غلظتهای پایین صمغ عربی کم است ولی در غلظتهای بالاتر ویسکوزیته به سرعت افزایش می یابد. ایجاد ویسکوزیته کم صمغ عربی می تواند به دلیل ساختار پراشعاب این صمغ باشد. اما به طور کل می توان گفت اکثریت صمغ ها به دلیل خاصیت جذب آب خود سبب افزایش ویسکوزیته می شوند (آکالین و اریزیر ۲۰۰۸) و با افزایش ظرفیت اتصال به آب و تثبیت حالت فیزیکی مخلوط، مقاومت نمونه ها را در برابر جاری شدن افزایش میدهند (عباسی و رحیمی ۱۳۸۴)، لذا بدیهی است که با افزایش غلظت صمغ نیز ویسکوزیته افزایش یابد.

حجم افزایی

حجم افزایی در دسرهای منجمد، مستقیماً مربوط به هوای وارد شده به آنها طی تولید می باشد و به لحاظ تاثیری که بر کیفیت دارد، از اهمیت خاصی در این محصولات برخوردار است. بر طبق نتایج بدست آمده، میزان حجم افزایی در نمونه های مختلف در محدوده ۲۲/۳۷ تا ۳۹/۳۸ درصد متغیر بود. به طور کلی حجم افزایی پایین نمونه ها می تواند مرتبط به نوع فریزر مورد استفاده برای انجماد باشد که از نوع بستنی ساز خانگی بود. بستنی سازهای خانگی به دلیل داشتن پره های

آگاهی از مقادیر ویسکوزیته علاوه بر کمک به تعیین مناسب ترین فرمولاسیون، در انتخاب پمپ مناسب جهت انتقال و طراحی تجهیزات مورد نیاز حایز اهمیت می باشد (بهرام پرور و همکاران ۱۳۸۷). ویسکوزیته مخلوط تحت تاثیر عوامل متعددی مانند ترکیبات تشکیل دهنده بخصوص چربی و پایدارکننده، نوع و کیفیت اجزا، فراوری مخلوط، غلظت و دما می باشد. نتایج حاصل نشان داد که با اضافه کردن صمغ گوار به ماست منجمد

ویسکوزیته به طور معنی داری نسبت به نمونه کنترل (بدون صمغ) افزایش یافت (جدول ۲). کمترین و بیشترین مقادیر ویسکوزیته به ترتیب متعلق به نمونه کنترل (۱۵۲۲ میلی پاسکال ثانیه) و نمونه حاوی ۳ گرم در لیتر صمغ گوار (۳۳۰۵ میلی پاسکال ثانیه) بود. اختلاف ویسکوزیته بین غلظت های ۱ و ۲ گرم در لیتر صمغ گوار معنی دار ارزیابی نشد اما تفاوت آنها با سطح ۳ گرم در لیتر معنی دار بود ($p < 0.05$).

افزودن صمغ عربی نیز ویسکوزیته را به طور معنی داری افزایش داد (جدول ۳) به طوریکه نمونه حاوی ۵ گرم در لیتر صمغ عربی بالاترین ویسکوزیته را به خود اختصاص داد (۳۲۷۸ میلی پاسکال ثانیه). با افزایش غلظت صمغ ویسکوزیته افزایش یافت و اختلاف بین تمامی سطوح این صمغ معنی دار بود.

توان به افزایش ویسکوزیته نسبت داد که سبب به دام انداختن حبابهای هوا شده و باعث می‌شود سلولهای هوا بهتر در بافت محصول باقی بمانند.

