



## خصوصیات رئولوژیکی و بافتی بستنی شیر شتر حاوی نشاسته مقاوم، صمغ عربی و زانتان در فرمولاسیونی جدید

مجتبی آذری آنیار<sup>۱</sup>، مرتضی خمیری<sup>۲\*</sup>، مهران اعلمی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

<sup>۲</sup> دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۲/۲۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۰/۰۱

### چکیده

**سابقه و هدف:** خصوصیات فیزیکی و شیمیایی شیر شتر متفاوت از شیر گاو است، بنابراین محصولات تولید شده از این شیر می‌تواند متفاوت از شیر گاو باشد. لذا هدف از مقاله حاضر نیز بررسی امکان تولید محصولی با ارزش فراسودمند و مطالعه خصوصیات فیزیکوشیمیایی، رئولوژی و حسی بستنی با کیفیت و قابل پذیرش از شیر شتر با کمک نشاسته مقاوم ذرت، صمغ عربی و زانتان بود.

**مواد و روش:** در این تحقیق از نشاسته مقاوم ذرت، صمغ عربی و زانتان به عنوان پایدارکننده استفاده شد. برای انجام عملیات استانداردسازی و تنظیم ماده خشک به میزان ۳۰ درصد کل، اجزاء دخیل در تولید بستنی متشکل از شیر شتر، مخلوط استایلیایزر-امولسیفایر تجاری، پودر شیر پس چرخ، شکر و وانیل مخلوط گردید. برای تهیه یک کیلوگرم از این مخلوط شیر شتر با ۱۶۰ گرم شکر، ۳ گرم مخلوط استایلیایزر-امولسیفایر، ۱ گرم وانیل و بسته به تیمار مورد نظر (نشاسته مقاوم و صمغ‌ها) مقدار پودر شیر خشک بدون چربی جهت تنظیم ماده خشک، مخلوط و در دمای ۶۸ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه پاستوریزه شد. سپس به منظور انجام مرحله رساندن، مخلوط پاستوریزه شده در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت نگهداری شد. نمونه‌های بستنی بوسیله یک دستگاه بستنی‌ساز آزمایشگاهی تهیه شده و بسته‌بندی گردید. در نهایت خصوصیات رئولوژیکی و بافتی بستنی شیر شتر حاصل مورد بررسی قرار گرفت.

**یافته‌ها:** کمترین اورران (۲۸/۰۲٪) مربوط به نمونه حاوی مقادیر بالای صمغ‌ها و نشاسته مقاوم و بیشترین اورران (۵۰/۷۵٪) نیز متعلق به نمونه شاهد بود. بستنی حاوی مقادیر بالای نشاسته مقاوم ذرت و صمغ‌ها، بیشترین و نمونه شاهد کمترین ویسکوزیته را داشتند. نمونه شاهد بیشترین (۵۲/۶۳٪) و نمونه حاوی مقادیر بالای صمغ‌ها و نشاسته مقاوم ذرت، کمترین (۲۲/۰۲٪) سرعت ذوب شدن را داشتند. صمغ زانتان، عربی و نشاسته مقاوم ذرت تأثیر معنی‌داری بر زمان ذوب اولین قطره در پارامتر خطی داشتند. افزودن صمغ‌ها تأثیر معنی‌داری بر روی سفتی و چسبندگی داشتند ( $P < 0/01$ ) اما افزایش نشاسته مقاوم ذرت تأثیر قابل توجهی در چسبندگی نداشت ( $P < 0/01$ ). نتایج حاصل از برآزش رفتار رئولوژی نمونه‌های مورد آزمون نشان داد که مدل هرشل بالکی با ضریب همبستگی بالاتر بخوبی رفتار سیال را پیش‌بینی کرد. با افزایش مقادیر صمغ زانتان و عربی ویژگی‌های حسی بستنی شیر

\*مسئول مکاتبه: [mkhmeiri@yahoo.com](mailto:mkhmeiri@yahoo.com)

شتر به طور قابل توجهی بهبود یافت ( $P < 0/01$ ). در نهایت نتایج بهینه سازی نشان داد که بهترین سطوح برای نشاسته مقاوم ذرت در محدوده ۰/۴۸-۰/۵۰، صمغ عربی برابر با ۰/۶ و صمغ زانتان نیز در محدوده ۰/۲۳ انتخاب شد.

**نتیجه گیری:** صفات مورد سنجش در این پژوهش، نشان از تاثیر قابل توجه و پتانسیل بالای نشاسته مقاوم ذرت، صمغ عربی و زانتان بر ویژگی های فیزیکوشیمیایی بستنی حاصل از شیر شتر می باشد. لذا با توجه به نتایج حاصله، این طرح می تواند به کارخانه های تولیدی بستنی پیشنهاد شود.

**واژه های کلیدی:** شیر شتر، بستنی، ویژگی های رئولوژی، صمغ ها، نشاسته مقاوم.

## مقدمه

بستنی سیستم فیزیکیوشیمیایی پیچیده‌ای است که در این سیستم سه فاز مایع، جامد و گاز در هم آمیخته شده‌اند. سلول‌های هوا و بلورهای یخ در آن، در یک فاز پیوسته مایع پخش شده است. فاز مایع حاوی چربی جامد، پروتئین‌های کلوئیدی شیر، نمک‌های غیر محلول شیر، بلورهای لاکتوز (در بسیاری از موارد)، پایدارکننده‌های کلوئیدی، قندها و نیز نمک‌های محلول می‌باشد (۱۶).

یکی از نکات حائز اهمیت در تولید بستنی این است که بستنی را می‌توان از شیرهای مختلفی تهیه کرد از جمله این شیرها می‌توان به شتر اشاره کرد (۳، ۲۲). شیر شتر از شیر سایر پستانداران متفاوت است به گونه‌ای که کلسترول، قند و پروتئین آن کم است، اما مقدار مواد معدنی (سدیم، پتاسیم، آهن، مس، روی، منیزیم) و ویتامین‌های A، B<sub>2</sub>، C و E در آن بالاتر می‌باشد. همچنین شیر شتر نسبت به سایر شیرها حاوی غلظت‌های بالایی از انسولین، مواد جامد شیری، لاکتوفرین، ایمونوگلوبولین‌ها و عوامل ضد میکروبی می‌باشد (۱۲، ۲۸). این شیر اثرات حساسیت‌زا نداشته و می‌تواند توسط افراد با کمبود لاکتاز و همچنین اشخاص با سیستم ایمنی ضعیف نیز مصرف گردد. در واقع اعتقاد بر این است که این شیر دارای خواص درمانی است. در حال حاضر در هندوستان شیر شتر جهت درمان و برای مقابله با خیز، یرقان، مشکلات طحال، مرض سل، آسم و کم‌خونی استفاده می‌گردد (۱۲، ۳۷). بیماران با هیپاتیت مزمن، عملکرد خوبی از نظر کاهش سرعت رشد بیماری بعد از مصرف شیر شتر و فرآورده‌های تخمیری آن داشته‌اند (۴۳). در واقع شیر شتر نسبت به شیر گاو از نظر خواص دارویی غنی‌تر می‌باشد. به عنوان یکی از معایب مصرف شیر شتر می‌توان به خاصیت ملینی آن برای افرادی که به خوردن آن عادت ندارند اشاره نمود (۳۷). همچنین به دلیل محتوای بالای کلسیم آن، این شیر بر فرایند استخوان‌سازی تاثیر بسیار خوبی

دارد، و از این نظر مصرف آن به افراد بیمار، سالخورده و خردسال توصیه می‌شود (۱۲). آگراوال و همکاران (۲۰۰۵) نیز گزارش کردند که شیر شتر قند خون را در دراز مدت کنترل کرده و دوز انسولین را در بیماران مبتلا به دیابت نوع ۱ بهبود داد. شیر شتر خواص حسی متفاوتی در مقایسه با شیر گاوی دارد (۲۶ و ۲۲).

غذاهای فراسودمند غذاهایی هستند که نقش ویژه‌ای در سلامت انسان ایفا می‌کنند و باعث ایجاد مزایای سلامت بخش می‌شوند (۲۱). گروهی از غذاهای فراسودمند غذاهای حاوی فیبرهای رژیمی و صمغ‌های پری‌بیوتیک است. از جمله این فیبرهای رژیمی می‌توان به نشاسته مقاوم ذرت اشاره کرد. نشاسته مقاوم دارای خواص فیزیکیوشیمیایی مطلوب مانند ایجاد تورم، افزایش ویسکوزیته، تشکیل ژل، ظرفیت نگهداری آب بالا، افزایش دهنده پایداری اکسیداتیو و امولسیون‌ها است که موجب استفاده از آن در بسیاری از مواد غذایی شده است. همچنین نشاسته مقاوم باعث ایجاد بافتی ترد شده و در بسیاری از محصولات نیز می‌تواند منجر به ایجاد احساس دهانی مطلوب، رنگ و عطر و طعم بهتر شود (۳۸، ۱۷).

خاصیت پری‌بیوتیکی صمغ عربی و زانتان توسط رضایی و همکاران (۲۰۱۲) و صادک و همکاران (۲۰۰۶) به اثبات رسیده است. این صمغ‌ها از مهم‌ترین پایدارکننده‌های مورد استفاده در صنعت بستنی محسوب می‌شوند (۴۰، ۴۲). صمغ زانتان یک پلی ساکارید خارج سلولی است که توسط باکتری *Zantamonas* کمپستریس تولید می‌شود. این صمغ وزن مولکولی دارای بیش از  $10^6$  دالتون بوده و محلول حاصل نیز رفتار جریان‌ی شیبه به سیالات سودوپلاستیک دارد. از جمله ویژگی‌های مهم صمغ زانتان می‌توان به حلالیت در آب سرد و گرم، ایجاد ویسکوزیته بالا در غلظت‌های پایین، مقاومت نسبت به حرارت، حلالیت و پایداری در سیستم‌های اسیدی، سازگاری عالی با نمک، توانایی تثبیت سوسپانسیون‌ها

اهمیت آن‌ها در بهبود ویژگی‌های تکنولوژیکی بر اساس مدارک موجود به دلیل خاصیت پری‌بیوتیکی موجب افزایش خاصیت فراسودمندی بستنی حاصل از شیر شتر نیز می‌شوند (۱۷).

### مواد و روش‌ها

**مواد:** مواد اولیه مورد استفاده در این پژوهش شامل شیر خشک بدون چربی (پگاه گلستان، گرگان، ایران)، شیر شتر با ۴/۱ درصد چربی (تهیه شده از شهرستان آق‌قلا-گرگان)، شکر، صمغ زانتان (E415)، صمغ عربی (چین)، نشاسته مقاوم ذرت (Hi-Maize 260) - تهران ترگل، تهران، ایران)، مخلوط استابیلایزر-امولسیفایر تجاری (تهیه شده از کارخانه آمل) و وانیل (تهیه شده از مراکز فروش فنادی شهرستان گرگان) بود.

**تهیه بستنی:** برای تهیه مخلوط اولیه بستنی و استانداردسازی و تنظیم مقدار ماده خشک بر اساس ۳۰ درصد کل، اجزاء دخیل در تولید بستنی شیر شتر با ۴/۱ درصد چربی، ۱۶ درصد شکر، ۰/۳ درصد مخلوط استابیلایزر-امولسیفایر، ۱ گرم وانیل، مقادیر تعریف شده از نشاسته اصلاح شده و صمغ‌های عربی و زانتان بر اساس جدول ۱ و بسته به تیمار مورد نظر، میزان شیر خشک بدون چربی جهت تنظیم ماده خشک، مخلوط و در دمای ۶۸ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه پاستوریزاسیون شدند. پس از پاستوریزاسیون مخلوط اولیه بستنی، جهت طی مرحله رسیدن در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت در یخچال نگهداری شد (۴).

**اورران:** در اندازه‌گیری اورران از ظروفی با حجم مشخص استفاده شد. قبل انجماد و پس از انجماد محصول در دستگاه بستنی‌ساز، از تیمارهای مورد نظر نمونه‌گیری انجام گرفت و نمونه مورد نظر توزین گردید و اورران از طریق رابطه زیر محاسبه گردید (۲۴):

و امولسیون‌ها و مقاومت نسبت به انجماد و خروج از انجماد اشاره کرد (۳۶). صمغ عربی نیز ماده‌ای مترشح از درخت آکاسیا و هتروپولی ساکاریدی پیچیده است که از ترکیباتی با وزن مولکولی بالا تشکیل شده است. نکته قابل توجه در مورد صمغ عربی این است که برخلاف پلی ساکاریدهای دیگر که حتی در غلظت‌های کم خود باعث افزایش ویسکوزیته می‌شوند، افزایش ویسکوزیته در غلظت‌های پایین صمغ عربی کم است، ولی در غلظت‌های زیاد آن به سرعت ویسکوزیته افزایش می‌یابد (۳۹).

