



تأثیر جایگزینی شکر با شیر خرمای بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، رئولوژیکی و حسی بستنی وانیلی بر پایه آب پنیر

امیر طاهریان^{۱*}، علیرضا صادقی ماهونک^۲، حبیب‌ا... میرزایی^۲، مهران اعلمی^۲، علیرضا صادقی^۲

^۱ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

^۲ گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۰/۱۲؛ تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۴/۱۵.

چکیده

سابقه و هدف: اصلاح سطح شکر یا مواد جامد بدون چربی موجب تغییرات طعم و بافت در بستنی خواهد شد که این مسئله موضوع اساسی برای تولید کنندگان بستنی است. کاهش سطح شکر در بستنی را می‌توان توسط سایر عوامل حجم دهنده، مانند مواد جامد بدون چربی که قادر به اصلاح طعم و بافت محصول نهایی هستند، جبران نمود. با توجه به ارزش تغذیه‌ای بالای خرما و اینکه ایران از کشورهای تولید کننده عمده خرما در جهان محسوب می‌شود، امکان بررسی استفاده از محصولات جانبی حاصل از فرآوری خرما الزامی تلقی می‌شود. آب پنیر جزء مواد ضایعاتی کارخانجات پنیر سازی به شمار می‌آید که دارای ارزش تغذیه‌ای بالا و در عین حال دارای قیمت به مراتب پایین‌تری از شیر است در نتیجه امکان استفاده از این ماده با ارزش وجود دارد.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش از ۴ سطح جایگزینی شیر خرمای (۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد) به جای شکر در فرمولاسیون بستنی وانیلی بر پایه آب پنیر استفاده شد. فاکتورهای فیزیکوشیمیایی شامل pH، اسیدیته، افزایش حجم، زمان ذوب اولین قطره، ویژگی‌های رنگ (روشنایی، زردی، قرمزی، اندیس TCD، h* و chroma)، ویسکوزیته و رفتار رئولوژیکی (مدل‌های کاسون، هرشل بالکی و قانون توان) و ویژگی‌های حسی (بافت، طعم، رنگ و پذیرش کلی) مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج پژوهش حاضر نشان داد با افزایش درصد جایگزینی شیر خرمای با شکر در فرمولاسیون بستنی به دلیل کاهش استحکام بافت بستنی میزان افزایش حجم روند کاهشی داشت؛ به‌طوری‌که میزان افزایش حجم در نمونه شاهد برابر ۵۴/۵ درصد و در نمونه حاوی ۱۰۰ درصد شیر خرمای ۴۲ بود. در ارتباط با شاخص مقاومت به ذوب روندی مشابه مشاهده شد؛ به‌طوری‌که شاخص مقاومت به ذوب در نمونه شاهد ۲۰/۵۴ دقیقه و در نمونه حاوی ۱۰۰ درصد شیر خرمای ۱۴/۴۳ دقیقه بود. علاوه بر این ویسکوزیته به شکل معنی‌داری در سطح ۵ درصد کاهش یافت و افزایش درصد جایگزینی سبب تغییر رنگ محسوس در نمونه‌های بستنی تولیدی شد. شاخص رفتار جریان برای تمامی نمونه‌ها کمتر از ۱ بود که مویذ رفتار رقیق شونده با برش است. تجزیه و تحلیل ویژگی‌های حسی بستنی‌های تولیدی نشان داد که بستنی تولیدی با ۵۰ درصد شیر خرمای جایگزین شکر دارای بهترین ویژگی‌های حسی از نقطه نظر ارزیابان حسی بود.