مطابق با نتایج بدست آمده از این تحقیق، معین فرد و مظاهری تهرانی (۲۰۰۸) بیان کردند که نوع و غلظت پایدارکننده تاثیر معنی‌داری بر حجم افزایشی دارد. آنها با بررسی اثر سه پایدارکننده پانیسول، ثعلب و مخلوط امولسیفایر- پایدار کننده بر روی خصوصیات فیزیکوشیمیایی ماست منجمد، بیان کردند که در همه نمونه‌ها با افزایش غلظت پایدارکننده، حجم افزایشی نیز افزایش یافته‌است. سوکولیس و همکاران (۲۰۰۸) با بررسی تاثیر هیدروکلویدهایی مانند گوار، کربوکسی متیل سلولز، آلژینات و زانتان بر حجم افزایشی بستنی وانیلی به این نتیجه رسیدند که با افزایش غلظت تمامی هیدروکلویدها، حجم افزایشی یافته‌است.

خصوصیات ذوب شدن^۳ و زمان ذوب اولین قطره^۴ ذوب شدن بستنی شامل دو پدیده انتقال حرارت و انتقال جرم می‌شود. بدین صورت که در طی ذوب شدن، حرارت محیط تدریجاً از قسمت خارجی به قسمت داخلی بستنی نفوذ کرده و سبب ذوب کریستالهای یخ می‌شود. آب حاصل از ذوب کریستالهای یخ در فاز سرمی غیرمنجمد پخش شده و سپس مایع رقیق شده از ساختار کفی بستنی عبور کرده و در نهایت جریان می‌یابد (سوکولیس و همکاران ۲۰۰۸).

از جمله فاکتورهایی که بر شدت ذوب بستنی تاثیر می‌گذارند عبارتند از مقدار هوای وارد شده به بستنی (حجم افزایشی)، ساختار کریستالهای یخ و شبکه گلبولهای چربی تشکیل شده در طی انجماد. اندازه کریستالهای یخ نیز از دیگر عوامل تاثیرگذار بر شدت ذوب شدن می‌باشد (موس و هارتل ۲۰۰۴).

نتایج حاصل از آنالیز واریانس نشان داد که افزودن گوار به ماست منجمد به طور معنی‌داری سبب افزایش زمان ذوب اولین قطره می‌شود (جدول ۲). با افزایش میزان صمغ در نمونه‌ها از ۱ گرم در لیتر به ۳ گرم در لیتر زمان ذوب اولین قطره از ۲۹/۰۶ دقیقه به ۳۲/۴۱

ضعیف و نقص در مکانیسم زدن مخلوط نسبت به انواع فریزرهای غیرمداوم صنعتی، حجم افزایشی پایین‌تری را ایجاد می‌کنند. گزارشات دیگر هم نشان داده‌اند که استفاده از بستنی‌ساز خانگی، سبب حجم افزایشی کم در بستنی شده است (آکالین و همکاران ۲۰۰۸ و ایساریاچاکول، ۲۰۰۸). از عواملی که بر میزان حجم افزایشی تاثیرگذار هستند، می‌توان به مواد تشکیل دهنده (آکالین و همکاران ۲۰۰۸)، ویسکوزیته (معین فرد و مظاهری تهرانی ۲۰۰۸) و نوع فریزر مورد استفاده (ایساریاچاکول ۲۰۰۸) اشاره کرد. پروتئین، چربی و هیدروکلویدها فاکتورهای مهم تاثیرگذار بر ورود هوا و کنترل ترمودینامیکی حبابهای ناپایدار هوا هستند (سوکولیس و همکاران ۲۰۰۸). با افزودن صمغ گوار به نمونه‌ها حجم افزایشی به طور معنی‌داری نسبت به نمونه کنترل (بدون صمغ) افزایش یافت ($P < 0/05$). بیشترین حجم افزایشی در نمونه حاوی ۳ گرم در لیتر صمغ گوار (۲۲/۲۲ درصد) و کمترین میزان آن در نمونه کنترل (۲۲/۳۷ درصد) مشاهده شد.