رئولوژی شاخه‌ای از علم فیزیک است که با ترکیب و ساختار مواد، تغییر شکل و جریان آن‌ها طی فرآیندهای اختلاط، انتقال از طریق خط لوله‌ها و پمپ‌ها در ارتباط می‌باشد. آگاهی از ویژگی‌های رئولوژیکی مواد غذایی برای کنترل کیفیت، بافت، فرآوری و انتخاب تجهیزات مناسب امری بسیار مهم می‌باشد. معمولاً بافت یکنواخت و احساس خنکی، از ویژگی‌های عامه‌پسند بستنی هنگام مصرف به شمار می‌رود و می‌توان این خصوصیات را از طریق یک ترکیب مخلوط بستنی با خواص رئولوژیکی مطلوب ارائه داد (۹). از طرفی نیز تاکنون مطالعات زیادی توسط پژوهشگرانی همچون رضایی و همکاران (۲۰۱۱)، بهرام‌پرور و مظاهری تهرانی (۲۰۰۹) و (۲۰۱۰)، کایا و تکین (۲۰۰۱)، معین‌فرد و مظاهری تهرانی (۲۰۰) بر روی اثر هیدروکلوئیدها بر بهبود بافت و حتی استفاده از آن‌ها به عنوان جایگزین چربی در بستنی انجام شده است. اما بهینه‌سازی و بررسی اثر ترکیبی نشاسته مقاوم ذرت و صمغ‌ها بر سایر فرآورده‌های لبنی مانند بستنی شیر شتر تاکنون بسیار محدود بوده است. لذا با توجه به این موارد و اهمیت اطلاع از خصوصیات رئولوژیکی مواد غذایی، این تحقیق به بررسی رفتار غلظت‌های مختلف نشاسته مقاوم ذرت و دو نوع صمغ عربی و زانتان در بستنی حاصل از شیر شتر پرداخته است که علاوه بر

۳ میلی‌متر بر ثانیه انتخاب شد. در نمودار نیرو- زمان بدست آمده توسط نرم‌افزار دستگاه آنالیز بافت، ماکزیمم نیرو به عنوان سختی و مساحت زیر نمودار (ناحیه منفی) به عنوان چسبندگی گزارش شد (۵).

**خصوصیات ذوب:** یک قالب بستنی با وزن  $30 \pm 2$  گرم بر روی الکی با قطر منافذ ۲ میلی‌متری قرار داده شد و در انکوباتور با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. پس از مدت ۳۰ دقیقه وزن مایع ذوب شده برحسب درصدی از وزن اولیه به عنوان سرعت ذوب اندازه‌گیری شد. زمان ذوب اولین قطره هم ثبت شد (۴۶).

**ارزیابی حسی:** به‌منظور ارزشیابی حسی، ۱۰ نفر از کارشناسان خبره انتخاب شدند. در پرسش‌نامه که قسمت‌های مختلف آن آموزش داده شده بود، از افراد خواسته شد که به هر یک از ویژگی‌های نمونه‌ها از جمله شدت سردی، سفتی، شاخص نسبی ویسکوزیته، میزان صافی، سرعت ذوب شدن، عطر و طعم، رنگ و پذیرش کلی امتیاز دهند و در نهایت میزان رضایت کلی خود را نسبت به هر یک از محصولات در قالب نمرات در نظر گرفته شده، تعیین کنند. سیستم نمره‌دهی به ویژگی‌های محصول، شامل ۵ نمره از ۱ (بسیار ضعیف) تا ۵ (بسیار عالی) بود و از شرکت کنندگان خواسته شد که بر اساس حس خود به هر یک از ویژگی‌ها، جلوی امتیاز مورد نظر علامت بگذارند (۳۹).

**طرح آماری:** پس از انجام پیش‌تیمارهای اولیه و به دست آوردن دامنه مناسب متغیرهای مستقل، روش سطح پاسخ در قالب طرح مرکب مرکزی، در هر مورد با نرم‌افزار طراحی آزمایشات طراحی گردید و نتایج حاصل از آزمون‌های تجربی در شرایط تعریف شده به دست آمد و طرح مرکب مرکزی در طرح آزمایش شامل ۸ نقطه فاکتوریل، شش نقطه محوری و شش تکرار در نقطه مرکزی بود. کلیه تیمارها در دو تکرار صورت پذیرفتند. طرح آزمایشی یا سطوح کدبندی

$100 \times$  وزن نمونه بعد از انجماد / (وزن نمونه بعد از

انجماد - وزن نمونه قبل از انجماد) = اورران

**ویسکوزیته:** ویسکوزیته مخلوط بستنی قبل از انجماد و پس از مرحله رساندن توسط دستگاه بروکفیلد مدل DVII، در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد (۶). حجم ظرف مورد استفاده ۲۵۰ میلی‌لیتر بود و کنترل دمای مخلوط توسط آب و یخ انجام گرفت. بعد از آزمایشات مقدماتی، اسپیندل شماره ۵ به عنوان مناسب‌ترین اسپیندل انتخاب شد. اندازه‌گیری ویسکوزیته در  $100 \text{ rpm}$  انجام شد. برای تعیین رفتار رئولوژیکی بستنی حاصل، داده‌های خام به‌دست آمده از ویسکومتر نمونه‌ها با استفاده از رابطه ریاضی توصیف شده توسط میچیکا (۱۹۸۲) به سرعت برشی و تنش برشی تبدیل و نمودارهای رفتار جریان نمونه‌ها بر این اساس ترسیم شدند (۳۹ و ۳۳). رفتار جریان نمونه‌ها با مدل‌های پاورلا، کاسون و هرشل بالکی مقایسه شدند. روابط این معادلات در ادامه آورده شده است:

معادله ۱- پاورلا  $\tau = k(\dot{\gamma})$

معادله ۲- کاسون  $\tau^{0.5} = k_{0c}^{0.5} + k_c (\dot{\gamma}^{0.5})$

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

که در تمامی معادلات  $\tau$ ،  $\dot{\gamma}$ ،  $\tau_0$ ،  $k_c$ ،  $k_{0c}$ ،  $k$ ،  $n$  به ترتیب تنش برشی، سرعت برشی، تنش تسلیم، ویسکوزیته کاسون، تنش تسلیم کاسون، ضریب قوام و شاخص رفتار جریان می‌باشند.

**بافت:** اندازه‌گیری ویژگی‌های بافتی نمونه‌های بستنی با استفاده از دستگاه آنالیز بافت (مدل TA.XT plus، ساخت انگلیس) و در دمای اتاق ( $25 \pm 2$  درجه سانتی‌گراد) با پروب میله‌ای به قطر ۲ میلی‌متر انجام شد. نمونه‌های بستنی در فریزر با دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد به مدت یک ماه نگهداری و سپس قبل از انجام آزمون بافت سنجی به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. آزمون نفوذ به عمق ۱۵ میلی‌متر و با سرعت آزمون برابر ۳/۳ میلی‌متر بر ثانیه و سرعت قبل و بعد از آزمون نیز

شده‌ی متغیرهای مستقل مربوط به هر تیمار در جدول ۱ آورده شده است

جدول ۱: طرح آزمایشی مرکب مرکزی و سطوح کدبندی شده و پاسخ متغیرهای مستقل

Table 1. The Central composite experimental design and coding levels and response of independent variables

نشاسته مقاوم ذرت Resistant starch	صمغ عربی Arabic Gum	صمغ زانتان Xanthan Gum	تیمار Treatment
0.75	0.3	0.3	1
1.5	0	0.3	2
0	0.6	0.3	3
0.75	0.3	0.15	4
0.75	0.3	0.15	5
0.75	0	0.15	6
0.75	0.3	0	7
0.75	0.3	0.15	8
1.5	0.6	0.3	9
0	0.6	0	10
0	0.3	0.15	11
0.75	0.3	0.15	12
1.5	0.6	0	13
0	0	0	14
0.75	0.3	0.15	15
1.5	0	0	16
0.75	0.6	0.15	17
0	0	0.3	18
1.5	0.3	0.15	19
0.75	0.3	0.15	20

آوردن مناسب‌ترین میزان اورران، نمودارهای سه بعدی سطحی برای متغیرها در شکل ۱ (A، B و C) ترسیم شده است.

همانطور که در شکل‌های ۱-۱، ۱-۲ و ۱-۳ مشخص است با افزایش صمغ زانتان، صمغ عربی و نشاسته مقاوم ذرت، هواده‌ی نمونه‌ها کاهش می‌یابد. بر طبق نتایج به‌دست آمده میزان هواده‌ی در نمونه‌های مختلف در محدوده ۰/۲ تا ۵۰/۷۵ درصد می‌باشد که کمترین و بیشترین مقدار اورران به ترتیب مربوط به نمونه حاوی مقادیر بالایی از نشاسته مقاوم ذرت و صمغ‌ها (۱/۵ درصد نشاسته مقاوم ذرت، ۰/۶ درصد صمغ عربی و ۰/۳ درصد صمغ زانتان) و نمونه کنترل (بدون نشاسته مقاوم ذرت و صمغ‌ها) می‌باشد. همانطوری که مشاهده می‌شود با افزایش مقادیر صمغ زانتان، عربی و نشاسته مقاوم ذرت هواده‌ی بستنی کمتر شده است. در این خصوص صمغ زانتان و صمغ عربی به تنهایی تاثیر معنی‌داری بر روی اورران از خود نشان دادند ( $P < 0/01$ ).

## نتایج و بحث

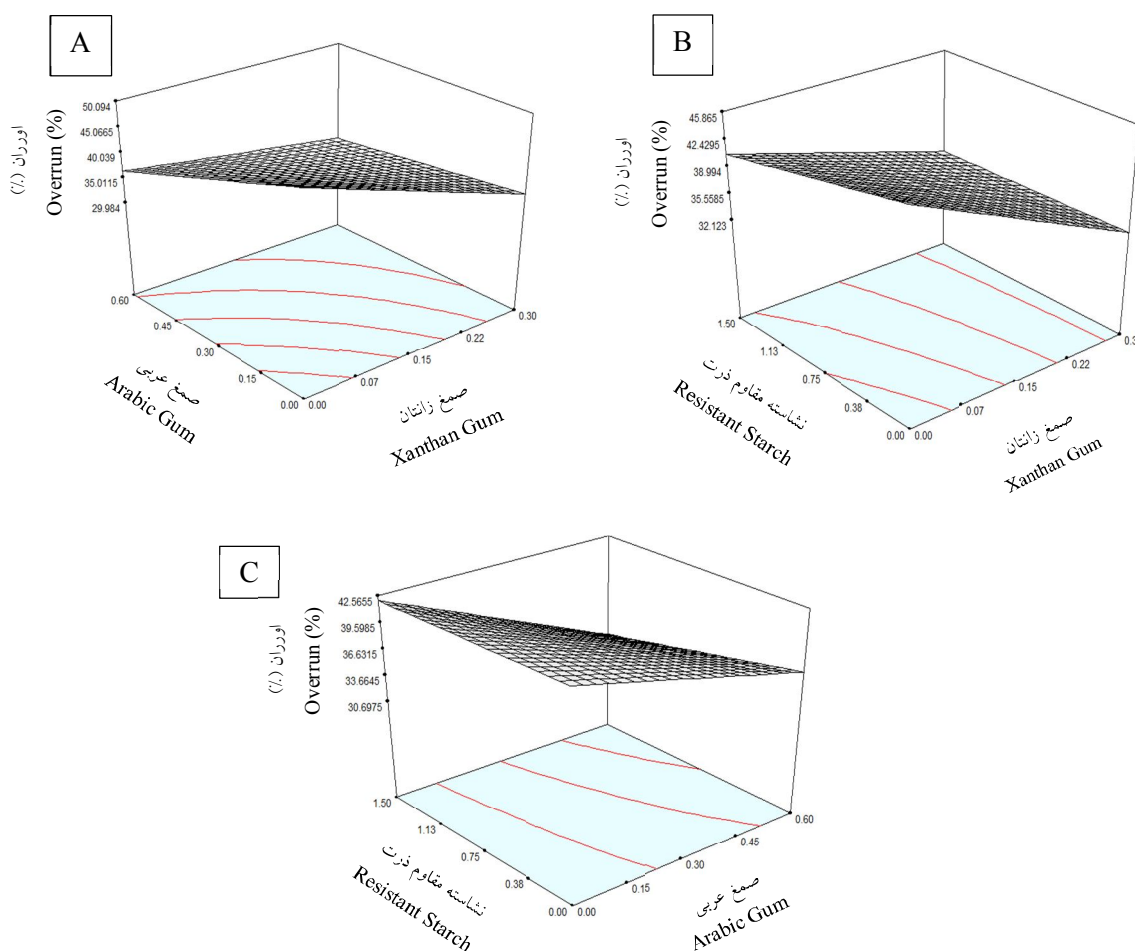
**مشخصات شیر شتر:** باتوجه به اینکه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی شیر شتر متفاوت از شیر گاو است (۲۲). بنابراین ویژگی‌های مختلف محصول تولید شده از این شیر می‌تواند متفاوت از شیر گاو باشد. ابتدا ترکیبات شیر شتر براساس منابع (۷) اندازه‌گیری شد. آزمون‌های شیمیایی انجام شده بر روی نمونه‌ها شامل اندازه‌گیری آب، اسیدیته، pH، ماده خشک، چربی، پروتئین، لاکتوز، خاکستر بودند. نتایج در جدول ۲ آمده است.