نتیجه‌گیری کلی: با توجه به ارزش تغذیه‌ای بالا و سطح بالای تولید خرما در ایران استفاده از فرآورده‌های جانبی خرما به‌خصوص شیر خرمای در سطح ۲۵ و ۵۰ درصد جایگزین مناسبی برای شکر در فرمولاسیون بستنی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آب پنیر، شیر خرمای، بستنی وانیلی، ویژگی‌های رئولوژیکی، ارزیابی حسی

مقدمه

بستنی از حباب‌های هوا، گلبول‌های چربی، کریستال‌های یخ و فاز سرمی غیر منجمد تشکیل می‌شود. فاز سرمی از قندها و پلی ساکاریدهای با وزن مولکولی بالا در محلول تغلیظ شده انجمادی تشکیل می‌شود (۹). یکی از نکات حائز اهمیت در تولید بستنی این است که بستنی را بتوان از شیرهای مختلف تولید کرد (۲۲). امروزه استفاده موفقیت آمیزی از پودر آب پنیر در تولید بستنی و محصولات منجمد در صنعت به ثبت رسیده (۲۵) که سبب بهبود نرمی، خامه‌ای شدن و طعم بستنی شده است. رضوی و همکاران (۱۳۸۰) در بررسی تاثیر آب پنیر شیرین به‌عنوان جایگزین مواد جامد شیر در فرمولاسیون مخلوط بستنی دریافتند جایگزینی آب پنیر تا ۵۰ درصد هیچ گونه تاثیر نامطلوبی بر ویژگی‌های تکنولوژیکی بستنی نمی‌گذارد (۱۹). با توجه به اینکه چربی سبب افزایش میزان کلسترول خون شده و نیز میزان شکر موجود در بستنی امکان ابتلاء به دیابت را افزایش می‌دهد ارائه فرمولاسیون مناسب همراه با حفظ ویژگی‌های حسی و بافتی مورد پذیرش مصرف کنندگان برای تولید این ماده غذایی پر مصرف امری ضروری است. اصلاح سطح شکر یا مواد جامد بدون چربی موجب تغییرات طعم و بافت در بستنی خواهد شد که این مسئله موضوع اساسی برای تولید کنندگان بستنی است. کاهش سطح شکر در بستنی را می‌توان توسط سایر عوامل حجم دهنده، مانند مواد جامد بدون چربی که قادر به اصلاح طعم و بافت محصول نهایی هستند، جبران نمود. با تمام فوایدی که ساکاروز به عنوان یک شیرین کننده طبیعی با ویژگی‌های عملکردی ممتاز دارد، اما بدلیل عوارض جانبی نامطلوب مصرف بالای آن مانند چاقی و افزایش سطح گلوکز و انسولین خون بویژه در بیماران دیابتی و از طرفی به دلیل مسائل اقتصادی، پژوهش‌های روز

افزونی جهت جایگزینی مناسب شکر با سایر شیرین کننده‌ها در دست انجام است (۱۱). خرما به دلیل دارا بودن منابع قندی نظیر گلوکز و فروکتوز شیرینی مطلوبی را در محصولات غذایی ایجاد می‌کند و به عنوان یک غذای با هضم و جذب راحت مورد توجه است (۴). خرما دارای چربی پایین و عمدتاً از نوع غیر اشباع، فیبر و مواد معدنی بالا می‌باشد. شیره خرما دارای مواد رنگی و کلوئیدی بسیار بالا و نیز از لحاظ ویسکوزیته شبه عسل است. مطالعات محدودی در زمینه استفاده از شیره خرما به عنوان جایگزین شکر به انجام رسیده است اما با توجه به میزان بالای تولید خرما و ارزش تغذیه‌ای بالای آن پژوهش در این زمینه مهم تلقی می‌شود (۷). بنابراین بررسی جایگزینی شکر با شیره خرما در فرمولاسیون بستنی بر پایه آب پنیر هدف اصلی پژوهش حاضر بود.

مواد و روش‌ها

مواد اولیه: مواد اولیه مورد استفاده در پژوهش شامل شیر با ۱/۵ درصد چربی، پودر آب پنیر (شرکت صنایع شیر پگاه گلستان)، خامه (کارخانه شیر پاستوریزه میهن)، پایدارکننده (شرکت کاله آمل)، شیره خرما (شرکت پرشین) پودر شکر و وانیل بود.