اگرچه با افزایش غلظت صمغ، حجم افزایشی یافت اما اختلاف بین سطوح ۱ و ۲ گرم در لیتر معنی دار نبود. غلظت های ۲ و ۳ گرم در لیتر نیز تفاوت معنی داری در میزان حجم افزایشی نداشتند در حالیکه حجم افزایشی نمونه حاوی ۳ گرم در لیتر گوار، به طور معنی داری بالاتر از نمونه حاوی ۱ گرم در لیتر بود. صمغ عربی در تمامی غلظت ها به طور معنی‌داری حجم افزایشی را در مقایسه با نمونه کنترل افزایش داد ($P < 0/05$). با افزایش غلظت صمغ از ۱ گرم در لیتر به ۳ گرم در لیتر حجم افزایشی نیز از مقدار ۳۰/۱۹ به ۳۰/۵۶ افزایش یافت که این اختلاف در سطح ۵ درصد معنی‌دار ارزیابی نشد اما با افزایش مقدار صمغ عربی به ۵ گرم در لیتر، حجم افزایشی نیز به شکل معنی داری نسبت به دو غلظت دیگر افزایش یافت (۳۹/۳۸ درصد). در تفسیر نتایج بدست آمده باید گفت ویسکوزیته و حجم افزایشی به نوعی با هم مرتبط بوده و تغییر در نوع و غلظت پایدارکننده و به دنبال آن تغییر ویسکوزیته، سبب تغییر در میزان حجم افزایشی نیز می‌شود (معین فرد و مظاهری تهرانی، ۲۰۰۸). افزایش حجم افزایشی در حضور ترکیبات هیدروکلویدهی را می

³ Melting rate

⁴ First dripping

حرارتی مناسب، سرعت انتقال حرارت و بنابراین سرعت ذوب را در نمونه ها، کاهش می دهد (سوفجان و هارتل ۲۰۰۴ و گودا و همکاران ۱۹۹۳). آنالیز همبستگی نتایج حاصل در این تحقیق نیز ارتباط منفی بین حجم افزایشی و شدت ذوب شدن ($P = ۰/۰۹۱$ ، $r = -۰/۵۹۳$) و هم چنین وابستگی مثبت حجم افزایشی و زمان ذوب اولین قطره ($P = ۰/۲۷۷$ ، $r = ۰/۴۰۶$) را نشان داد.

دقیقه تغییر یافت اما این اختلاف زمانی به لحاظ آماری و در سطح ۵٪ معنی دار ارزیابی نشد ($p > ۰/۰۵$). با افزایش میزان صمغ گوار، شدت ذوب شدن نیز کاهش یافت. این کاهش در نمونه حاوی ۱ گرم در لیتر صمغ (۸۴/۵۱۴ درصد) نسبت به نمونه کنترل (۹۶/۴۰۱ درصد) معنی دار نبود اما غلظت های ۲ و ۳ گرم در لیتر گوار کاهش معنی داری را در شدت ذوب شدن سبب شدند. بین سطوح ۲ و ۳ گرم در لیتر نیز اختلاف معنی داری مشاهده نشد. در واقع هیدروکلوئیدها بخاطر توانایی در نگهداری آب بر روی کیفیت ذوب شدن بستنی موثر هستند (مارشال و همکاران ۲۰۰۳) و با افزایش غلظت آنها، شدت ذوب کاهش می یابد.

صمغ عربی نیز در تمامی غلظت ها، تاثیر معنی داری بر افزایش زمان ذوب اولین قطره داشت. نمونه کنترل (بدون صمغ) با ۱۷/۲ دقیقه کوتاه ترین و نمونه حاوی ۵ گرم در لیتر صمغ عربی با ۲۳۶۳ ثانیه طولانی ترین زمان را جهت ذوب اولین قطره به خود اختصاص دادند. نتایج حاکی از آن بود که با افزایش غلظت صمغ، زمان ذوب اولین قطره نیز طولانی تر شده و اختلاف بین تمامی غلظت های صمغ عربی در سطح ۵ درصد معنی دار ارزیابی شد. این صمغ شدت ذوب شدن را نیز به طور معنی داری نسبت به نمونه کنترل کاهش داد اما بین غلظت های مختلف آن، اختلاف معنی داری وجود نداشت.

