نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۷، شماره ۱، بهار ۱۳۹۰، ص. ۴۹ ۴۲

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 7, No. 1, 2011, p. 42-49

بررسی خواص رئولوژیکی و حسی ماست منجمد حاوی غلظت‌های مختلف صمغ عربی و صمغ گوار

راحیل رضایی[۱] مرتضی خمیری[۲*] مهدی کاشانی نژاد[۲] مهران اعلمی[۳]

تاریخ دریافت: ۸۹/۵/۳۱
تاریخ پذیرش: ۸۹/۱۱/۴

چکیده

صمغ ها از مهمترین پایدارکننده های مورد استفاده در صنعت بستنی و سایر دسرهای لبنی می باشند. در این پژوهش، اثر افزودن غلظت های مختلف صمغ گوار (۰، ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ درصد) و صمغ عربی (۰، ۰/۱، ۰/۳ و ۰/۵ درصد) بر رفتار رئولوژیکی ماست منجمد مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج حاصل نشان داد که هر دو صمغ افزوده شده سبب شدند ماست منجمد رفتار ضعیف شونده با برش از خود نشان دهد. با مقایسه رفتار جریان نمونه ها با مدل های قانون توان، کاسون و هرشل بالکی مشخص شد اکثر نمونه ها با ضریب همبستگی بالایی از مدل قانون توان تبعیت می کنند. ارزیابی حسی نمونه ها نیز نشان داد که افزودن صمغ ها باعث بهبود نسبی پذیرش کلی آنها نسبت به نمونه شاهد شد.

واژه‌های کلیدی: صمغ گوار، صمغ عربی، ماست منجمد، رئولوژی

مقدمه

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 آرومای ماست به همراه سردی بستنی است (Tamime & Rabinson, 1999). اجزای اصلی تشکیل‌دهنده این فراورده معمولا عبارتند از : شیر کامل، شیر کم چرب، شیر بدون چربی، خامه، مغزها، طعم دهنده‌ها، پایدارکننده‌ها، امولسیفایر و دیگر افزودنی‌های مجاز و مناسب که بعد از پاستوریزه کردن غالبا با گونه های *لاکتوباسیلوس بولگاریکوس* و *استرپتوکوکوس ترموفیلوس* کشت داده می‌شوند (Ordonez et al., 2000). پایدارکننده‌ها در این محصول سبب تشکیل ژل در آب شده یا با ترکیب شدن با بخشی از آب موجود در فراورده‌ها از تشکیل کریستال یخ جلوگیری کرده و نیز تغییرات فاز یخ به آب و آب به یخ را در طی نگهداری کاهش می دهند. همه پایدارکننده‌ها به دلیل ظرفیت بالای نگهداری آب، در نرم شدن بافت و ایجاد پیکره در فراورده موثرند (Marshall&Arbuckle, 1996). مهمترین اثر پایدار کننده‌ها در دسرهای لبنی منجمد توانایی آنها جهت کنترل کریستالیزاسیون مجدد و شوک حرارتی ناشی از نوسانات دمایی در طی مرحله سخت کردن و دوره نگهداری است. طبیعت هیدروکلوییدی پایدار کننده‌ها باعث افزایش ویسکوزیته شده و رفتار ذوب شدن محصول را بهبود می بخشد (Issariyachaikul, 2008). استفاده از این ترکیبات در فراورده ای مانند بستنی و محصولات مشابه سبب افزایش زمان ذوب شدن نیز می‌شوند (Williams & Phillips, 2000). پایدارکننده ها همچنین اثرات قابل توجهی بر رفتار رئولوژیکی مخلوط ها دارند. در مورد اثر پایدارکننده ها بر رفتار رئولوژیکی تحقیقات چندی صورت گرفته است. Minhas و همکاران (۲۰۰۲) خصوصیات رفتار جریان مخلوط بستنی حاوی پایدارکننده های مختلف را مورد بررسی قرار داده و حالت سودوپلاستیکی این نمونه ها را گزارش کردند. Paseephol و همکاران (۲۰۰۸) نیز اثر اینولین را بر رفتار رئولوژیکی

[۱] دانش آموخته کارشناسی ارشد دانشکده علوم و صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
[۲] دانشیار دانشکده علوم و صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
(* نویسنده مسئول: Email: mkhomeiri@yahoo.com)
[۳] استادیار دانشکده علوم و صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