تهیه بستنی: فرمولاسیون نمونه‌های بستنی شامل ۷۲ درصد شیر، ۱۲ درصد آب پنیر (ماده جامد بدون چربی)، ۸ درصد چربی، ۱۶ درصد شکر، ۰/۲ درصد وانیل و ۰/۴ درصد مخلوط پایدارکننده و امولسیون‌کننده بود. برای تهیه نمونه‌ها، مقدار مورد نیاز از هرکدام از مواد اولیه شامل شیر (جهت تأمین ماده جامد بدون چربی و بخشی از چربی)، پودر آب پنیر (جهت تأمین باقیمانده ماده جامد بدون چربی)، خامه (جهت تأمین باقیمانده چربی)، شکر، مخلوط پایدارکننده و امولسیون‌کننده به روش جبری محاسبه و توزین

اندازه گیری pH: pH نمونه‌ها قبل از انجماد با استفاده از متر Methrom مدل ۸۲۷ ساخت سوییس اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری اسیدیته: ۱۰ میلی‌لیتر از نمونه‌ها قبل از انجماد برداشته و در حضور معرف فنل فتالین با سود ۰/۱ نرمال تا ظهور رنگ صورتی تیترا گردید (۲). میزان اسیدیته بر حسب درجه دورنیک به شرح زیر محاسبه شد.

$$\text{رابطه ۱} \quad \text{اسیدیته (بر حسب دورنیک)} = \text{میلی لیتر مصرفی سود} \times 10$$

اندازه‌گیری افزایش حجم^۱: در اندازه‌گیری افزایش حجم از ظروفی با حجم مشخص استفاده شد. پس از انجماد محصول در بستنی ساز، از مخلوط نمونه‌گیری انجام گرفت. نمونه مورد نظر توزین گردید و افزایش حجم از طریق رابطه ۲ برحسب درصد محاسبه گردید (۵).

$$\text{رابطه ۲} \quad \frac{\text{افزایش حجم}}{\text{وزن نمونه بعد از انجماد} - \text{وزن نمونه قبل از انجماد}} \times 100$$

اندازه‌گیری ویسکوزیته: ویسکوزیته مخلوط بستنی قبل از انجماد و پس از مرحله رسانیدن توسط دستگاه بروکفیلد (مدل DV II، ساخت آمریکا) در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد (۳) پس از انجام آزمایش‌های مقدماتی، اسپیندل ۳ به‌عنوان مناسب‌ترین اسپیندل انتخاب شد (با توجه به دستورالعمل شرکت سازنده، اسپیندل مناسب جهت اندازه‌گیری ویسکوزیته، اسپیندلی است که در سرعت مورد نظر گشتاوری بالاتر از ۱۰ درصد را نشان دهد). اندازه‌گیری ویسکوزیته ظاهری در سرعت ۱۰۰ دور بر دقیقه انجام شد.

بررسی رفتار جریان: به‌منظور تعیین رفتار رئولوژیکی

شدند. در تیمارها از شیر خرمای در سطوح ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد در فرمولاسیون بستنی استفاده شد. مقدار محاسبه شده خامه، در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به شیر اضافه و به‌مدت ۲ دقیقه در سرعت ۵۰۰۰ دور بر دقیقه با استفاده از همگن‌کننده (Heidolph ساخت کشور آلمان) مخلوط شد. مخلوط به دمای ۵۰-۴۵ درجه سانتی‌گراد رسانده شد و در این دما اجزاء جامد فرمولاسیون بستنی اضافه و به مدت ۲ دقیقه در ۱۰۰۰۰ دور بر دقیقه هم‌وزن شدند. مخلوط آماده در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه در حمام آب (مدل ۱۰۱ شرکت اندیشه تجهیز) به‌طور غیرمستقیم پاستوریزه شده و دما بلافاصله با مخلوط یخ و نمک به ۴ درجه سانتی‌گراد رسانیده شد. نمونه‌ها جهت رسانیدن به مدت ۲۴ ساعت در یخچال در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند (۳). بعد از طی دوره رسانیدن، مقدار مورد نیاز از مخلوط برای آزمون‌های فیزیکوشیمیایی کنار گذاشته شد و باقی مخلوط بستنی در دستگاه بستنی ساز غیر مداوم آزمایشگاهی (مدل Musso، ساخت ایتالیا) به مدت ۲۴ دقیقه در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد تحت عمل انجماد قرار داده شدند. نمونه‌های بستنی آماده شده در ظروف پلاستیکی ۵۰ گرمی بسته‌بندی و برای دوره سخت شدن به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند (۳).