کاهش شدت ذوب محصول در اثر افزودن صمغ ها می تواند به این دلیل باشد که افزایش غلظت صمغ سبب افزایش ویسکوزیته فاز سرمی شده و بنابراین زمان بیشتری برای آب لازم است تا در فاز سرم غلیظ پخش شود.

همانطور که گفته شد، مشخص شده است که حجم افزایشی نیز از جمله عوامل تاثیرگذار بر خصوصیات ذوب شدن محصولات منجمد هوادهی شده می باشد. یافته های این تحقیق نیز حاکی از آن بود که نمونه هایی که حجم افزایشی بالاتری دارند با سرعت کمتری ذوب می شوند و زمان ذوب اولین قطره آنها طولانی تر است. دلیل این امر به وجود مقادیر بیشتر هوا در این نمونه ها نسبت داده شده است زیرا هوا به عنوان یک عایق

جدول ۲- مقایسه میانگین خصوصیات فیزیکی ماست منجمدهای تولیدی حاوی گوار

نمونه	غلظت (گرم در لیتر)	ویسکوزیته (میلی پاسکال ثانیه)	حجم افزایشی (درصد)	زمان ذوب اولین قطره (دقیقه)	شدت ذوب شدن (درصد)
	.	۱۵۲۲ ± ۱۳/۲۲ ^{c*}	۲۲/۳۷ ± ۰/۹۴ ^c	۱۷/۲ ± ۲/۶۸ ^b	۹۶/۴ ± ۱/۰۱ ^a
۱	۱	۲۷۲۹ ± ۵۷/۷۳ ^b	۳۲/۳۹ ± ۱/۱۷ ^b	۲۹/۰۶ ± ۰/۶۷ ^a	۸۴/۵۱ ± ۵/۷ ^{ab}
۲	۲	۲۸۲۸ ± ۳۳/۱۹ ^b	۳۵/۳۴ ± ۰/۷۹ ^{ab}	۲۹/۸ ± ۲/۵۲ ^a	۷۵/۶۶ ± ۴/۲۹ ^b
۳	۳	۳۳۰۵ ± ۲۹۶/۳۴ ^a	۳۸/۲۲ ± ۰/۵۳ ^a	۳۲/۴۱ ± ۱/۸۶ ^a	۷۴/۷۲ ± ۲/۹۲ ^b

*حروف غیر مشابه در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار میانگین ها در سطح ۵ درصد می باشد.

جدول ۳- مقایسه میانگین خصوصیات فیزیکی ماست منجمدهای تولیدی حاوی صمغ عربی

نمونه	غلظت (گرم در لیتر)	ویسکوزیته (میلی پاسکال ثانیه)	حجم افزایشی (درصد)	زمان ذوب اولین قطره (دقیقه)	شدت ذوب شدن (درصد)
	.	۱۵۲۲ ± ۱۳/۲۲ ^{d*}	۲۲/۳۷ ± ۰/۹۴ ^c	۱۷/۲ ± ۲/۶۸ ^d	۹۶/۴ ± ۱/۰۱ ^a
۱	۱	۱۸۲۸ ± ۱۴۸/۶۶ ^c	۳۰/۱۹ ± ۰/۷۵ ^b	۲۳/۳۶ ± ۳/۶۶ ^c	۷۷/۷۲ ± ۰/۷۸ ^b
۳	۳	۲۲۵۷ ± ۳۲/۹ ^b	۳۰/۵۶ ± ۱/۱۹ ^b	۳۱/۵۵ ± ۲/۷ ^b	۷۵/۹۴ ± ۳/۹۵ ^b
۵	۵	۳۲۷۸ ± ۵۳/۴ ^a	۳۹/۳۸ ± ۰/۲۷ ^a	۲۹/۳۸ ± ۱/۷ ^a	۷۲/۰۳ ± ۴/۴۹ ^b

*حروف غیر مشابه در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار میانگین ها در سطح ۵ درصد می باشد

نتیجه گیری کلی

پایدارکننده های ذکر شده، خصوصیات فیزیکی ماست منجمد حاوی ۵ گرم در لیتر صمغ عربی بخاطر نتایج مطلوبتر خصوصیات مانند شدت ذوب شدن، حجم افزایشی و ویسکوزیته به عنوان بهترین نمونه پیشنهاد می گردد.