ماست مورد ارزیابی قرار دادند. آنها در نتیجه بیان کردند نمونه ها رفتار ضعیف شوندگی با برش از خود نشان داده وبا ضریب تصحیح بالایی منطبق با مدل هرشل بالکی شدند. در تحقیقی دیگر تاثیر هیدروکلوییدهایی مانند پکتین و صمغ دانه های مرو و ریحان بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی ماست چکیده کم چرب مورد بررسی قرار گرفته است (رزمخواه شربیانی و همکاران، ۱۳۸۹). در این مطالعه مشخص شد افزودن هیدرکلوییدها تاثیر مثبتی بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی ماست داشتند اما ویسکوزیته در نمونه های حاوی صمغ نسبت به نمونه شاهد کمتر بود. صمغ گوار و عربی از مهمترین پایدارکننده های مورد استفاده در صنعت بستنی برای جلوگیری از رشد کریستالهای یخ می باشند. صمغ گوار پلی ساکاریدی با وزن مولکولی بالا (تقریبا ۸۰۰۰۰۰۰ ۵۰۰۰۰ دالتون) می باشد. این صمغ در حلالهای آلی و آب سرد محلول است و بدون حرارت دادن یک محلول بشدت ویسکوز را تشکیل می دهد و حتی غلظت‌های کم آن می‌تواند ویسکوزیته خیلی زیادی ایجاد کند. صمغ عربی نیز ماده ای مترشحه از درخت آکاسیا و هترو پلی‌ساکاریدی پیچیده است که از ترکیباتی با وزن مولکولی بالا (۸۵۰ ۳۵۰ کیلو دالتون) تشکیل شده است (Williams & Phillips,2000). نکته قابل توجه در مورد صمغ عربی این است که بر خلاف پلی ساکاریدهای دیگر که حتی در غلظت‌های کم خود باعث افزایش ویسکوزیته می‌شوند، افزایش ویسکوزیته در غلظت‌های پایین صمغ عربی کم است، ولی در غلظت زیاد آن به سرعت ویسکوزیته افزایش می‌یابد.

رفتار رئولوژیکی مخلوطها در بسیاری از قسمتهای کارخانجات صنعتی که تحت تاثیر رئولوژی سیال هستند مثل فرایندهای اختلاط، خط لوله‌ها و پمپ‌ها اهمیت دارد. علاوه بر آن پایداری محصول در دوره نگهداری طولانی مدت و بافت آن که در احساس دهانی بسیار موثر است، تحت تاثیر رفتار رئولوژیکی محصول قرار دارد. بنابراین با دانستن رفتار جریان محصول، پیشگویی شرایط لازم جهت طراحی و فراوری و بنابراین تولید محصول با کیفیت، امکان پذیر می‌شود (Ibanoglu, 2002). لذا با توجه به این موارد و اهمیت اطلاع از خصوصیات رئولوژیکی مواد غذایی، این تحقیق به بررسی رفتار غلظت های مختلف این دو صمغ در سیستم غذایی ماست منجمد پرداخته است.

مواد و روشها

تولید ماست منجمد

جهت تولید ماست از شیر پاستوریزه (٪ ۲/۵ چربی پگاه گلستان) استفاده گردید. ماده خشک شیر با شیر خشک پس چرخ تنظیم گردید. شیر استاندارد شده در دمای ۸۵ درجه سانتیگراد به مدت ۳۰ دقیقه حرارت دهی شد و به دنبال آن تا دمای ۴۲ درجه سانتیگراد سرد گردید. سپس استارتر ماست YC-X11 (DVS- کریستین هانسن، دانمارک) به میزان پیشنهاد شده شرکت سازنده، به شیر افزوده شد. شیر مایه خورده در دمای ۴۲ درجه سانتیگراد گرمخانه گذاری گردید تا اسیدیته آن به ۸۰ درجه دورنیک برسد و سپس تا دمای یخچال سرد شد.

مواد دیگر شامل شکر (٪۱۶)، شیر خشک (جهت تنظیم ماده جامد کل تا ۳۰ ٪) و بسته به نوع تیمار درصدهای مختلف صمغ عربی (۰/۱، ۰/۳ و ۰/۵) یا صمغ گوار (۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳) در آب حل شدند و پس از اختلاط کامل در دمای ۸۵ درجه سانتیگراد به مدت ۳۰ دقیقه پاستوریزه گردید و سپس تا دمای یخچال سرد شد (Guda et al.,1993). در مرحله بعد، ماست و مخلوط مذکور به خوبی با هم مخلوط و یکنواخت شده و به مدت ۱۵ ساعت به منظور طی مرحله رساندن، در یخچال نگهداری شد. بعد از اتمام مرحله رساندن، این مخلوط در دستگاه بستنی ساز خانگی به مدت ۳۰ دقیقه منجمد گردید. محصول تولیدی در ظروف پلاستیکی ۵۰ سی سی استریل توزیع و در فریزر ۱۸- مرحله سخت شدن را طی کرد.

اندازه گیری ویسکوزیته ظاهری

ویسکوزیته ظاهری مخلوط ماست قبل از انجماد و پس از مرحله رساندن توسط دستگاه ویسکومتر بروکفیلد (مدل DVII، آمریکا) در دمای ۵ درجه سانتیگراد اندازه گیری شد (Akin et al., 2007). بعد از آزمایشات مقدماتی، اسپیندل شماره ۶ به عنوان مناسب‌ترین اسپیندل و rpm= ۷۰ به عنوان سرعت چرخشی مورد نظر انتخاب شد که در آن گشتاور تمام نمونه ها در حد قابل قبول ۱۰۰- ۱۰ بود (مطابق با دستورالعمل سازنده دستگاه).