آزمایشات فیزیکوشیمیایی: جهت بررسی تأثیر جایگزینی شیر خرمای در بستنی، برخی فاکتورهای فیزیکوشیمیایی شامل pH، اسیدیته، افزایش حجم، زمان ذوب اولین قطره، ویسکوزیته و رفتار رئولوژیکی و ویژگی‌های حسی مورد بررسی قرار گرفت.

و صفر برای نمونه کاملاً سیاه در نظر گرفته می‌شود. برای بررسی روابط بین این پارامترها از معادلات زیر که بیان کننده اندیس کروما (رابطه ۶)، زاویه شکست نور (رابطه ۷) و مجموع تفاوت رنگ (رابطه ۸) استفاده شد (۱۴).

$$C = \sqrt{((a^*{}^2) + (b^*{}^2))} \quad \text{رابطه ۶}$$

$$h^* = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad \text{رابطه ۷}$$

$$TCD = \sqrt{(L^*{}^2) + (a^*{}^2) + (b^*{}^2)} \quad \text{رابطه ۸}$$

ارزیابی حسی: نمونه‌های بستنی نگهداری شده در فریزر ۱۸- درجه سانتی‌گراد توسط ۶ داور مورد آزمون حسی قرار گرفتند. ابتدا ۲۰ نفر جهت ارزیابی انتخاب شدند و پس از بیان هدف آزمون حسی و تعریف ویژگی‌های مورد ارزیابی به لحاظ بافت (نرمی، یکنواختی، شنی و یخی)، طعم، رنگ و پذیرش کلی (ارزیابی کلی بافت، رنگ و طعم)، نمونه‌ها در چند نوبت به ارزیاب‌ها ارائه شد. در نهایت ۶ نفر که بیشترین دقت را داشتند، جهت داوری نمونه‌های نهایی انتخاب شدند (IDF^۸). در این آزمون از روش هدونیک ۵ نقطه‌ای استفاده شد و درجه مطلوبیت هریک از ویژگی‌های کیفی با اعداد ۵، ۴، ۳، ۲ و ۱ به ترتیب برای خیلی خوب، خوب، متوسط، بد و خیلی بد مشخص و ارزیابی شد.

تجزیه و تحلیل آماری: آنالیز واریانس نتایج آزمون‌ها در قالب طرح یک فاکتوره بلوک کامل تصادفی با نرم افزار SAS (نسخه ۹/۱) انجام شد. جهت بررسی نتایج آزمون حسی از روش هدونیک ۵ نقطه‌ای استفاده شد. همچنین برای ارزیابی معنی‌داری اختلاف بین تیمارها میانگین داده‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد مورد مقایسه قرار گرفت. رسم منحنی‌ها با استفاده از نرم افزار ۲۰۱۰ Microsoft Excel و جهت برازش رفتار رئولوژی از نرم‌افزار