**بررسی اثر نشاسته مقاوم ذرت و صمغ‌ها بر میزان هواده‌ی:** بستنی و محصولات مرتبط با آن به عنوان کف‌های منجمد و هواده‌ی شده شناخته می‌شوند. میزان هوا در بستنی حائز اهمیت می‌باشد زیرا که روی کیفیت و سود آن تاثیر می‌گذارد در نتیجه به منظور دستیابی به حد مطلوب افزایش حجم، لازم است هم مسائل اقتصادی و هم پذیرش مصرف‌کننده مطابق استانداردهای ملی مورد توجه قرار گیرند. جهت تعیین شرایط بهینه هر متغیر به منظور بدست

Table 2. The feature of camel milk

مقدار Quantity	روش اندازه گیری Measurement method	ترکیب Components	ردیف Row
86.82 %	آون	آب	1
13.18 %	آون	مواد جامد	2
4.1 %	ژربر	چربی	3
0.15 اسید لاکتیک	تیتراسیون	اسیدیته	4
4.4 %	آزمایش فهلینگ	لاکتوز	5
3.8 %	کلدال	پروتئین	6
0.88 %	کوره	خاکستر	7
6.5	pH متر	pH	8

نتایج بدست آمده از آزمون در سه تکرار انجام شد.



شکل ۱: تغییرات اورران در مقادیر مختلف صمغ زانتان و عربی (A)، صمغ زانتان و نشاسته مقاوم ذرت (B)، صمغ عربی و نشاسته مقاوم ذرت (C) (توجه: در همه موارد از سه عامل بافت دهنده استفاده شده است اما در هر یک از حالات مقدار یکی از آنها ثابت است)

Figure 1. Changes of overrun in various quantities from xanthan gum and Arabic gum (A), xanthan gum and resistant starch (B), Arabic gum and resistant starch (C) (Attention: In all treatments three texturized agents were used but one of them was applied in constant quantity)

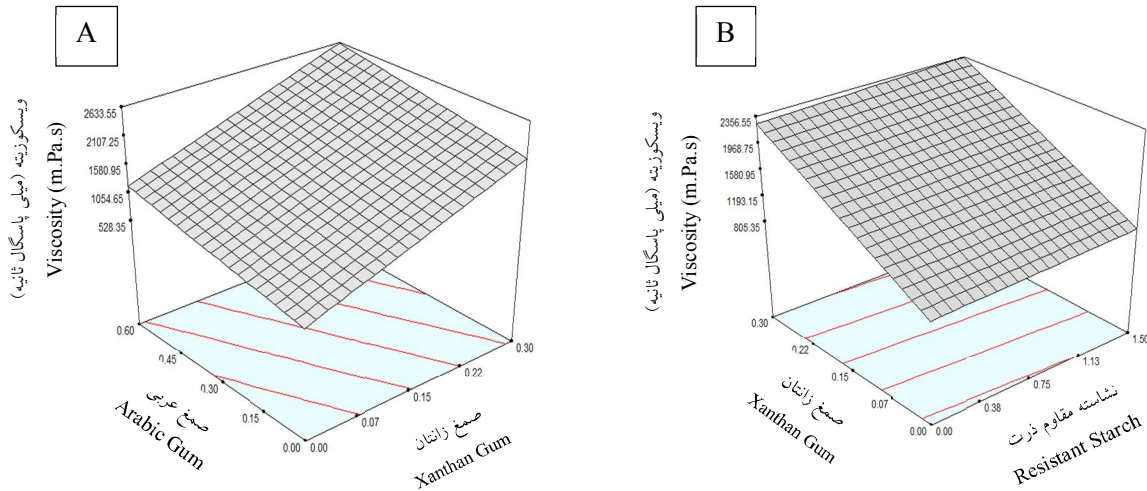
منجر به کاهش هوادهی بستنی شده است ولی اثر معنی‌داری بر روی اورران از خود نشان داد که دلیل این امر را هم می‌توان به این نسبت داد که نشاسته مقاوم ذرت ظرفیت نگهداری آب کمتری دارد (۱۷). همچنین در خصوص برهم‌کنش نشاسته مقاوم ذرت، صمغ زانتان و عربی نتایج نشان داد که پارامتر درجه سانتی‌گراد دوم صمغ زانتان و عربی در نمونه‌های بستنی، توانسته‌اند اثر معنی‌داری روی اورران داشته باشند ( $P < 0.01$ ).

**اثر نشاسته مقاوم ذرت و صمغ‌ها بر ویسکوزیته:** ویسکوزیته یکی از مهمترین ویژگی‌های رئولوژیکی مخلوط بستنی و بخش غیر منجمد بستنی می‌باشد. که تحت تاثیر ترکیب مخلوط (عمدتا پایدارکننده‌ها و پروتئین)، نوع و کیفیت مواد تشکیل دهنده، فرآوری و انتقال و جابجایی مخلوط بستنی قرار می‌گیرد (۳۰). ویسکوزیته مخلوط بستنی از طریق ترکیب مخلوط، به خصوص محتوا و مقدار پایدارکننده‌ها، تنظیم می‌شود (۲۹). آگاهی از مقادیر ویسکوزیته علاوه بر کمک به تعیین مناسب‌ترین فرمولاسیون، در انتخاب پمپ مناسب جهت انتقال و طراحی تجهیزات مورد نیاز حائز اهمیت می‌باشد (۹).

تاثیر صمغ زانتان، عربی و نشاسته مقاوم ذرت، پس از مرحله رساندن روی ویسکوزیته نمونه‌ها در شکل‌های ۲-۱، ۲-۲ و ۲-۳ نشان داده شده است. همانطور که مشخص است نمونه کنترل کمترین ویسکوزیته (۵۲۴ میلی پاسگال ثانیه) و نمونه حاوی ۰/۳ صمغ زانتان، ۰/۶ درصد صمغ عربی و ۱/۵ درصد نشاسته مقاوم ذرت بیشترین ویسکوزیته (۲۵۹۴ میلی پاسگال ثانیه) را به خود اختصاص دادند. ویسکوزیته مخلوط تحت تاثیر عوامل متعددی مانند ترکیبات تشکیل دهنده بخصوص چربی و پایدارکننده، نوع و کیفیت اجزاء، فرآوری مخلوط، غلظت و دما می‌باشد (۱۴، ۱۸).

از عواملی که بر میزان هوادهی تاثیرگذار هستند، می‌توان به مواد تشکیل دهنده (۴)، ویسکوزیته (۳۴) و نوع فریزر مورد استفاده (۲۵) اشاره کرد. با وجود اینکه یکی از نقش‌های مهم پایدارکننده‌ها افزایش حجم بستنی می‌باشد، و یک نقش تثبیت‌کنندگی داشته که این عمل از طریق افزایش ویسکوزیته و حفظ حباب‌های هوا به وجود می‌آید (۹)، اما چنین روند افزایشی در هوادهی با افزایش ویسکوزیته مخلوط بستنی در تحقیق حاضر دیده نشد. در واقع این امر احتمالاً ناشی از آن است که در اثر افزایش بیش از حد ویسکوزیته در حین فرآیند هم‌زدن و انجماد، هوا نتوانسته است به طور مناسب وارد بافت شده و از توزیع مناسب آن، جلوگیری شده است. علاوه بر این به دنبال پدیده تغلیظ بخشی از ماده غذایی در اثر انجماد و ایجاد کریستال‌های یخ، ویسکوزیته فاز غیر منجمد مرتبا افزایش می‌یابد، بدین ترتیب حرکت آب از بخش غیرمنجمد جهت ایجاد کریستال که لازمه عمل تبلور است، بسیار دشوار می‌شود و حجم یخ تشکیل شده کمتر بوده و باعث کاهش اورران می‌شود (۱۸، ۲۰). علاوه بر این می‌توان بکارگیری دستگاه‌های بستنی‌ساز آزمایشگاهی به دلیل کارایی پائین آن‌ها در ترکیب کردن هوا و عمل هم‌زدن مخلوط و زمان زیاد مورد نیاز جهت انجماد مخلوط‌های بستنی نیز ممکن است دلیل دیگری بر کاهش میزان هوادهی دانست. نتایج مشابهی که در خصوص تاثیر پایدارکننده‌ها بر روی اورران بدست آمده است، آیونا و همکاران (۱۹۹۰) نیز با افزودن صمغ زانتان و گوار به بستنی ماستی شاهد کاهش در اورران شدند که با نتایج به دست آمده از این تحقیق مطابقت داشت. از طرفی افزایش نشاسته مقاوم ذرت در بستنی نیز باعث افزایش در ویسکوزیته مخلوط بستنی شده که این نتایج با گزارشات رضایی و همکاران (۲۰۱۵) سیوراپات و ریوگتاوون (۲۰۰۳) مطابقت دارد، در واقع افزایش نشاسته مقاوم ذرت





شکل ۲: تغییرات مربوط به ویسکوزیته در مقادیر مختلف صمغ زانتان و عربی (A)، صمغ زانتان و نشاسته مقاوم ذرت (B)

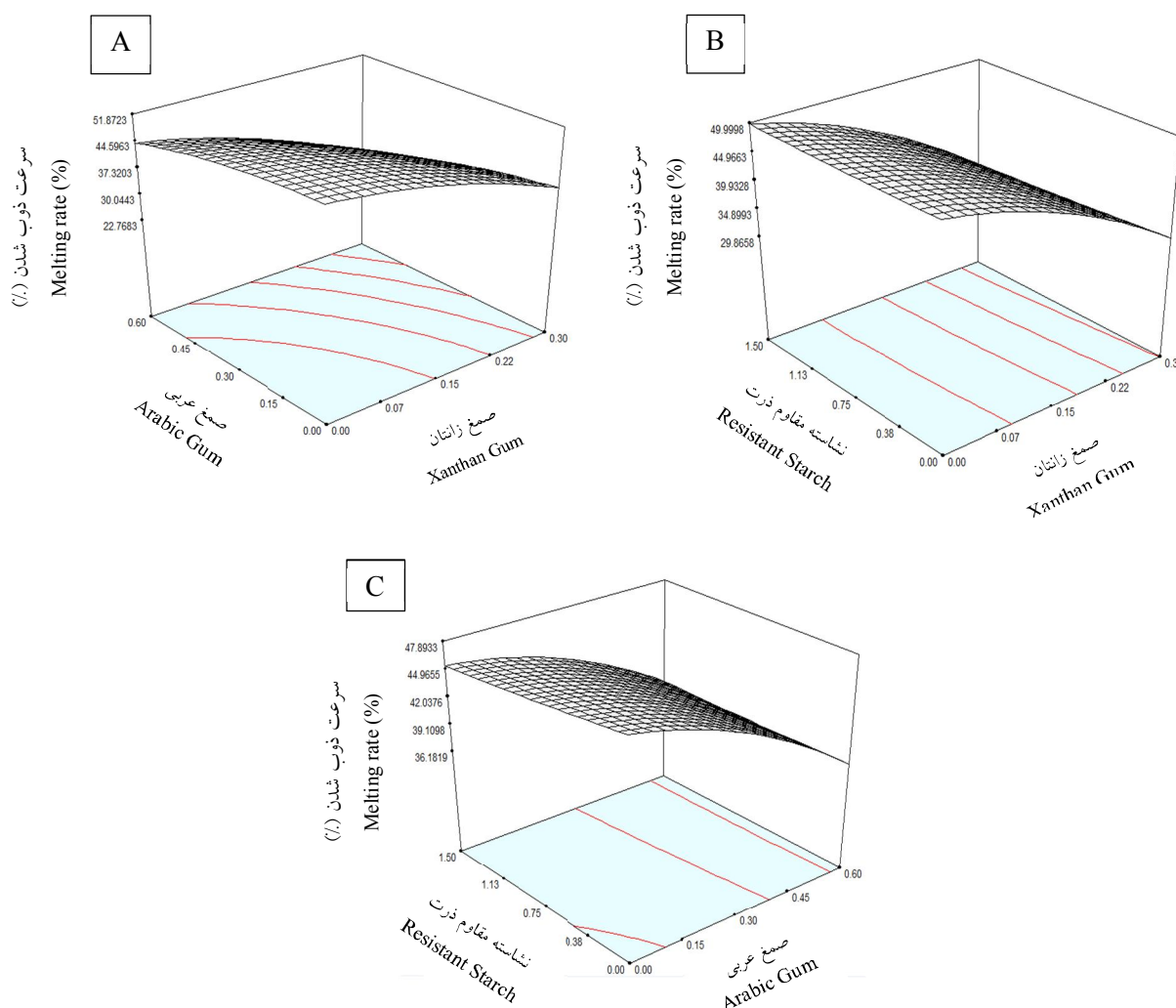
(توجه: در همه موارد از سه عامل بافت دهنده استفاده شده است اما در هر یک از حالات مقدار یکی از آن‌ها ثابت است)