در این تحقیق اثر دو نوع پایدارکننده بر برخی خصوصیات فیزیکی ماست منجمد بررسی شد. اگرچه استاندارد بین المللی خاصی برای ماست منجمد تدوین نشده است اما با توجه به بررسی منابع مختلف، مشخص گردید که نمونه های تولیدی حاوی

منابع مورد استفاده

بهرام پرور م، حداد خداپرست م ح و امینی ا م، ۱۳۸۷. بررسی تاثیر جایگزینی مقادیر مختلف صمغ های کربوکسی متیل سلولز و ثعلب با صمغ

دانه بالنگو شیرازی بر خصوصیات بستنی سخت خامه ای. مجله پژوهش های علوم و صنایع غذایی، ص ۳۷ تا ۴۸.

ترکاشوند ی، ۱۳۸۴. در ترجمه بستنی، مارشال آر تی و آربوکل اس دلیو. (مولفین). تهران. انتشارات انا، ص ۶۱۲.

عباسی س و رحیمی س، ۱۳۸۴. بررسی تاثیر غلظت، دما، pH و سرعت چرخشی روی رفتار جریان محلول صمغ کتیرای ایرانی. فصلنامه علوم و صنایع غذایی ایران، دوره ۲، شماره چهارم، ص ۲۹ تا ۴۲.

فاطمی ح، ۱۳۸۱. شیمی مواد غذایی. شرکت سهامی انتشار. تهران، ص ۴۷۶.

- Akalin AS 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
- 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. *European Food Research Technology* 227: 889-895.
- Akin MB, AkIn MS 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.
- Guda E, Attia IA, Salem SA and Kamar MS, 1993. Studies on frozen yogurt: manufacturing method. *Egyptian Journal of food science*. 21: 57-66.
- Issariyachaikul K, 2008. Development of modified fat ice cream products using inulin as a fat replacer, *Mahidol*, p. 87.
- Kosikowski FV, 1981. properties of commercial flavored frozen yogurt. *Journal Of Food Protection*, 44: 853-856.
- Marshall RT, 2001, Frozen dessert, in Marth, E. H., and Steele, J. L., editors, *Applied Dairy Microbiology*. New York, Dekker.
- Marshall RT, Goff HD and Hartel RW, 2003. *Ice cream*. New York, Kluwer Academic/ Plenum Publisher.
- Moenfard M and Mazaheri Tehrani M, 2008. Effect of Some Stabilizers on the Physicochemical and Sensory Properties of Ice Cream Type Frozen Yogurt. *American-Eurasian Journal of Agriculture & Environment Science* 4 (5): 584-589.
- 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.
- Sofjan RP and Hartel RW, 2004. Effects of overrun on structural and physical characteristics of ice cream. *International Dairy Journal*. 14: 255-262.
- Slavin JL and Norman A, 2003. partially hydrolyzed guar gum. *clinical nutrition uses: Nutrition*. 19: 549-552.
- Soukoulis C and Tzia C, 2008. Impact of the acidification process, hydrocolloids and protein fortifiers on the physical and sensory properties of frozen yogurt. *International Journal of Dairy Technology*. 61: 170-177.
- Soukoulis C, Chandrinou I and Tzia C, 2008. Study of the functionality of selected hydrocolloids and their blends with [kappa]-carrageenan on storage quality of vanilla ice cream. *LWT Food Science and Technology*. 41: 1816-1827.