نمونه‌های بستنی، از دستگاه ویسکومتر بروکفیلد (DVII، ساخت آمریکا) استفاده شد. مقدار مورد نیاز نمونه (۵۰۰ میلی‌لیتر) درون بشر ۶۰۰ میلی‌لیتری ریخته شد. سپس ویسکوزیته ظاهری نمونه‌ها در سرعت‌های برشی ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰، ۹۰، ۱۰۰، ۱۲۰، ۱۴۰، ۱۵۰، ۱۶۰، ۱۸۰ و ۲۰۰ دور بر دقیقه در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد (۵). نتایج به دست آمده از ویسکومتری نمونه‌ها با استفاده از رابطه ریاضی توصیف شده توسط میتچکا (۱۹۸۲) به سرعت برشی و تنش برشی تبدیل و نمودار رفتار جریان نمونه‌ها بر این اساس مقایسه شدند. رفتار جریان نمونه‌ها با مدل‌های قانون توان^۱ (رابطه ۳)، هرشل بالکی^۲ (رابطه ۴) و کاسون^۳ (رابطه ۵) مورد بررسی قرار گرفتند (۱۶).

$$\tau = k\gamma^n \quad \text{رابطه ۳}$$

$$\tau = k\gamma^n + \tau_0 \quad \text{رابطه ۴}$$

$$\tau^{0.5} = k_{0c}^{0.5} + k_c\gamma^{0.5} \quad \text{رابطه ۵}$$

در روابط (۳) و (۴)، τ ، τ_0 ، k ، γ و n به ترتیب تنش برشی^۴ (mPa)، تنش تسلیم (mPa)، سرعت برشی^۵ (1/s)، ضریب قوام^۶ (mpa.sⁿ) و شاخص رفتار جریان^۷ (بدون واحد) می‌باشند. در رابطه (۵) k_{0c} عرض از مبدا نمودار $\tau^{0.5} - \gamma^{0.5}$ و k_c شیب نمودار است. k_{0c}^2 و k_c^2 به ترتیب ویسکوزیته کاسون (mPa.s) و تنش تسلیم کاسون (mPa) می‌باشند.

ویژگی‌های رنگی: مقادیر L^* ، a^* و b^* نمونه‌های بستنی توسط دستگاه پردازش تصویر جهت ارزیابی رنگ محصول بررسی شدند. شاخص L^* شاخص روشنایی است که مقدار ۱۰۰ برای نمونه کاملاً سفید

1. Power law
2. Herschel–Bulkley
3. Casson
4. Shear stress
5. Shear rate
6. Consistency coefficient
7. Flow behavior index

درصد داشت. به دلیل آن که در طی تولید بستنی منابع قندی تجزیه نشده‌اند با افزایش میزان جایگزینی شکر با شیر خرمای تفاوت معنی‌داری در اسیدیته نمونه‌های بستنی تولیدی بوجود نیامد. امیری عقدایی و همکاران (۱۳۹۰) در بررسی تاثیر افزودن موسیلاژ دانه‌های ریحان و اسفرزه بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و رئولوژیکی بستنی بیان کردند که افزودن موسیلاژهای اشاره شده تاثیر معنی‌داری بر تغییرات اسیدیته نمونه‌های بستنی تولیدی نداشت (۵). لی و وایت (۱۹۹۱) بیان کردند که افزودن مواد جامد به بستنی سبب کاهش میزان pH می‌شود (۱۳). بطور کلی با جایگزینی شکر با شیر خرمای میزان pH نمونه‌ها کاهش یافت.

Curve Exeprt استفاده شد. تمامی آزمون‌ها در سه تکرار انجام شدند.

نتایج و بحث

اثر جایگزینی شیر خرمای با شکر بر pH و اسیدیته بستنی: نتایج حاصل از اندازه‌گیری pH و اسیدیته در نمونه‌ها قبل از انجماد (جدول ۱) نشان داد که جایگزینی شیر خرمای اثر معنی‌داری بر اسیدیته نمونه‌ها نداشت و بالاترین اسیدیته مربوط به نمونه‌های تهیه شده با ۵۰ و ۱۰۰ درصد شیر خرمای جایگزین شکر برابر ۱۷ درجه دورنیک بود. همچنین بالاترین pH مربوط به نمونه شاهد برابر ۶/۷۱ بود که با نمونه‌های حاوی ۷۵ و ۱۰۰ درصد شیر خرمای جایگزین شده با شکر اختلاف معنی‌داری در سطح ۵