Figure 2. Changes of first dripping time in various quantities from xanthan gum and Arabic gum (A), xanthan gum and resistant starch (B) (Attention: In all treatments three texturized agents were used but one of them was applied in constant quantity)

کلی افزایش ویسکوزیته در نمونه‌های حاوی صمغ می‌تواند مربوط به واکنش صمغ با قسمت مایع مخلوط (۵) و خاصیت جذب آب بالای این ترکیبات (۳۴) باشد. این ترکیبات با افزایش ظرفیت اتصال به آب سبب کاهش جریان‌پذیری و افزایش مقاومت نمونه در برابر جاری شدن یا همان ویسکوزیته ظاهری می‌شوند (۱). همانطور انتظار می‌رفت در غلظت‌های برابر، صمغ زانتان نسبت به صمغ عربی باعث افزایش بیشتر ویسکوزیته شده است. افزایش ویسکوزیته در غلظت‌های پایین صمغ عربی، کم می‌باشد در حالی که صمغ زانتان در غلظت‌های پایین به سهولت آب جذب می‌کند (۱۶).

سرعت ذوب شدن: سرعت ذوب شدن یکی از فاکتورهای مهمی است که بیشترین اهمیت را برای مصرف کننده دارد. ذوب شدن آهسته و حفظ شکل خوب بستنی، یکی از پارترهای کیفی مهم مورد نظر در بستنی است. اگر محصول بیش از حد سریع ذوب شود، یک وضعیت ناخوشایندی را می‌تواند ایجاد کند. از طرفی، سرعت بسیار آهسته در ذوب شدن نیز می‌تواند نشان دهنده یک بستنی معیوب می‌باشد (۹).

صمغ زانتان و صمغ عربی نیز اثر معنی‌داری بر روی ویسکوزیته مخلوط بستنی داشتند ( $P < 0.01$ ), در حالی که نشاسته مقاوم ذرت چندان تاثیری روی ویسکوزیته نداشت. رضایی و همکاران (۲۰۱۱)، نیز اثر دو نوع صمغ عربی و گوار را بر روی بستنی ماست منجمد مورد بررسی قرار دادند که نتایج بدست آمده از این تحقیق حاکی از آن است که صمغ‌های به کار رفته منجر به افزایش ویسکوزیته شده و منطبق بودن نتایج حاصل از این تحقیق را نشان می‌دهد. محققانی همچون بهرام‌پرور و همکاران (۲۰۰۹)، کایا و تکین، (۲۰۰۱)، گوف و هارتل (۲۰۱۳)، کیوس و همکاران (۲۰۰۵)، بهرام‌پرور و همکاران (۲۰۱۰)، مینهانس و همکاران (۲۰۰۲) اثر پایدارکننده‌های مختلف را روی بستنی مورد آزمون قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که افزودن پایدارکننده‌ها به مخلوط بستنی، منجر به افزایش ویسکوزیته می‌شود. همچنین افزودن نشاسته مقاوم ذرت به مخلوط بستنی اثر معنی‌داری بر روی ویسکوزیته نمونه‌ها از خود نشان نداد که این موضوع می‌تواند به این دلیل باشد که با توجه به ظرفیت نگهداری کم آب در آن ویسکوزیته را به صورت جزئی افزایش داد (۴۷؛ ۱۷). به طور



شکل ۳: تغییرات سرعت ذوب شدن در مقادیر مختلف صمغ زانتان و عربی (A)، صمغ زانتان و نشاسته مقاوم ذرت (B)، صمغ عربی و نشاسته مقاوم ذرت (C) (توجه: در همه موارد از سه عامل بافت دهنده استفاده شده است اما در هر یک از حالات مقدار یکی از آنها ثابت است)

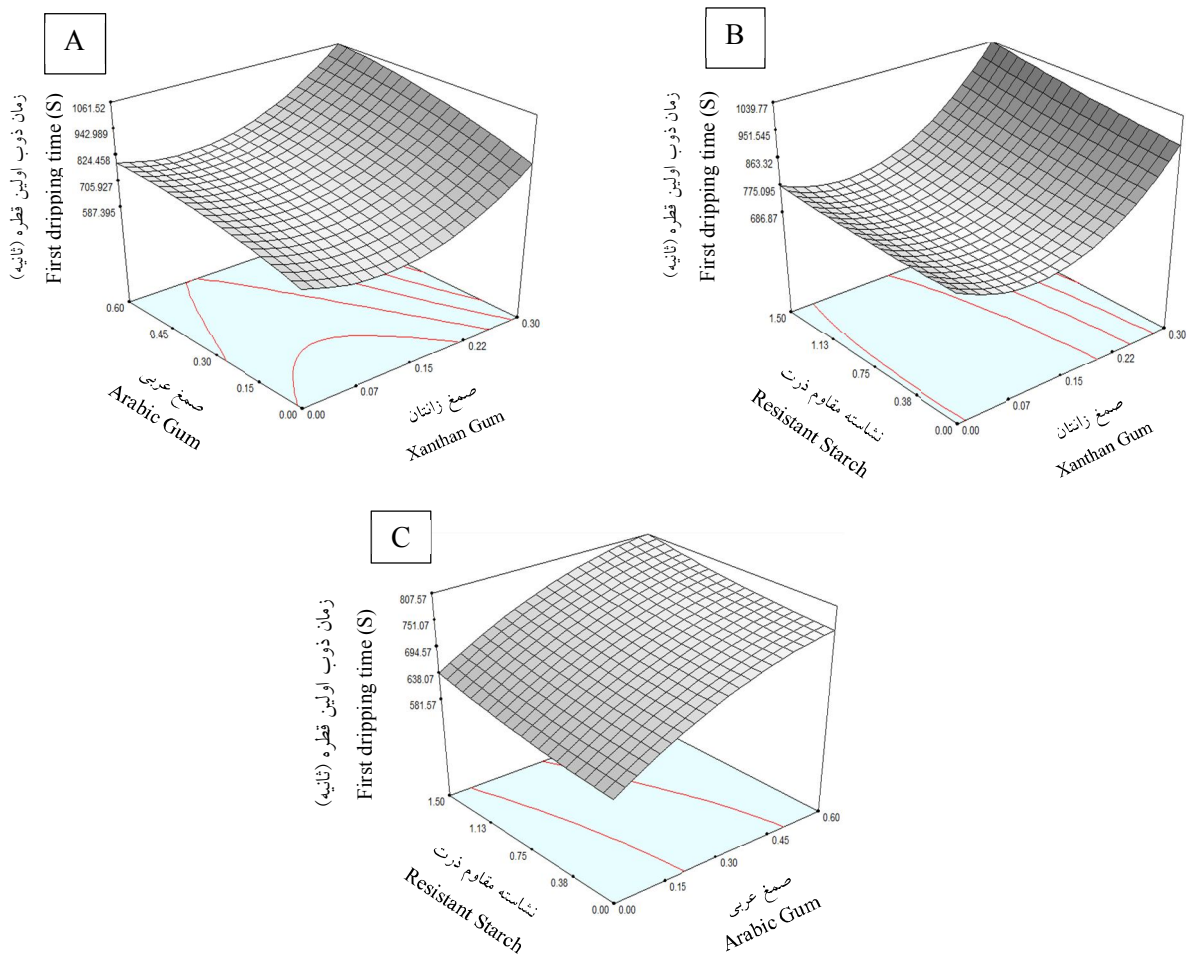
Figure 3. Changes of melting rate in various quantities from xanthan gum and Arabic gum (A), xanthan gum and resistant starch (B), Arabic gum and resistant starch (C) (Attention: In all treatments three texturized agents were used but one of them was applied in constant quantity)

درصد صمغ عربی و ۰/۳ درصد صمغ زانتان و نمونه کنترل (بدون نشاسته مقاوم ذرت و صمغ‌ها) می‌باشد. از فاکتورهایی که بر روی شدت ذوب شدن بستنی تاثیرگذار هستند عبارتند از: مقدار هوای وارد شده به بستنی (هوادهی)، ساختار کریستال‌های یخ و شبکه گلبول‌های چربی تشکیل شده در طی انجماد. با افزایش هیدروکلوئیدها شدت ذوب بستنی کاهش

همانطوری که در شکل‌های A-۳، B-۳ و C-۳ مشاهده می‌شود، با افزایش مقادیر صمغ زانتان، عربی و نشاسته مقاوم ذرت سرعت ذوب بستنی کاهش پیدا می‌کند. بر طبق نتایج به دست آمده کمترین و بیشترین میزان سرعت ذوب در نمونه‌های مختلف ۲۲/۰۲ درصد و ۵۲/۶۳ درصد می‌باشد که به ترتیب مربوط به نمونه حاوی ۱/۵ درصد نشاسته مقاوم ذرت، ۰/۶

معنی داری کاهش می یابد. آن‌ها گزارش کردند که با افزودن پایدارکننده‌ها، ویسکوزیته مخلوط افزایش پیدا می کند و مخلوط‌هایی که ویسکوزیته بالاتری دارند، مقاومت بیشتری هم در برابر جاری شدن از خود نشان می دهند و از آنجا که شدت ذوب شدن براساس مایع جریان یافته از مش الک تعریف می شود، این نمونه‌ها دیرتر ذوب شده و با سرعت کمتری از مش الک خارج می شوند.

یافت. یک دلیل گزارش شده برای این پدیده این است که افزایش درصد هیدروکلوئیدها سبب افزایش ویسکوزیته فاز سرمی می شود و بنابراین زمان بیشتری برای آب لازم است تا در فاز سرمی تغلیظ شده پخش شود (۴۴). نتایج بدست آمده از این تحقیق مطابق با گزارشات بهرام پرور و همکاران (۲۰۰۹) بود که بیان کردند با افزایش غلظت پایدارکننده‌ها (بالنگو، ثعلب، کربوکسی متیل سلولز) شدت ذوب بستنی به طور



شکل ۴: تغییرات افزایش زمان ذوب اولین قطره در مقادیر مختلف صمغ زانتان و عربی (A)، صمغ زانتان و نشاسته مقاوم ذرت (B)، صمغ عربی و نشاسته مقاوم ذرت (C) (توجه: در همه موارد از سه عامل بافت دهنده استفاده شده است اما در هر یک از حالات مقدار یکی از آن‌ها ثابت است)

Figure 4. Changes of first dripping time in various quantities from xanthan gum and Arabic gum (A), xanthan gum and resistant starch (B), Arabic gum and resistant starch (C) (Attention: In all treatments three texturized agents were used but one of them was applied in constant quantity)

جاری شدن و تغییر شکل دارند، ارتباط دارد (۳۰). آگاهی از ویژگی‌های رئولوژیکی مواد غذایی برای کنترل کیفیت، بافت، فرآوری و انتخاب مناسب تجهیزات مهم است (۲۹). بافت نرم و احساس سردی اغلب ویژگی‌های هستند که بستنی را طی مصرف توصیف می‌کنند که از این طریق می‌توان مخلوط بستنی را برای بهبود خواص رئولوژیکی فراهم کرد (۱۳).