تعیین رفتار رئولوژیکی

برای تعیین رفتار رئولوژیکی مخلوط ماست منجمد، داده‌های خام بدست آمده از ویسکومتری نمونه‌ها با استفاده از رابطه‌های ریاضی توصیف شده توسط Mitschka (۱۹۸۲) به سرعت برشی و تنش برشی تبدیل و نمودار رفتار جریان نمونه‌ها بر این اساس مقایسه شدند (Briggs & Steffe1997;Constenla & Lozano, 2005; عباسی و فروغی نیا،۱۳۸۶). رفتار جریان نمونه‌ها با مدلهای قانون توان (معادله ۱)، کاسون (معادله ۲) و هرشل- بالکی (معادله ۳) مقایسه شدند. روابط این معادلات در ادامه آورده شده است:

$$\tau = k(\gamma^{\cdot})^{n} \quad (۱)$$

$$\tau^{0.5} = k_{0c}^{0.5} + k_c(\gamma^{\cdot 0.5}) \quad (۲)$$

$$\tau = \tau_0 + k(\gamma^{\cdot})^{n} \quad (۳)$$

در معادله (۱) و (۳)؛ τ، τ_0، $\gamma^{\cdot}$، 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_{0c} رض از مبدا نمودار $\tau^{0.5}$ و $\gamma^{0.5}$ و k_c شیب نموداراست و $\mu_c = k_c^2$ و $\tau_{0c} = k_{0c}^2$ که به ترتیب عبارتند از ویسکوزیته کاسون (pa.s) و تنش تسلیم کاسون (pa).

ارزیابی حسی

برای ارزیابی خصوصیات حسی محصول از ۷ داور استفاده شد. پس از آموزش اولیه به داوران جهت آشنایی با خصوصیات مورد نظر، نمونه‌ها از نظر بافت، طعم، رنگ و پذیرش‌کلی ارزیابی شدند. در این آزمون از روش هدونیک ۵ نقطه‌ای استفاده شد که به نمونه عالی نمره ۵، خوب ۴، متوسط ۳، بد ۲ و خیلی بد ۱ تعلق گرفت.

طرح آماری

تجزیه و تحلیل نتایج در قالب طرح کاملا تصادفی[1] انجام گرفت. 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.

نتایج و بحث

ویسکوزیته ظاهری

ویسکوزیته ظاهری مخلوط های بستنی و فراورده های مشابه آن از فاکتورهای مهم و تاثیر گذار بر روی کیفیت بافت محصول نهایی می باشند. نتایج نشان داد با اضافه کردن صمغ گوار به مخلوط ماست منجمد ویسکوزیته ظاهری به طور معنی داری نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت (شکل۱). کمترین و بیشترین ویسکوزیته ظاهری به ترتیب در نمونه شاهد (۱۵۲۲ سانتی پواز) و نمونه حاوی ۰/۳ درصد صمغ گوار (۳۳۰۵ سانتی پواز) بدست آمد. اختلاف ویسکوزیته ظاهری بین سطح ۰/۱ و ۰/۲ درصد صمغ گوار معنی‌دار ارزیابی نشد اما تفاوت آنها با سطح ۰/۳ درصد معنی‌دار بود ($p < ۰/۰۵$).

افزودن صمغ عربی نیز ویسکوزیته ظاهری را به طور معنی‌داری افزایش داد (شکل ۲) به طوریکه نمونه حاوی ۰/۵ درصد صمغ عربی بالاترین ویسکوزیته ظاهری را به خود اختصاص داد (۳۲۷۸ سانتی پواز). با افزایش غلظت این صمغ، ویسکوزیته ظاهری افزایش یافت و اختلاف بین تمامی سطوح صمغ معنی‌دار بود ($P < ۰/۰۵$). رزمخواه شربیانی و همکاران (۱۳۸۹) نیز گزارش کردند یا افزایش غلظت صمغ از ۰/۱۵ به ۰/۲ درصد، ویسکوزیته نمونه های ماست چکیده بدون چربی افزایش یافت.