جدول ۱- مقایسه pH و اسیدیته فرمولاسیون‌های مختلف بستنی

Table 1. The Comparison of pH and acidity of different ice cream formulations

PH	اسیدیته (دورنیک)	شیر خرمای (درصد)	تیمار
	Acidity (dornik)	Date syrup (%)	Treatment
6.71±0.005 ^a	16.5±0.5 ^a	0	Blank شاهد
6.66±0.015 ^{abc}	16.5±0.5 ^a	25	شیر خرمای date syrup
6.59±0.040 ^{bc}	17±1 ^a	50	شیر خرمای date syrup
6.59±0.060 ^c	16.5±0.5 ^a	75	شیر خرمای date syrup
6.41±0.0150 ^d	17±1 ^a	100	شیر خرمای date syrup

حروف غیر مشابه در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار ($P < 0.05$) است.

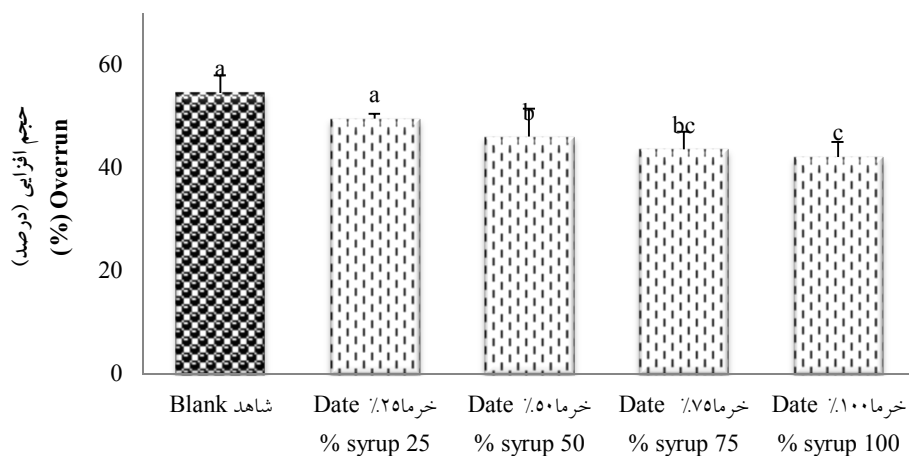
Different letters in each column indicate significant ($P < 0.05$) difference

معنی‌داری در کاهش میزان افزایش حجم با نمونه شاهد بوجود نیامد اما با افزایش میزان جایگزینی شیر خرمای به شکل معنی‌داری ($P < 0.05$) حجم افزایش نمونه‌های بستنی کاهش یافت (شکل ۱). با افزایش میزان شیر خرمای به دلیل میزان بالای مونوساکاریدها، محبوس شدن میزان هوای ورودی میسر نمی‌شود و در نتیجه با کاهش استحکام کریستال‌های یخ تشکیل شده حجم افزایشی نمونه‌های بستنی کاهش می‌یابد

افزایش حجم: افزایش حجم از مهمترین پارامترهای موثر در تولید بستنی است که ارتباط مستقیم با فرمولاسیون و حجم هوای ورودی در طی تولید بستنی دارد. بر طبق نتایج به دست آمده (شکل ۱) بیشترین و کمترین میزان افزایش حجم متعلق به بستنی شاهد (۵/۵ درصد) و نمونه بستنی تهیه شده با ۱۰۰ درصد جایگزینی شیر خرمای (۴۲ درصد) بود. تا سطح ۲۵ درصد جایگزینی شیر خرمای تفاوت

بستنی می‌توان به مواد پایه فرمولاسیون بستنی (۲)، ویسکوزیته مخلوط بستنی و نوع فریزر مورد استفاده (۱۲) اشاره داشت.