شکل ۵ رابطه بین سرعت برشی و تنش برشی و شکل ۶ تغییرات ویسکوزیته با سرعت برشی را در نمونه‌های مختلف نشان می‌دهد. همانطور که از شکل ۵ و ۶ فهمیده می‌شود در تمامی نمونه‌ها با افزایش سرعت برشی ۱، تنش برشی ۲ افزایش و در مقابل ویسکوزیته کاهش یافته است. با مطالعه رفتارهای رئولوژیکی سیالات و شکل نمودارهای به‌دست آمده که نشان‌دهنده رابطه غیرخطی بین سرعت برشی و تنش برشی است، مشخص می‌شود مخلوط‌های بستنی، قبل از انجماد رفتار غیر نیوتنی را از خود نشان می‌دهند، به این معنی که یک رابطه غیرخطی بین تنش برشی و سرعت برشی وجود دارد، با کاهش ویسکوزیته ظاهری سرعت برشی افزایش می‌یابد. همچنین سودوپلاستیکی یا رفتار رقیق شونده با برش، وابسته به افزایش سطح مولکول‌های تشکیل دهنده سیستم می‌باشد (۱۵). شاخص رفتار جریان ( $n$ ) نمونه‌ها کمتر از یک بود که رفتار سودوپلاستیکی بستنی را تایید می‌کند. میزان انحراف شاخص جریان از عدد یک، در واقع موید میزان انحراف سیال از رفتار نیوتنی می‌باشد. مقادیر  $n$  و  $k$  در خواص رئولوژیکی مواد غذایی مایع مهم می‌باشند چرا که برحسب این کمیت‌ها است که جریان این مواد غذایی مشخص می‌شود (۴۱). نتایج نشان داد که نمونه کنترل

نشاسته مقاوم ذرت اثر معنی‌داری روی سرعت ذوب شدن نداشت که مطابق با نتایج گزارش شده با سایر محققان می‌باشد (۳۸ و ۴۷). از طرفی نیز تنها پارامتر درجه سانتی‌گراد دوم بین صمغ زانتان و عربی بود که اثر معنی‌داری بر روی سرعت ذوب شدن از خود نشان داد ( $P < 0/05$ ).

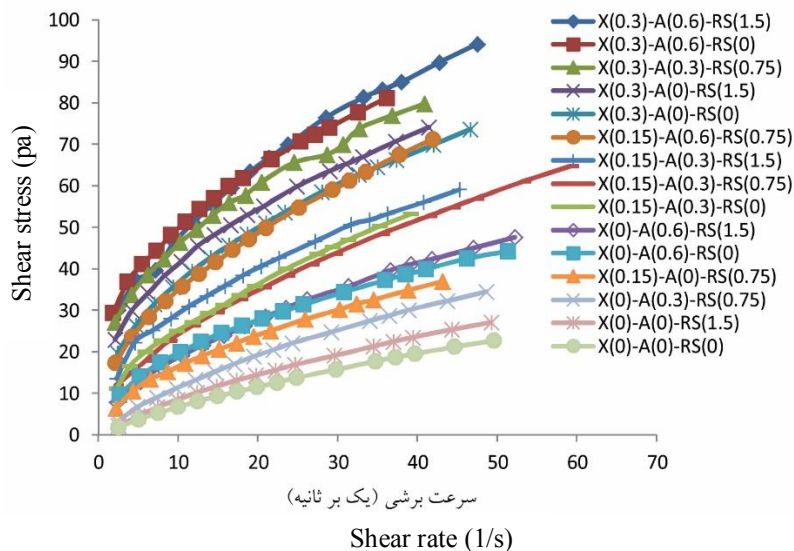
زمان ذوب اولین قطره: جهت تعیین شرایط بهینه‌ی هر متغیر جهت زمان ذوب اولین قطره، نمودارهای سه بعدی سطحی و کانتور برای متغیرها در شکل‌های ۴-۴A، ۴-۴B و ۴-۴C ترسیم شده است. نتایج آنالیز واریانس نشان داد که نمونه کنترل کمترین زمان (۶۴۰ ثانیه) و نمونه حاوی ۰/۳ درصد صمغ زانتان، ۰/۶ درصد صمغ عربی و ۱/۵ درصد نشاسته مقاوم ذرت بیشترین زمان (۱۱۲۸ ثانیه) را برای ذوب اولین قطره داشتند. با توجه به نتایج بدست آمده صمغ زانتان و صمغ عربی و نشاسته مقاوم ذرت به‌طور معنی‌داری زمان ذوب اولین قطره را افزایش دادند هر سه فاکتور مورد نظر با افزایش مقادیرشان منجر به افزایش زمان ذوب اولین قطره شدند ( $P < 0/01$ ). لازم به ذکر است که اثر سینرژیستی صمغ زانتان با صمغ عربی و صمغ زانتان با نشاسته مقاوم ذرت معنی‌دار بود ( $P < 0/05$ ) یکی از نقش‌های پایدارکننده‌ها در بستنی افزایش مقاومت به ذوب است. در مطالعات زیادی گزارش شده است که هیدروکلوئیدها، به علت ظرفیت نگهداری آب و توانایی افزایش ویسکوزیته، به‌طور قابل توجهی سرعت ذوب شدن بستنی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. به هر حال به نظر می‌رسد که اثر پایدارکننده‌ها روی خواص حرارتی بستنی مثل، هدایت حرارتی، شروع ذوب شدن و گرمای ذوب شدن، می‌تواند سرعت ذوب شدن را تحت تاثیر قرار دهد (۳۸ و ۳۰).

**بررسی رفتار رئولوژیکی:** رئولوژی شاخه‌ای از علم فیزیک است که با ترکیب و ساختار موادی که قابلیت

1. Shear rate
2. Shear stress

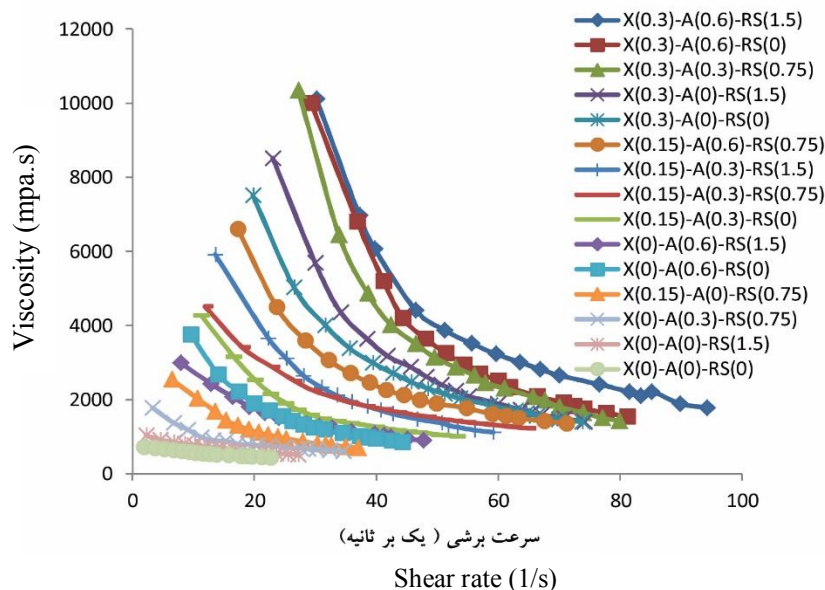
طبیعی افزایش بیشتری را در رفتار غیرنیوتنی نسبت به صمغ‌های آنیونی از خود نشان می‌دهند. بهرام‌پور و مظاهری (۲۰۱۱) گزارش کردند که شاخص رفتار جریان مخلوط بستنی با استابیلایزرها، نزدیک به ۰/۷ می‌باشد. دیگر محققان نیز در نمونه‌های مختلف بستنی و با فرمولاسیون‌های متفاوت، مقادیری که بدست آوردن بین ۰/۳۷-۰/۹۸ می‌باشد. نتایج بدست آمده از این تحقیق نیز موید این است که شاخص رفتار جریان در همین محدوده بوده است. مطالعات قبلی نشان داده که افزایش در غلظت و کاهش در دم، سودوپلاستیکی را افزایش می‌دهد (کاهش مقدار  $n$ ). در جدول ۳ نتایج برآزش رفتار رئولوژی نمونه‌های مورد آزمون با مدل‌های قانون توان، کاسون و هرشل بالکی آورده شده است. آنچه که از جدول استنباط می‌شود این است که مدل هرشل بالکی با ضریب همبستگی بالاتر ( $R2$ ) نسبت به دو مدل استفاده شده دیگر می‌تواند بخوبی رفتار سیال را پیش‌بینی کند.

کمترین انحراف سیال از رفتار نیوتنی دارد. اگرچه حتی نمونه‌های حاوی صمغ‌ها و نشاسته مقاوم ذرت نیز رفتار رقیق‌شوندگی با برش نشان داده است اما افزایش ویسکوزیته در مخلوط نمونه‌ها باعث شده است خصوصیات رقیق‌شوندگی با برش تقویت شود. چنانکه در بررسی تغییرات ویسکوزیته مشخص شد با افزایش مقادیر صمغ‌ها و نشاسته مقاوم ذرت در نمونه، اختلاف بین ویسکوزیته، حداقل و حداکثر سرعت برشی نیز افزایش یافته است. کمترین تغییر ویسکوزیته در نمونه کنترل (۵۲۴ میلی پاسگال ثانیه) و بیشترین در نمونه حاوی بیشترین مقادیر صمغ و نشاسته مقاوم ذرت (۲۵۹۴ میلی پاسگال ثانیه) مشاهده شد. همچنین با افزایش مقادیر صمغ زانتان، عربی و نشاسته مقاوم شاخص قوام مخلوط بستنی نیز افزایش یافت. با افزایش میزان پایدارکننده‌ها شاخص قوام ( $k$ ) که به عنوان سنجش ماهیت چسبناکی مواد غذایی است، در مخلوط بستنی افزایش می‌یابد (۱۰). کایا و تکین (۲۰۰۱) گزارش کردند که صمغ‌های



شکل ۵: نیروی برشی - تنش برشی نمونه‌های مختلف

Figure 5. Shear rate - shear stress of different samples



شکل ۶: تاثیر سرعت برشی بر ویسکوزیته نمونه‌های مختلف

Figure 6. Effect of the shear rate on viscosity of different samples

جدول ۳: پارامترهای مدل قانون توان، هرشل بالکی و کاسون برای نمونه‌های مخلوط بستنی

Table 3. The parameters of the Power Law, Herschel-Bulkley and Casson models for example ice cream mixtures

مدل کاسون			مدل هرشل بالکی				مدل توان			تیمار
Casson models			Herschel-Bulkley model				Power model			Treatment
$K_c$	$\tau_{0c}$	$R^2$	$\tau_0$	K	n	$R^2$	K	n	$R^2$	
0.714	20.01	0.9960	10.21	12.08	0.472	0.9991	19.48	0.38	0.9984	1
0.713	16.97	0.9958	5.68	12.53	0.455	0.9998	16.58	0.40	0.9996	2
0.729	22.20	0.9970	13.99	11.84	0.483	0.9997	22.38	0.36	0.9984	3
0.709	7.19	0.9980	3.79	4.87	0.619	0.9999	0.72	0.55	0.9995	4
0.701	7.06	0.9980	3.68	4.17	0.647	0.9999	6.03	0.57	0.9997	5
0.627	4.16	0.9961	0.81	5.09	0.531	0.9997	4.62	0.55	0.9996	6
0.630	1.47	0.9930	3.12	3.75	0.594	0.9998	2.32	0.70	0.9990	7
0.709	7.19	0.9980	3.21	4.23	0.602	0.9997	6.24	0.64	0.9993	8
0.783	19.75	0.9960	12.53	10.36	0.537	0.9988	18.31	0.42	0.9976	9
0.589	6.51	0.9953	0.91	6.75	0.483	0.9998	6.20	0.50	0.9998	10
0.769	6.53	0.9980	0.74	5.22	0.613	0.9991	7.36	0.54	0.9987	11
0.731	7.23	0.9970	3.79	5.12	0.579	0.9999	6.22	0.53	0.9994	12
0.667	4.86	0.9963	0.61	5.33	0.558	0.9998	5.02	0.57	0.9998	13
0.577	0.61	0.9977	1.27	1.66	0.686	0.9999	1.17	0.762	0.9994	14
0.721	7.37	0.9970	3.32	5.17	0.598	0.9998	6.31	0.61	0.9997	15
0.616	0.96	0.9962	2.60	2.72	0.614	0.9999	1.60	0.730	0.9989	16
10.99		0.9980	0.51	8.00	0.563	0.9999	11.38	0.49	0.9995	17
		0.805								
0.730	13.82	0.9959	2.74	11.39	0.475	0.9999	13.18	0.45	0.9998	18
0.680	10.41	0.9940	0.19	10.32	0.458	0.9987	10.19	0.46	0.9987	19
0.695	7.34	0.9970	3.53	4.25	0.659	0.9998	6.58	0.57	0.9997	20