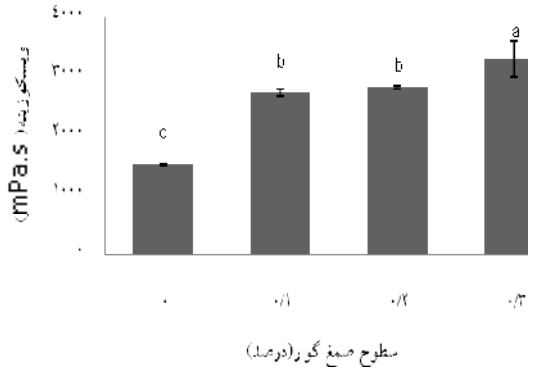
به طور کل افزایش ویسکوزیته ظاهری در نمونه‌های حاوی صمغ می‌تواند مربوط به واکنش صمغ‌ها با قسمت مایع مخلوط (Akalin et al., 2008) و خاصیت جذب آب بالای این ترکیبات (Moeenfard & Mazaheri Tehrani, 2008)باشد. این ترکیبات با افزایش ظرفیت اتصال به آب سبب کاهش جریان پذیری و افزایش مقاومت نمونه در برابر جاری شدن یا همان ویسکوزیته ظاهری می شوند (عباسی و رحیمی، ۱۳۸۴). همانطور که انتظار می‌رفت در غلظت‌های برابر، صمغ گوار باعث افزایش بیشتر ویسکوزیته ظاهری نسبت به صمغ عربی شده است. افزایش ویسکوزیته ظاهری در غلظتهای پایین صمغ عربی، کم می‌باشد در حالیکه صمغ گوار حتی در غلظتهای پایین به سهولت آب جذب می‌کند. صمغ گوار و صمغ عربی در دسته‌ی فیبرهای رژیمی قرار دارند و انتظار می‌رود خصوصیات فیزیکوشیمیایی فیبرها را دارا باشند. Soukoulis و همکاران (۲۰۰۹)نشان دادند که افزودن فیبرهای رژیمی مانند اینولین، فیبر جو و فیبر گندم به بستنی، بر رفتار رئولوژیکی مخلوط بستنی اثرگذار بوده و باعث افزایش ویسکوزیته می‌شود. آنها افزایش ویسکوزیته را به دلیل افزایش غلظت سرم در نتیجه نگهداری آب توسط فیبرها اعلام کردند. بهرام پرور و همکاران (۱۳۸۷) نیز استفاده از دو پایدارکننده کربوکسی متیل سلولز و صمغ بالنگو در بستنی خامه‌ای را سبب افزایش ویسکوزیته دانسته‌اند.

اثر صمغ گوار بر رفتار رئولوژیکی

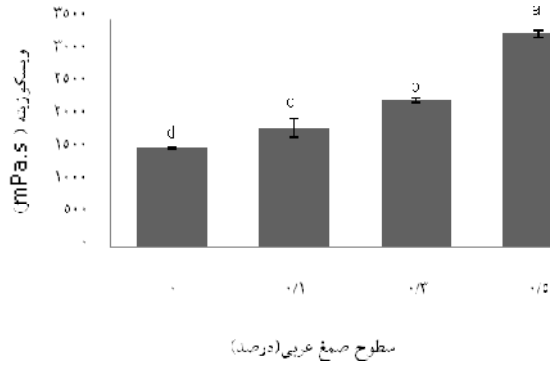
شکل ۳ رابطه‌ی تنش برشی- سرعت برشی را در نمونه‌های حاوی صمغ گوار نشان می دهد. با مشاهده رابطه غیر خطی تنش برشی و سرعت برشی، رفتار غیر نیوتنی سیال مشخص می شود. شکل ۴ که نمایانگر اثر سرعت برشی بر ویسکوزیته است، نشان می دهد که در اثر افزایش سرعت برشی، تغییرات بیشتری در ویسکوزیته ظاهری نمونه‌های حاوی ۰/۲ و ۰/۳ درصد صمغ گوار نسبت به نمونه حاوی ۰/۱ درصد صمغ و نمونه شاهد اتفاق می افتد. میزان تغییرات اولیه ویسکوزیته ظاهری نیز، در نمونه شاهد نسبت به نمونه های حاوی صمغ گوار کمتر می باشد.علاوه بر اینکه با ملاحظه این اشکال مشخص می‌شود کاهش ویسکوزیته ظاهری در نقاط ابتدایی به دلیل از بین رفتن باندهای بین مولکولی شدیدتر بوده و سپس به آرامی کاهش می‌یابد. کاهش تغییرات ویسکوزیته همزمان با افزایش سرعت برشی را می توان به کاهش اندازه توده های کلوییدی موجود در نمونه نسبت داد(Ibanoglou,2002). Naresh و Shailaja (۲۰۰۶) نیز خاصیت ضعیف شوندگی با برش را برای غلظت ۰/۳ گوار تایید کردند. جدول ۱ نتایج حاصل از برازش رفتار رئولوژیکی مخلوط ماست منجمد حاوی صمغ گوار با مدلهای مختلف رئولوژیکی (قانون توان، کاسون و هرشل- بالکی) آورده شده است. در نمونه‌های حاوی سطوح مختلف صمغ گوار همانند نمونه شاهد (بدون صمغ گوار)، شاخص