(۱۵). بطورکلی برای رسیدن به افزایش حجم کافی و حفظ هوای ورودی رسیدن به ویسکوزیته معین ضروری است (۲۳). از عوامل موثر بر افزایش حجم



شکل ۱- تأثیر جایگزینی شکر با شیر خرما بر افزایش حجم بستنی

حروف غیر مشابه در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی دار ($P < 0.05$) است.

Figure 1. The effect of sugar substitute with date syrup on the overrun of ice cream
Different letters in each column indicate significant ($P < 0.05$) difference.

انتقال و طراحی تجهیزات مورد نیاز اهمیت دارد. به علاوه ویسکوزیته عامل مهمی در سرعت خامه‌ای شدن، سرعت انتقال جرم و حرارت است. منحنی تغییرات ویسکوزیته و نیروی برشی در برابر سرعت برشی حاصل از مخلوط‌های بستنی با سطوح مختلف جایگزینی شکر با شیر خرما در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد در شکل‌های ۲ و ۳ نشان داده شده است. با جایگزینی شکر با شیر خرما در ویسکوزیته بستنی‌های تولیدی حاوی شیر خرما اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد؛ درحالی‌که با نمونه شاهد دارای اختلاف معنی‌داری بودند. بیشترین ویسکوزیته مربوط به نمونه شاهد با ۳۳۷/۵ میلی‌پاسکال ثانیه و کمترین ویسکوزیته (۲۸۰ میلی‌پاسکال ثانیه) به نمونه حاوی ۱۰۰ درصد جایگزینی شکر با شیر خرما تعلق داشت (شکل ۴). روند تغییرات ویسکوزیته در برابر سرعت برشی (کاهش ویسکوزیته ظاهری با افزایش سرعت برشی) نشانگر رفتار غیرنیوتنی از نوع رقیق

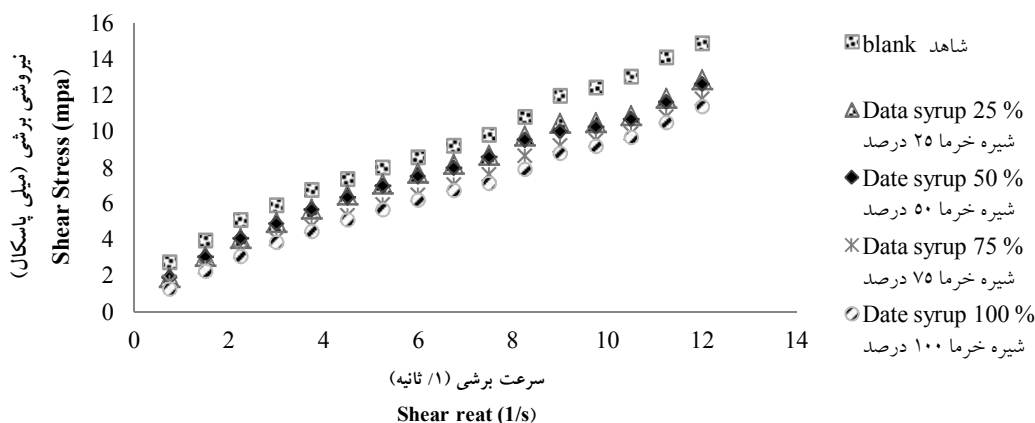
اندازه‌گیری حجم‌افزایی در بستنی اهمیت ویژه‌ای دارد زیرا افزایش حجم پایین سبب ایجاد بافت خیس^۱ و افزایش حجم بالا سبب ایجاد بافت کف^۲ مانند در بستنی می‌شود (۱۸). به این دلیل انتخاب فرمولاسیون مناسب بستنی در دستیابی به افزایش حجم مطلوب که از نظر ویژگی‌های بافتی، پذیرش مصرف‌کنندگان و به جهت اقتصادی مطلوب باشد حائز اهمیت است (۶).