$n$  = شاخص رفتار جریان (بدون واحد)  $k$  = ضریب قوام  $(pa.s^n)$   $k_c^2$  = ویسکوزیته کاسون  $\tau_0$  = تنش تسلیم کاسون  $(pa)$   $\tau_{0c}$  = تنش تسلیم کاسون  $(pa)$

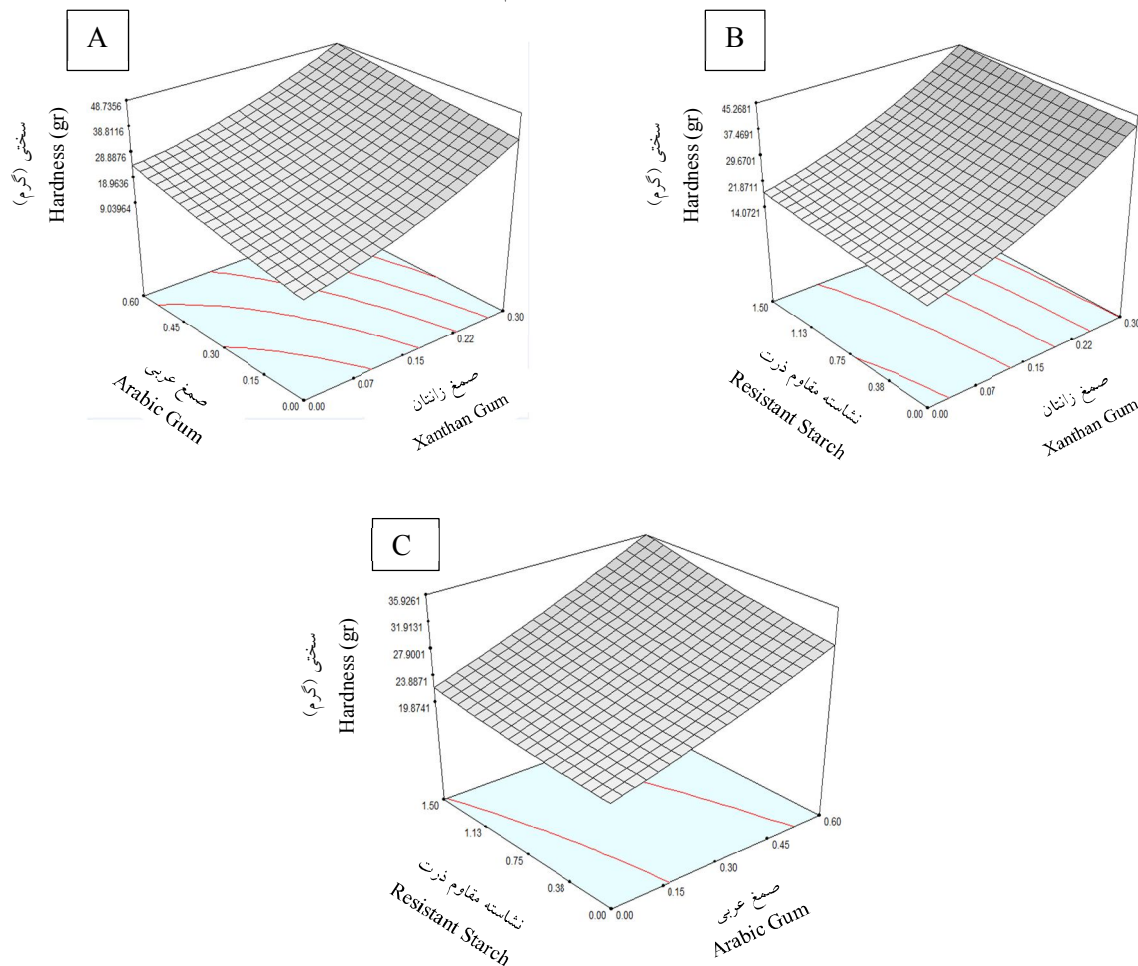
$R^2$  = ضریب همبستگی

$n$  = Flow behavior index (no unit);  $k$  = Consistency coefficient  $(pa.s^n)$ ;  $k_c^2$  = Casson viscosity;  $\tau_0$  = Yield stress  $(pa)$ ;  $\tau_{0c}$  = Casson yield stress  $(pa)$ ;  $R^2$  = Correlation coefficient

و ظرفیت نگهداری آب بسیار بالایی دارد، شاهد چنین اثری هستیم (۱۶).

ارزیابی سختی بافت بستنی: سختی مواد غذایی، هنگام صرف و بویژه هنگام بلع، حائز اهمیت می باشد. سختی بستنی می تواند تحت تاثیر چندین فاکتور قرار گیرد که عبارتند از: نقطه انجماد اولیه، مواد جامد کل، اورران، مقدار و نوع پایدارکننده (۱۸). به منظور تعیین شرایط بهینه متغیرها در به دست آوردن بهترین میزان سختی بافت بستنی، نمودارهای سه بعدی سطحی و کانتور برای متغیرها در شکل A-۷ و B-۷ و C-۷ ترسیم شده است.

با مشاهده پارامترهای بدست آمده از این مدل (هرشل بالکی) مشخص می شود که با افزایش میزان صمغ ها و نشاسته مقاوم ذرت، شاخص رفتار جریان کاهش و ضریب قوام افزایش می یابد. همچنین با افزایش میزان صمغ زانتان در نمونه ها شاخص جریان نسبت به نمونه هایی که حاوی صمغ عربی و نشاسته مقاوم ذرت است به طور قابل توجهی کاهش یافت. این تاثیر در مورد افزایش ضریب قوام نیز صدق می کند این در حالی است که نشاسته مقاوم ذرت کمترین تاثیر را در مورد شاخص جریان و ضریب قوام دارد. با توجه به اینکه صمغ زانتان قدرت جذب



شکل ۷: تغییرات مربوط به سختی بافت بستنی در مقادیر مختلف صمغ عربی و زانتان (A)، صمغ زانتان و نشاسته مقاوم ذرت (B)، صمغ عربی و نشاسته مقاوم ذرت (C) (توجه: در همه موارد از سه عامل بافت دهنده استفاده شده است اما در هر یک از حالات مقدار یکی از آنها ثابت است)

Figure 7. Changes of hardness in various quantities from xanthan gum and Arabic gum (A), xanthan gum and resistant starch (B), Arabic gum and resistant starch (C) (Attention: In all treatments three texturized agents were used but one of them was applied in constant quantity)

عامل دیگری که روی سختی بستنی تاثیرگذار می‌باشد ماهیت فاز سرمی است، که با افزایش ویسکوزیته سختی بستنی نیز افزایش پیدا می‌کند (۳۵). گوف و همکاران (۱۹۹۵) یک رابطه مشابهی در این خصوص نشان دادند که با افزودن پایدارکننده‌ها به مخلوط بستنی، منجر به افزایش در ویسکوزیته ظاهری مخلوط بستنی و به دنبال آن منجر به افزایش سختی بستنی نیز می‌شود. با توجه به آنچه گفته شد، نتایج بدست آمده از این تحقیق نیز موید این است که افزایش در ویسکوزیته، اورران را کاهش داده و از طرفی منجر به افزایش سختی بستنی شده است.

**ارزیابی چسبندگی بافت بستنی:** چسبندگی ۱ نیروی مورد نیاز برای حذف مواد چسبیده به دهان (معمولا سقف دهان)، طی خوردن غذا به صورت طبیعی می‌باشد. تکنولوژی مورد استفاده برای ارزیابی چسبندگی، این گونه است که مواد غذایی که در دهان قرار گرفته، آن را به سمت سقف دهان (کام) فشار داده و نیروی مورد نیاز برای حذف آن را با زبان ارزیابی می‌کنند. (۱۱).

بر طبق نتایج به دست آمده کمترین و بیشترین میزان چسبندگی مربوط به نمونه شاهد (۸/۵۸- گرم در ثانیه) و نمونه حاوی مقادیر بالای صمغ زانتان، عربی و نشاسته مقاوم ذرت (۰/۳، ۰/۶ و ۱/۵ درصد) (۳۳/۹۸- گرم در ثانیه) می‌باشد. همانطور که در شکل‌های A-۸ و B-۸ مشخص است با افزایش میزان صمغ زانتان و صمغ عربی میزان چسبندگی نمونه‌های بستنی نیز افزایش پیدا کرده است. این ویژگی در نمونه‌های حاوی صمغ زانتان و صمغ عربی معنی‌دار بود ( $P < 0.001$ ). در این رابطه نیز میلانی و همکاران (۱۳۹۰) نشان دادند که افزایش صمغ گوار در بستنی ماستی منجر به افزایش چسبندگی آن می‌شود. همچنین آکالین و همکاران (۲۰۰۸) با افزودن اینولین و کنسانتره پروتئین آب پنیر و انگار و

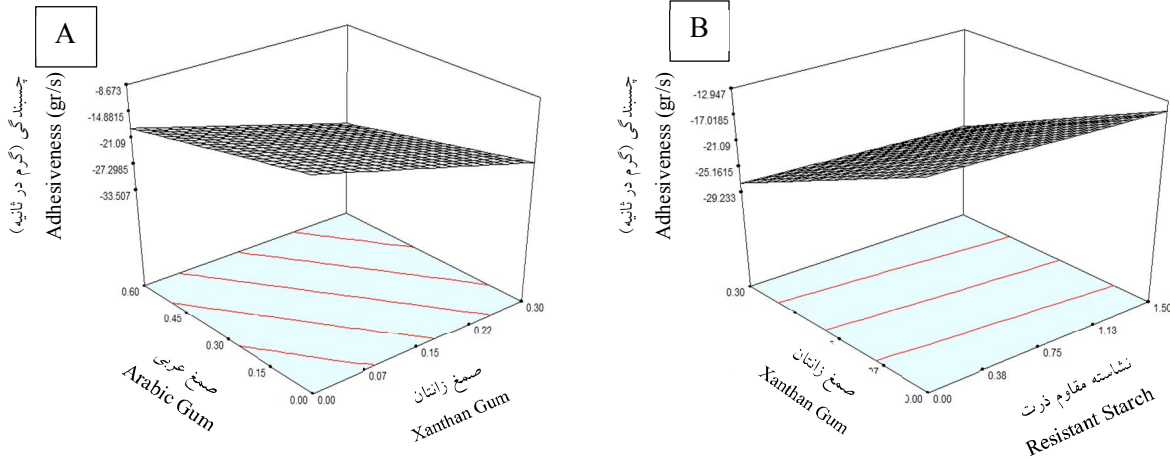
با توجه به نتایج به دست آمده کمترین و بیشترین میزان سختی بستنی مربوط به نمونه کنترل (۸/۷۵ گرم) و نمونه حاوی ۰/۳ درصد صمغ زانتان، ۰/۶ درصد عربی و ۱/۵ درصد نشاسته مقاوم ذرت (۵۰/۹۸ گرم) می‌باشد. همانطوری از A-۷، B-۷ و C ملاحظه می‌شود سختی بافت بستنی با افزایش میزان صمغ زانتان، صمغ عربی و نشاسته مقاوم ذرت به طور معنی‌داری افزایش پیدا کرده است ( $P < 0.01$ ). هنگامی که با استفاده از آزمون نفوذی، سختی بافت بستنی اندازه‌گیری می‌شود، مشخص می‌شود که عوامل متعددی بر روی سختی بافت آن تاثیر می‌گذارد (۱۸). موس و هارتل (۲۰۰۴) مشخص کردند که حجم فاز یخی مستقیماً بر روی سختی بافت بستنی تاثیر می‌گذارد. ویلی و همکاران (۱۹۹۸) هنگامی که نقطه انجماد مخلوط بستنی را کنترل کردند، با محاسبه محتوای یخی پی بردند که یک افزایش نمایی در سختی بستنی رخ داد (۴۸). افزایش در اندازه کریستال‌های یخ منجر به سفت‌تر شدن بافت بستنی می‌شود (۳۵). این اثر احتمالاً به دلیل اجتماع کریستال‌های یخی و ایجاد شبکه‌ای از کریستال‌های یخی می‌باشد (۱۸). میزان هوا نیز تقریباً تغییر شکل بافت بستنی را تحت تاثیر می‌گذارد.