1 - Completely Randomized Design

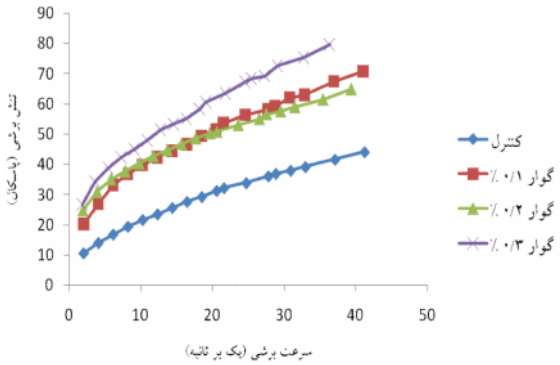
رفتار جریان کمتر از ۱ بوده است که موید این مطلب است که افزودن گوار اساس خاصیت سودوپلاستیکی ماست منجمد را تغییر نداده است و تنها سبب تشدید رفتار ضعیف شوندگی با برش شده است. گوار در سطح ۰/۱ و ۰/۲ درصد با مدل قانون توان بخوبی منطبق می‌باشد (به ترتیب R^2 =۰/۹۹۶ و R^2 =۰/۹۹۷) اما در سطح ۰/۳ مدل کاسون بهتر توانسته رفتار سیال را پیش بینی کند. عباسی و رحیمی (۱۳۸۴) نیز بیان کردند امکان تغییر رفتار تحت تاثیر غلظت صمغ وجود دارد که در بسیاری از ترکیبات هیدروکلوئیدی دیده می‌شود. به طور کلی، مدل قانون توان با محدوده ۰/۹۹۸ – ۰/۹۹۲ = R^2 برای همه تیمارها، نسبت به سایر مدلها بهتر توانست پیش بینی کننده رفتار تمام غلظت‌های گوار باشد. پارامترهای این مدل نشان می‌دهد که با افزایش غلظت گوار، کاهش شاخص رفتار جریان(n) اتفاق می‌افتد که موید فاصله گرفتن مخلوط از حالت نیوتنی می‌باشد.



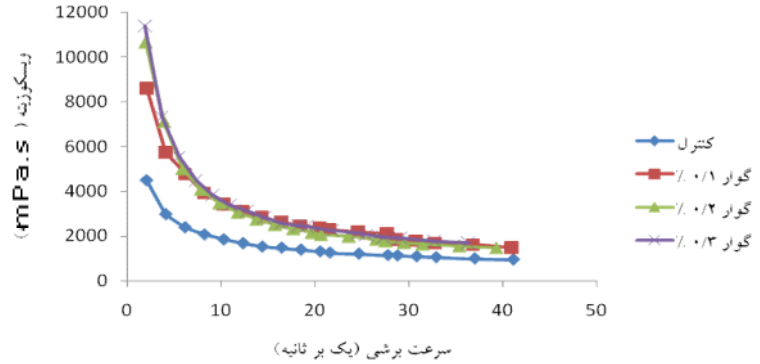
شکل ۱ اثر غلظت های مختلف صمغ گوار بر ویسکوزیته ظاهری مخلوط ماست منجمد (rpm=۷۰ و دمای ۵°C)



شکل ۲ اثر غلظت های مختلف صمغ عربی بر ویسکوزیته ظاهری مخلوط ماست منجمد (rpm=۷۰ و دمای ۵°C)



شکل ۳ رابطه سرعت برشی- تنش برشی در مخلوط ماست منجمد حاوی صمغ گوار



شکل ٤ تاثیر سرعت برشی بر ویسکوزیته ظاهری مخلوط ماست منجمد حاوی صمغ گوار

جدول ۱ پارامترهای مدل قانون توان، کاسون و هرشل بالکی برای مخلوط ماست منجمد حاوی صمغ گوار

صمغ گوار(٪)	قانون توان			کاسون			هرشل بالکی			
	n	k	R^2	K_c^2	τ_{0c}	R^2	n	k	τ_0	R^2
۰	۰/۵۱۴	۶/۵۱۴	۰/۹۹۸	۰/۳۶۷	۷/۷۷	۰/۹۹۵	۰/۸۳۲	۱/۴۹۵	۱۲/۰۴	۰/۹۹۲
۰/۱	۰/۴۰۳	۱۵/۴۵۶	۰/۹۹۶	۰/۴۸۴	۱۶/۰۵	۰/۹۹۳	۰/۷۶۱	۳/۱۸	۱۹/۵۶	۰/۹۸
۰/۲	۰/۳۱۲	۲۰/۰۰۵	۰/۹۹۷	۰/۳۴۴	۱۹/۷۲	۰/۹۸۸	۰/۷۴۹	۳/۰۴۶	۲۱/۵	۰/۹۵۶
۰/۳	۰/۳۶۱	۲۰/۹۲۶	۰/۹۹۲	۰/۵۸۹	۱۹/۰۴	۰/۹۹۵	۰/۷۹۶	۳/۵۳۲	۲۲/۸۳	۰/۹۶۸