در تحقیق حاضر با افزایش میزان هوادهی بستنی سختی بافت کمتر شده است. مطالعات زیادی نشان داده که افزایش اورران بستنی، منجر به کاهش سختی بستنی می‌شود (۱۹؛ ۳۵؛ ۴۹). ویلی و همکاران (۱۹۹۸) نشان دادند وجود هوای پراکنده در داخل ماتریکس بستنی منجر به نفوذ راحت‌تر آن می‌شود. بنابراین بستنی با اورران بالاتر، قابلیت سهولت برداشتن بستنی با قاشق را بالا می‌برد. با توجه به مطالب ذکر شده می‌توان این گونه بیان کرد که افزایش میزان پایدارکننده‌ها در مخلوط بستنی منجر به کاهش اورران در بستنی شده که نهایتاً منجر به کاهش سختی بستنی می‌شود.



شاهد یک افزایش معنی‌داری در چسبندگی بافت نمونه‌های بستنی شدند.

همکاران (۲۰۰۲) نیز با افزودن اینولین در سطوح بالاتر از ۵ درصد، به نتایج مشابهی دست یافتند، و



شکل ۸: تغییرات مربوط به چسبندگی بافت بستنی در مقادیر مختلف صمغ زانتان و صمغ عربی (A)، نشاسته مقاوم ذرت و صمغ زانتان (B) (توجه: در همه موارد از سه عامل بافت دهنده استفاده شده است اما در هر یک از حالات مقدار یکی از آنها ثابت است)

Figure 8. Changes of adhesiveness in various quantities from xanthan gum and Arabic gum (A), xanthan gum and resistant starch (B) (Attention: In all treatments three texturized agents were used but one of them was applied in constant quantity)

توجه به مطلوبیت یکسان، چهار راه‌حل اول پیش‌بینی و انتخاب گردید که مطلوبیت شماره یک به عنوان بهترین شرایط جهت دست‌یابی به شرایط بهینه در نظر گرفته شد.

ارزیابی حسی: یکی از نقش‌های مهم پایدارکننده‌ها در بستنی، تاثیر آن‌ها بر خصوصیات حسی بستنی می‌باشد. اگرچه گزارشات زیادی در خصوص اثر پایدارکننده‌ها بر ادراک بافت و پخش طعم امولسیون‌های لبنی وجود دارد (۴۵). جدول ۶ نتایج حاصل از آنالیز حسی نمونه‌های مختلف بستنی شیر شتر را نشان می‌دهد که با افزایش مقادیر صمغ زانتان و عربی ویژگی‌های حسی مربوط به بستنی (شدت سردی، سفتی، شاخص ویسکوزیته، میزان صافی، سرعت ذوب شدن، عطر و طعم و پذیرش کلی) بهبود یافت. افزایش مقادیر صمغ‌ها و نشاسته مقاوم ذرت حالت خامه‌ای را در بستنی افزایش داد. نمونه حاوی ۰/۱۵ درصد صمغ زانتان، ۰/۳ درصد صمغ عربی و

بهینه‌سازی فرمولاسیون بستنی: جدول ۴ و ۵ به ترتیب شرایط تعیین شده برای متغیرهای مستقل و شرایط بهینه شده بستنی حاصل از شیر شتر را نشان می‌دهد. ویژگی‌هایی نظیر هوادهی، ویسکوزیته، سرعت ذوب شدن، زمان ذوب اولین قطره، سفتی و چسبندگی تاثیر مستقیمی روی خصوصیات حسی بستنی دارند. به همین منظور در فرآیند بهینه‌سازی، اثر هوادهی، ویسکوزیته، زمان ذوب اولین قطره و سفتی بر میزان مطلوبیت در حداکثر مقادیر آنها در نظر گرفته شد این در حالی است که مقادیر مربوط به سرعت ذوب شدن و چسبندگی بستنی حداقل در نظر گرفته شد. در فرآیند بهینه‌سازی به تمامی پارامترهای مستقل وزن و اهمیت یکسان داده شد. با توجه به شرایط مورد نظر ۴ راه‌حل پیش‌بینی شده توسط نرم افزار بهینه‌ساز (که براساس مطلوبیت در جدول ۵ مرتب شده‌اند)، داده شد. هرچه مطلوبیت به یک نزدیک‌تر باشد مناسب‌ترین و بهترین شرایط خواهد بود که با

۰/۷۵ درصد نشاسته مقاوم ذرت بالاترین امتیاز را از نظر عطر و طعم به خود اختصاص دادند.

جدول ۴: شرایط تعیین شده جهت بهینه‌سازی فرمولاسیون بستنی.

Table 4. The specified conditions to optimize the formulation of ice cream

اهمیت Importance	حد بالا High amount	حد پایین Low amount	هدف Target	شرایط Conditions
3	0.3	0	حداقل Minimum	صمغ زانتان Xanthan Gum
3	0.6	0	حداکثر Maximum	صمغ عربی Arabic Gum
3	1.5	0	حداکثر Maximum	نشاسته مقاوم ذرت Resistant Starch
3	2594	524	حداکثر Maximum	ویسکوزیته Viscosity
3	50.98	8.75	حداکثر Maximum	سفتی Hardness
3	-8.58	-33.98	حداقل Minimum	چسبندگی Adhesiveness
3	50.75	28.02	حداکثر Maximum	اورران Overrun
3	52.63	22.02	حداقل Minimum	سرعت ذوب شدن Melting rate
3	1128	640	حداکثر Maximum	زمان ذوب اولین قطره First dripping time

جدول ۵: نتایج حاصل از بهینه‌سازی فرمولاسیون بستنی.

Table 5. Optimized formulation for the manufactured ice cream

مطلوبیت Desirability	چسبندگی Adhesiveness	سفتی Hardness	ویسکوزیته Viscosity	زمان اولین قطره First dripping time	سرعت ذوب Melting rate	اورران Overrun	نشاسته مقاوم ذرت Resistant Starch	صمغ زانتان Xanthan Gum	صمغ عربی Arabic Gum	راه حل Solution
0.50	-30.0	40.1	2295.5	886.3	29.53	32.01	0.49	0.23	0.60	1
0.49	-30.0	40.1	2297.8	886.1	29.49	32.01	0.49	0.23	0.60	2
0.49	-30.0	39.9	2289.3	883.8	29.65	32.03	0.50	0.23	0.60	3
0.49	-29.9	39.8	2285.8	886.2	29.71	32.07	0.48	0.23	0.60	4

را مورد بررسی قرار دادند؛ در بیشتر موارد، غلظت پایدارکننده‌ها ارتباط بالایی با ویسکوزیته مخلوط بستنی و بافت آن داشت. ویسکوزیته مخلوط بستنی، ارتباط بالایی با بافت بستنی‌های حاوی صمغ گوار، ژلاتین و عربی داشت اما در مورد صمغ کارایا و سدیم آلژینات این گونه مشاهده نشد. همچنین ویسکوزیته مخلوط بستنی تقریباً ارتباط نزدیکی با پذیرش کلی بستنی‌های محتوی صمغ گوار، عربی، ژلاتین و سدیم آلژینات داشت.

افزایش مقادیر نشاسته مقاوم ذرت نیز تا حدی منجر به بهبود خصوصیات حسی آن شد ولی با افزایش مقادیر آن از ۰/۷۵ درصد به بالا منجر به کاهش پذیرش کلی آن شد. با توجه به نتایج حاصل از ارزیابی نمونه‌های بستنی، پذیرش کلی با بیشترین امتیاز مربوط به نمونه حاوی ۰/۳ صمغ زانتان، ۰/۳ صمغ عربی و ۰/۷۵ درصد نشاسته مقاوم ذرت بود. مینهانس و همکاران (۲۰۰۲) رابطه میان غلظت پایدارکننده‌ها، ویسکوزیته، بافت و پذیرش کلی بستنی

جدول ۶: نتایج حاصل از ارزیابی حسی نمونه‌های مختلف بستنی

Table 6. The results of sensory evaluation samples of ice cream

پذیرش کلی Total acceptance	رنگ Color	عطر و طعم Flavor	ذوب شدن Melting rate	صافی Softness	ویسکوزیته Viscosity	سفتی Hardness	سردی Coldness	تیمار Treatment
4±0.0bcd	4.5±0.5ab	3.8±0.4c	3.5±0.5abc	3.8±0.4b	3.6±0.5b	4±0.6b	3.6±0.5cd	مرکزی
4.3±0.5d	4.6±0.5ab	3.6±0.5bc	3.1±0.8ab	3.6±0.5ab	3.8±0.4b	4±0.6b	3.5±0.5bcd	1
3.5±0.5ab	4.8±0.4b	2.6±0.5c	3.5±0.5abc	3.1±0.4a	3.8±0.8b	3.8±0.4b	3.5±0.5bcd	2
3.8±0.4abcd	4.6±0.5ab	3.6±0.5bc	3.3±0.5ab	3.6±0.5ab	3.8±0.4b	4±0.6b	3.3±0.5bc	3
3.6±0.5abc	4.3±0.5ab	3.5±0.5bc	3.5±0.5abc	3.8±0.4b	3.8±0.4b	3.5±0.5b	3.6±0.5cd	6
3.8±0.4abcd	4.5±0.5ab	3.5±0.5bc	3.6±0.5bcd	4±0.0b	3.6±0.5	3.5±0.5b	3.8±0.4cd	7
3.5±0.5ab	4.5±0.5ab	3±0.6ab	2.8±0.8a	3.1±0.8a	4±0.6b	4.2±0.4b	2.6±0.5a	9
4±0.0bcd	4.5±0.5ab	3.6±0.5bc	3.5±0.5abc	3.8±0.4b	4±0.0b	4.2±0.4b	3.6±0.5cd	10
4.1±0.4cd	4.6±0.5ab	3.6±0.5bc	3.6±0.5bcd	3.8±0.4b	3.8±0.4b	3.8±0.4b	3.3±0.5bc	11
3.3±0.5a	4.3±0.5ab	3.1±0.4abc	3.3±0.5ab	3.5±0.5ab	3.8±0.4b	3.8±0.4b	3±0.0ab	13
3.3±0.5a	4.6±0.5ab	3.5±0.5bc	4.3±0.5d	3.1±0.4a	2.8±0.4a	2.5±0.5a	3.8±0.4cd	14
3.3±0.5a	4.5±0.5ab	2.6±0.5a	4.1±0.4cd	3.6±0.5ab	3.5±0.5b	2.8±0.4a	4±0.6d	16
3.6±0.5abc	4.1±0.8ab	3.6±0.5bc	3.3±0.5ab	3.6±0.5ab	3.6±0.5b	3.7±0.5b	2.6±0.5a	17
4±0.6bcd	4.1±0.4ab	3.8±0.4c	3.6±0.5bcd	3.8±0.4b	3.8±0.4b	3.7±0.5b	3±0.0ab	18
3.5±0.5ab	4±0.6a	2.6±0.5a	3.5±0.8abc	3.5±0.5ab	4±0.6b	3.7±0.5b	3.5±0.5bcd	19

عربی با ۰/۶ و صمغ زانتان نیز در محدوده ۰/۲۳ انتخاب شد. به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از شیر شتر به منظور تولید بستنی همراه با نشاسته مقاوم ذرت، صمغ عربی و زانتان تاثیر قابل ملاحظه‌ای بر خصوصیات بافتی داشته و این طرح می‌تواند به کارخانه‌های فرآورده‌های لبنی بخصوص بستنی پیشنهاد شود.