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

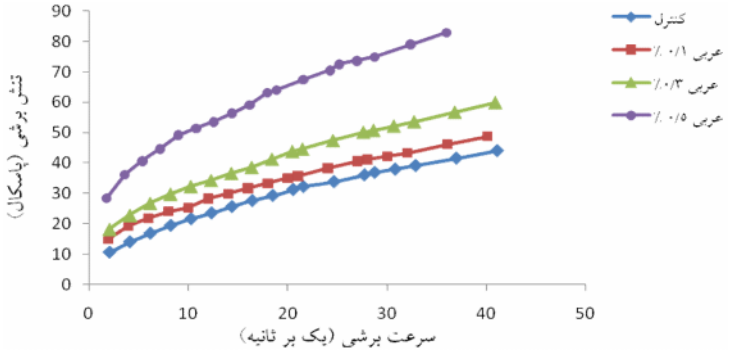
τ_{0c}= تنش تسلیم کاسون (Pa) R^2= ضریب همبستگی

تاثیر صمغ عربی بر رفتار رئولوژیکی

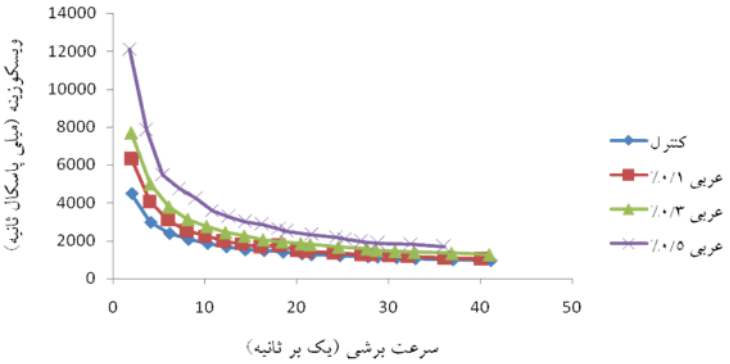
رابطه‌ی سرعت برشی و تنش برشی در نمونه‌های دارای صمغ عربی نیز مشابه با صمغ گوار بود (شکل ۵). همانطور که شکل نشان می‌دهد با افزایش سرعت برشی، تنش برشی به طور غیر خطی افزایش یافته است. به دلیل اینکه صمغ عربی در غلظتهای پایین ویسکوزیته ظاهری را زیاد افزایش نمی‌دهد، لذا میزان افزایش تنش برشی در اثر افزایش سرعت برشی، در غلظتهای ۰/۱ و ۰/۳ درصد از این صمغ تفاوت چندانی با نمونه شاهد (بدون صمغ) ندارند درحالیکه نمونه حاوی غلظت ۰/۵ درصد صمغ عربی تفاوت بیشتری با نمونه شاهد دارد. شکل ۶ نیز رابطه‌ی بین سرعت برشی و ویسکوزیته ظاهری را نشان می‌دهند. در غلظت ۰/۵ درصد، کاهش ویسکوزیته ظاهری در برش‌های ابتدایی نسبت به غلظت ۰/۳ و ۰/۱ درصد، شدیدتر بوده است. در تمامی نمونه‌ها، کاهش ویسکوزیته ظاهری در برش‌های نهایی کمتر می‌شود. اگر چه شیب نمودار مربوط به نمونه شاهد (شکل۶) نسبت به نمونه‌های حاوی صمغ عربی کمتر بود و کمترین تغییر ویسکوزیته ظاهری تحت تاثیر سرعت برشی در این نمونه اتفاق افتاد اما هنوز رفتار شبه پلاستیکی در آن دیده می‌شود.

کاهش ویسکوزیته ظاهری در نمونه بخاطر قطع باندهای شبکه مولکولی در ساختار پلی ساکاریدی صمغها در اثر نیروهای وارد شده بر نمونه می‌باشد(Santipanichwong ,2009 &Suphantharik) جدول ۲ میزان انطباق رفتار مخلوطهای حاوی صمغ عربی را با مدلهای رئولوژیکی نشان می‌دهد. مشابه با صمغ گوار، شاخص رفتار جریان در مخلوط ماست منجمدهای حاوی صمغ عربی هم کمتر از ۱ بود که موید غیر نیوتنی بودن و رفتار ضعیف شوندگی با برش در این نمونه‌هاست و با افزایش غلظت صمغ، این رفتار نیز تقویت شده است. از بین مدل‌های استفاده شده، مدل قانون توان بخوبی توانسته رفتار سیال را در تمامی سطوح صمغ عربی پیش بینی کند.

Soukoulis و همکاران (۲۰۰۹) مطابق با نتایج بدست آمده، بیان کردند افزودن فیبرهای رژیمی به بستنی باعث تقویت رفتار رقیق شوندگی با برش شده است. Minhas و همکاران (۲۰۰۲) هم با بررسی رفتار رئولوژیکی بستنی‌های حاوی پایدارکننده‌های مختلف، رفتار نمونه‌های حاوی صمغ گوار و عربی را ضعیف شونده با برش اعلام کردند.



شکل ۵ رابطه سرعت برشی- تنش برشی در مخلوط ماست منجمد حاوی صمغ عربی



شکل ٦ تاثیر سرعت برشی بر ویسکوزیته ظاهری مخلوط ماست منجمد حاوی صمغ عربی

جدول ۲ پارامترهای مدل قانون توان، کاسون و هرشل- بالکی برای مخلوط ماست منجمد حاوی صمغ عربی

صمغ عربی(٪)	قانون توان			کاسون			هرشل- بالکی			
	n	k	R^2	k_c^2	τ_{0c}	R^2	n	k	τ_0	R^2
۰	۰/۵۱	۶/۵۱	۰/۹۹۸	۰/۳۶	۷/۷۷	۰/۹۹۵	۰/۸۳	۱/۴۹	۱۲/۰۴	۰/۹۹۲
۰/۱	۰/۴۴	۹/۱۴	۰/۹۹۷	۰/۳۶	۱۰/۲۵	۰/۹۹۷	۰/۷۲	۲/۵۳	۱۲/۵۱	۰/۹۹۷
۰/۳	۰/۴۳	۱۱/۷۵	۰/۹۹۷	۰/۴۳	۱۲/۶۷	۰/۹۹۷	۰/۸۸	۱/۵۸	۱۴/۶	۰/۹۹۴
۰/۵	۰/۳۵	۲۲/۳۶	۰/۹۹۵	۰/۶۱	۲۰/۵۳	۰/۹۹۲	۰/۷۹	۳/۸۲	۲۴/۱۴	۰/۹۶۸

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

ارزیابی حسی

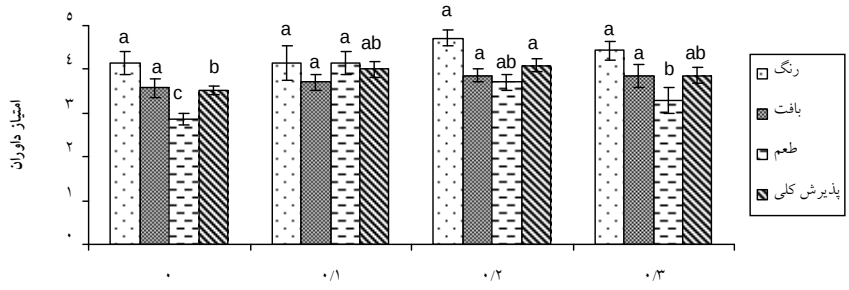
در مقایسه امتیازات حسی نمونه حاوی گوار با نمونه شاهد به این نتیجه رسیدیم که داوران اختلاف معنی داری را در رنگ و بافت تشخیص ندادند(شکل ۷). آنالیز داده ها نشان داد که با افزودن گوار نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد امتیاز بیشتری را دریافت کردند و به طور کل ماست منجمد حاوی ۰/۲٪ گوار از نظر پذیرش کلی توسط پانلیست‌ها ترجیح داده شد. همانطور که مشاهده می شود با افزایش غلظت گوار، از میزان پذیرش طعم کاسته شده است. Guinard و همکاران (۱۹۹۴) نشان دادند ارتباط منفی معنی داری بین اسیدیته و درجه پذیرش مصرف کننده در ماست منجمد وجود دارد. با توجه به اینکه محدوده اسیدیته نمونه ها در این تحقیق، ۸۸/۶۷ ۶۴ درجه دورنیک بود و نمونه های حاوی صمغ گوار اسیدیته بیشتری نسبت به

نمونه شاهد داشتند لذا علت پذیرش کمتر این نمونه ها را می توان به افزایش اسیدیته نسبت داد. دلیل این امر را می توان اینگونه بیان کرد که مصرف کنندگان در ماست منجمد در جستجوی خصوصیات حسی مطلوب بستنی مانند شیرینی زیاد و اسیدیته کم هستند.

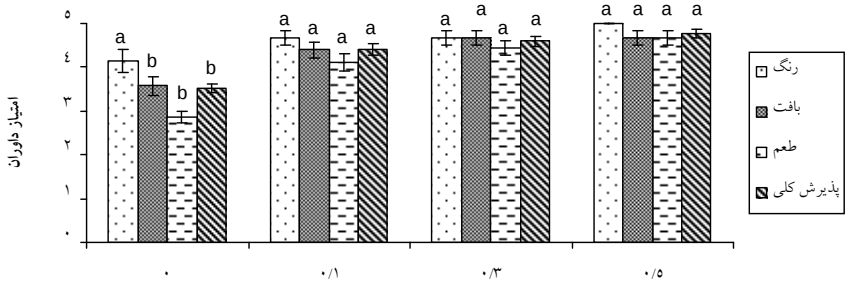
بین سطوح مختلف صمغ عربی اختلاف معنی‌داری از نظر رنگ مشاهده نشد(شکل ۸). با افزایش مقدار صمغ عربی به میزان ۰/۳و ۰/۵ درصد بافت نمونه‌ها به طور معنی‌داری افزایش یافت اما این افزایش در سطح ۰/۱ درصد معنی دار نبود.