#### منابع

1. Abassi, S., and Foroughinia., S. 2007. Influence of some physical and chemical parameters on flow behavior of salab gum (*Orchidaceae orchis*) solutions. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources. 11, Number 41. (In Persian)
2. Agrawal, R.P., Beniwal, R., Kochar, D.K., Tuteja, F.C., Ghorui, S.K., Sahani, M.S., and Sharma, S. 2005. Letter to the editor: Camel milk as an adjunct to insulin therapy improves long-term glycemic control and reduction in doses of insulin in patients with type-1 diabetes: A 1-year randomized

#### نتیجه‌گیری کلی

نتایج آنالیز نشان داد که افزودن نشاسته مقاوم ذرت و صمغ‌ها در بستنی شیر شتر اثر معنی‌داری بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی داشتند. بیشترین تاثیر معنی‌داری بر هوادهی، ویسکوزیته، سفتی، چسبندگی، سرعت ذوب مربوط به نمونه‌ای بود که بالاترین مقادیر صمغ‌ها و نشاسته مقاوم ذرت را داشت. در تمامی نمونه‌ها صمغ‌ها تاثیر بیشتری نسبت به نشاسته مقاوم ذرت از خود نشان دادند. درخصوص رفتار رئولوژیکی مخلوط بستنی نیز نتایج نشان داد که جریان تمامی نمونه‌ها رقیق شونده با برش می‌باشد و با ضریب همبستگی بالایی از قانون هرشل بالکی تبعیت کرد. شاخص پذیرش حسی نمونه‌ها حاکی از آن است که نمونه‌های حاوی صمغ زانتان و عربی امتیاز بالایی داشتند این درحالی است که افزایش مقادیر نشاسته مقاوم ذرت از ۰/۷۵ درصد به بالا از مقبولیت آن کاست. بهترین سطوح بهینه‌سازی برای نشاسته مقاوم ذرت در محدوده ۰/۴۸ - ۰/۵۰، صمغ

- International Series. Second Edition. p 266.
12. Desouky, M.M., Shalaby, S.M., Soryal, K.A. 2013. Compositional, rheological and organoleptic qualities of camel milk labneh as affected by some milk heat treatments. *World Journal of Dairy & Food Sciences*, 8 (2): 118-130.
  13. Dogan, M., and Kayacier, A. 2007. The effect of ageing at low temperature on the rheological properties of kahramanmaras-type ice cream mix. *International Journal of Food Properties*. 10(1): 19-24.
  14. 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.
  15. Farhoosh, R., and Riazi, A. 2007. A compositional study on two types of salep in Iran and their rheological properties as a function of concentration and temperature. *Food Hydrocolloids*, 21: 660-666.
  16. Fatemi, H. 1387. *Food chemistry*. Enteshar Publication Company, p. 477. (In Persian).
  17. Fuentes-Zaragoza, E., Riquelme-Navarrete, M.J., Sánchez-Zapata, E., and Pérez-Álvarez, J.A. Resistant starch as functional ingredient: A review. 2010. *Food Research International* 43: 931-942.
  18. Goff, H.D. and Hartel, R.W. 2013. *Ice cream*. Seventh edition. Springer New York Heidelberg Dordrecht London. p: 19, 390-430
  19. Goff, H.D., Freslon B., Sahagian, M.E., Hauber, T.D., Stone, A.P., and Stanley, D.W. 1995. Structural development in ice cream-dynamic rheological measurements. *Journal of Texture Studies*, 26: 517-536.
  20. Gohari Ardabili, A., Habibi Najafi, M.B., and Haddad Khodaparast, M.H. 2005. Effect of date syrup as a substitute for sugar on the physicochemical and sensory properties of soft ice cream. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*. 1 (2): 23-32.
  - controlled trial. *Diabetes Research and Clinical Practice*. 68: 176-177.
  3. Ahmed. A.S.M., and El-Zubeir., I.E.M. 2015. Microbiological and sensory properties of low fat ice cream from camel milk using natural additives. *Annals. Food Science and Technology*. Volume 16, Issue 1.
  4. Akalin, A.S., and Erisir, D. 2008. Effects of inulin and oligofructose on the rheological characteristics and probiotic culture survival in low-fat probiotic ice cream. *Journal of food science*, 73(4): M184-8.
  5. 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 and Technology*. 227: 889-895.
  6. 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.
  7. AOAC, 1990. *Official methods of analysis*. 15th Edn., Association of Official Analytical Chemists, Washington DC. USA, pp: 200-210.
  8. BahramParvar, M., and Mazaheri Tehrani, M. 2011. Application and Functions of Stabilizers in Ice Cream. *Food Reviews International*. 27(4): 389-407.
  9. BahramParvar, M., Haddad Khodaparast, M.H., and Razavi, S.M.A. 2009. The effect of Lallemandiaroyleana (Balangu) seed, palmate-tuber salep and carboxymethylcellulose gums on the physicochemical and sensory properties of typical soft ice cream. *International Journal of Dairy Technology*, 62:571-576.
  10. BahramParvar, M., Razavi, S.M.A., and Haddad Khodaparast, M.H. 2010. Rheological characterization and sensory evaluation of typical soft ice cream made with selected food hydrocolloids. *Food Science and Technology International*, 16(1): 79-88.
  11. Bourne, M.C., *Food texture and viscosity: Concept and Measurement*. 2002. *Food Science and Technology*

- properties of low fat orange yog-ice cream. Iranian Food Science and Technology Research Journal. 7 (2): 115-120.
32. 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 Foods for Human Nutrition. 57: 25-40.
  33. Mitschka, P. 1982. Simple conversion of Brookfield R.V.T. readings into viscosity functions. Rheologica Acta, 21: 207-209.
  34. Moeenfarid, 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 Agricultural & Environmental Sciences. 4(5): 584-589.
  35. 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.
  36. Phillips G.O., and Williams P.A. 2000. Handbook of hydrocolloids CRC.
  37. Rao, M.B., Gupta, R.C., and Dastur, N.N. 1970. Camels' milk and milk products. International Journal Dairy Science. 23: 71-78.
  38. Rezaei, R., Khomeri, M., Kashaninejad, M., Mazaheri-Tehrani M. and Aalami, M. 2015. Effect of resistant starch and aging conditions on the physicochemical properties of frozen soy yogurt. Journal Food Science and Technology. p: 13197-015-1895.
  39. Rezaei, R., Khomeri, M., Kashaninejad, M., and Aalami, M. 2011. Effects of guar gum and Arabic gum on the physicochemical, sensory and flow behaviour characteristics of frozen yoghurt. International Journal of Dairy Technology. 64: 4.
  40. Rezaei, R., Khomeri, M., Kashaninejad, M., and Aalami, M. 2012. Effect of inulin on the physicochemical properties, flow behavior and probiotic survival of frozen yogurt. Journal Food Science and Technology. DOI 10.1007/s13197-012-0751-7
  21. Granato, D., Branco, G.F., Nazzaro, F., Cruz, A.G., and Faria, A.F. 2010. Functional foods and nondairy probiotic food development trends, concepts, and products. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety; pp: 292-302.
  22. Ibrahim, H.H.A., Ibrahim, S.A.M., and Elbehry, M. 1989. Studies on the production of ice cream from camel milk products. Food Science and Technology. pp 31-34.
  23. Ioanna, S., Martinou, V., and Gregory, K.Z. 1990. Effect of some stabilizers on textural and sensory characteristics of yogurt ice cream from sheep's milk. Journal of Food Science, 55(3):703-707.
  24. Iranian National Standardization Organization. 2015. INSO, 2450 No. 1. Ice-cream specifications and test methods (Amendment No.1).
  25. Issariyachaikul, K. 2008. Development of modified fat ice cream products using inulin as a fat replacer, Mahidol, p. 87.
  26. Kavas, N., and Kavas, G. 2016. Probiotic Frozen yoghurt production using camel milk (*Camelus dromedarius*) with improved functions by strawberry Guava (*Psidium littorale* var. *cattleianum*) Fortification. British Journal of Applied Science & Technology. 14(5): 1-12; Article no. BJASt.23683.
  27. 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.
  28. Knoess, K.H. 1979. Milk production of the dromedary. Proceeding of the IFS Symposium Camels, pp: 201-214. Sudan.
  29. Kus, S., Altan, A., and Kaya, A. 2005. Rheological behavior and time-dependent characterization of ice cream mix with different salep content. Journal of Texture Studies, 36: 273-288.
  30. Marshall, R.T., Goff, H.D., Hartel, R.W. Ice Cream. 2003. 6th ed.; Kluwer Academic / Plenum Publishers: New York.
  31. Milani, E., Baghaei, H., and Mortazavi, S.A. 2011. Evaluation of dates syrup and guar gum addition on physicochemical, viscosity & textural

45. Soukoulis, C., Chandrinis, 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. *Food Science and Technology*, 41: 1816-1827.
46. Sun-Waterhouse, D., Edmonds, L., Wadhwa, S.S. and Wibisono, R. 2013. Producing ice cream using a substantial amount of juice from kiwifruit with green, gold or red flesh. *Food Research International*. 50: 647-656.
47. Surapat, S., and Rughthavon, P. 2003. Use of modified starch as fat replacer in reduced fat coconut milk ice cream. *Kasetsart Journal - Natural Science*. 37: 484-492.
48. Wilbey, R.A., Cooke, T., and Dimos, G. 1998. Effects of solute concentration, overrun and storage on the hardness of ice cream. In: Buchheim W (ed) *Ice cream: proceedings of the international symposium held in Athens, Greece, 18-19 Sept 1997*. International Dairy Federation, Brussels, Belgium, pp: 186-187.
41. Rincon, F., Leon de Pinto, G., and Beltran, O. 2006. Behavior of a mixture of *Acacia glomerosa*, *Enterolobium cyclocarpum* and *Hymenaea courbaryl* gums in ice cream preparation. *Food Science and Technology International*, 12 (1): 13-17.
42. Sadek, Z.I., EL-Shafei, K. and Murad, H.A. 2006. Utilization of xanthan gum and inulin as prebiotics for lactic acid bacteria *Deutsche Lebensmittel-Rundschau*. 102(3):109-114.
43. Sharmanov, T. Sh., Kadyrova, R.Kh., Shlygina, O.E., and Zhaksylykova, R.D. 1978. Changes in the indicators of radioactive isotope studies of the liver of patients with chronic hepatitis during treatment with whole camels' and mares' milk. *Voprosy Pitaniya*. 1: 9-13.
44. Sofjan, R.P., and Hartel, R.W. 2004. Effect of overrun on structural and physical characteristics of ice cream. *International Dairy Journal*, 14(3): 255-262.



## Rheological and textural properties of camel milk ice cream by using resistant starch, Arabic and xanthan gums in a new formulation

M. Azari Anpar<sup>1</sup>, M. Khomeiri<sup>2\*</sup>, M. Aalami<sup>2</sup>

<sup>1</sup>M.Sc. graduated, Department of Food Science and Technology,  
Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

<sup>2</sup>Associate Professor, Department of Food Science and Technology,  
Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

Received: 2017/05/13; Accepted: 2017/12/22

### Abstract

**Background and objectives:** Camel milk and its products have different physicochemical properties from those of cow's milk. The present study was aimed to investigate the feasibility of production of a functional ice cream from camel milk by application of resistant starch (RS), Arabic and xanthan gums. The resultant ice creams were evaluated in terms of their physicochemical, rheological, textural and organoleptic properties.

**Materials and methods:** In this research work, maize RS, Arabic and xanthan gums were used as stabilizers in ice cream formulation. Different ingredients including skim milk powder, stabilizer-emulsifier, sugar, and vanilla were mixed to set the dry matter of camel milk ice cream on 30%. To prepare one kilogram of ice cream mix, camel milk was mixed with 160 g sugar, 3 g stabilizer-emulsifier, 1 g vanilla powder, and RS or gums; then the dry matter was adjusted to 30% by using skim milk powder. Ice cream mix was pasteurized at 68 °C for 30 min and then aged at 4 °C for 24 h. The aged mix was then frozen using a laboratory ice cream machine. Ice cream samples were evaluated for their textural and rheological characteristics.

**Results:** The least overrun value (28.02%) belonged to the sample containing the maximum amount of gums and RS, while the control sample had the highest overrun (50.75%). Ice cream mix prepared with the maximum amount of RS showed the highest viscosity, while the control sample had the least viscosity. The least (22.02%) and highest (52.63%) melting rates belonged to the samples containing the maximum amounts of RS or gum and control sample, respectively. Xanthan and Arabic gums and RS were significantly affected by the first dripping time in the linear parameter. Both gums showed a significant effect on hardness and adhesiveness ( $p < 0.01$ ), while RS had no significant effect on adhesiveness ( $p > 0.01$ ). Results for the fitting of rheological behavior of ice cream mixes showed that the Herschel-Bulkley model could predict the behavior of fluid with a high correlation coefficient. Sensory properties of camel milk ice creams were significantly improved by increasing the amounts of xanthan and Arabic gums. Results of formulation optimization revealed that the best amounts of RS, Arabic and xanthan gums were in the range of 0.48-0.5, 0.6, and 0.23, respectively.

**Conclusion:** It was concluded that maize RS, Arabic and xanthan gums had a significant effect on physicochemical properties of camel milk ice cream. These ingredients have the potential to be used as stabilizers in ice cream formulations.

**Keywords:** Camel milk, Gums, Ice cream, Rheological Properties, Resistant Starch

\* Corresponding author; mkhomeiri@yahoo.com