نتیجه گیری و پیشنهادات

استفاده از صمغ گوار و عربی در ماست منجمد باعث بهبود ویسکوزیته و قوام محصول می شود. افزودن صمغ‌ها به نمونه باعث تشدید حالت ضعیف شوندگی با برش شده به طوری که صمغ گوار در سطح ۰/۳ درصد و صمغ عربی در سطح ۰/۵ درصد بیشترین حالت رقیق شوندگی با برش را نشان دادند. هم چنین مدل قانون توان مناسب ترین مدل برای پیش بینی رفتار جریان تمامی نمونه ها به استثناء نمونه حاوی گوار در سطح ۰/۳ درصد، که از مدل کاسون تبعیت کرد، می باشد. با توجه به نتایج بدست آمده مشخص شد که سطوح ۰/۲ درصد صمغ گوار و ۰/۳ درصد صمغ عربی هم به لحاظ ویژگیهای رئولوژیکی و هم حسی وضعیت قابل قبولتری نسبت به سایر نمونه ها داشته و بعنوان بهترین تیمارها معرفی می شوند.



شکل ۷ اثر سطوح مختلف صمغ گوار بر ویژگی‌های حسی ماست منجمد



شکل ۸ اثر سطوح مختلف صمغ عربی بر ویژگی‌های حسی ماست منجمد

منابع

بهرام پرور، م.، حداد خداپرست، م. ح. و امینی، ا. م. ۱۳۸۷. بررسی تاثیر جایگزینی مقادیر مختلف صمغ‌های کربوکسی متیل سلولز و ثعلب با صمغ دانه بالنگو شیرازی بر خصوصیات بستنی سخت خامه‌ای. مجله پژوهشهای علوم و صنایع غذایی،جلد ۴، شماره ۱، ص ۳۷ تا ۴۸.

رزمخواه شربیانی، س.، رضوی، س. م. ع.، بهزاد، خ. و مظاهری تهرانی، م. ۱۳۸۹. بررسی تاثیر استفاده از پکتین، صمغ دانه های مرو و ریحان بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی ماست چکیده بدون چربی. نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران، جلد ۶، شماره ۱، ص ۲۷ تا ۳۶.

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.

عباسی، س. و فروغی نیا، س. ۱۳۸۶. اثر برخی عوامل فیزیکی و شیمیایی بر رفتار جریان محلول صمغ ثعلب. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، شماره ۴۱(ب)، ص ۳۶۵ تا ۳۷۱.

Akalin, A. S., Karagozlu, C, 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.

Akin, M. B., AkIn, M. S, 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.

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

Constenla, D. T, 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.

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

Guinard, J. X., Little, C, Plachak, T. R. 1994. Effect of sugar and acid on the acceptability of frozen yogurt to a student population. Journal of Dairy Science, 77: 1232-1238.

Ibanoglu, E. 2002. Rheological behaviour of whey protein stabilized emulsions in the presence of gum Arabic. Journal of Food Engineering, 52: 273–277.

Issariyachaikul, K. 2008. Developement of modified fat ice cream products using inulin as a fat replacer, Mahidol, p. 87.

Marshall, R. T, Arbuckle, W. S. 1996. Ice-cream. New York, Chapman & Hall.

Minhas, K. S., Sidhu, J. S., Mudahar, G. S, Singh, A. K. 2002. Flow behavior characteristics of ice cream mix made with buffalo milk and various stabilizers. Plant Foods for Human Nutrition, 57: 25–40.

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

Moeenfard, M, Mazaheri Tehrani, M. 2008. Effect of Some Stabilizers on the Physicochemical and Sensory Properties of Ice Cream Type Frozen Yogurt. American-Eurasian J. Agric. & Environ, Sci. 4 (5) :584-589.

Naresh, L, Shailaja, U. M. 2006. Stabilizer Blends and their importance in Ice cream Industry – A Review, New Zealand Food Magazine.

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

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

Santipanichwong, R, Suphantharika, M., 2009. Influence of different b-glucans on the physical and rheological properties of egg yolk stabilized oil-in-water emulsions. Food Hydrocolloids, 23, 1279–1287.

Soukoulis, C., Lebesi, D, Tzia, C., 2009, Enrichment of ice cream with dietary fibre: Effects on rheological properties, ice crystallisation and glass transition phenomena. Food Chemistry, 115: 665-671.

Tamime, A. Y, Rabinson, R. K., 1999, Yogurt Science and Technology, Oxford:pergamon press.

Williams, P. A, Phillips, G. O. 2000. Gum arabic, in Phillips, G. O., and Williams, P. A., editors, Handbook of hydrocolloids(pp. 155–168), Woodhead Publishing.