ویسکوزیته: ویسکوزیته عبارت است از مقاومت در برابر جریان و هرچه این شاخصه بیشتر باشد، انرژی لازم برای هوادهی و انجماد بیشتر است. میزان کازئین، پایدارکننده و چربی بیشترین تأثیر را بر ویسکوزیته بستنی دارد (۲۰). آگاهی از میزان ویسکوزیته، علاوه بر کمک به تعیین بهترین فرمولاسیون بستنی، در انتخاب پمپ مناسب جهت

1. Soggy
2. Foam

است که با افزایش درصد شیره خرما در فرمولاسیون مخلوط، شیب منحنی تغییرات نیروی برشی نسبت به سرعت برشی کاهش می‌یابد. به این ترتیب در یک سرعت برشی مشخص، تنش برشی به کار رفته در مورد نمونه با درصد بالاتر جایگزینی شکر با شیره خرما کمتر شده است (شکل ۴) که با نتایج میلانی و کوچکی (۲۰۱۰) مطابقت داشت.

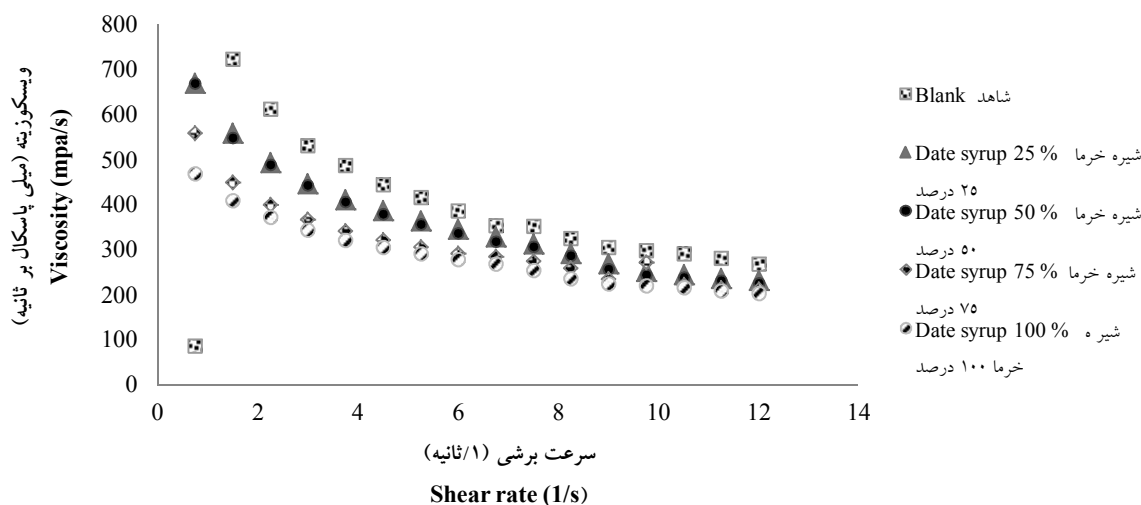
شونده بود (شکل ۳). به دلیل کاهش میزان ساکاروز و افزایش میزان مونوساکاریدها و نیز همگرایی و همسویی بالای مولکول‌ها در سرعت برشی بالا برخلاف سرعت برشی پایین ویسکوزیته کاهش می‌یابد. رفتار غیر نیوتنی مخلوط‌های بستنی پیش از این توسط گف و همکاران گزارش شده بود (۱۱). مقایسه منحنی نیروی برشی در مقابل سرعت برشی برای نمونه‌های آزمایشی با نمونه شاهد بیانگر آن



شکل ۲- نمودار نیروی برشی- سرعت برشی برای مخلوط بستنی
Figure 2. Shear stress – Shear rate for ice cream blend

برشی در مورد این نمونه‌ها نیز با سرعت بیشتری نمایان می‌گردد (شکل ۳).

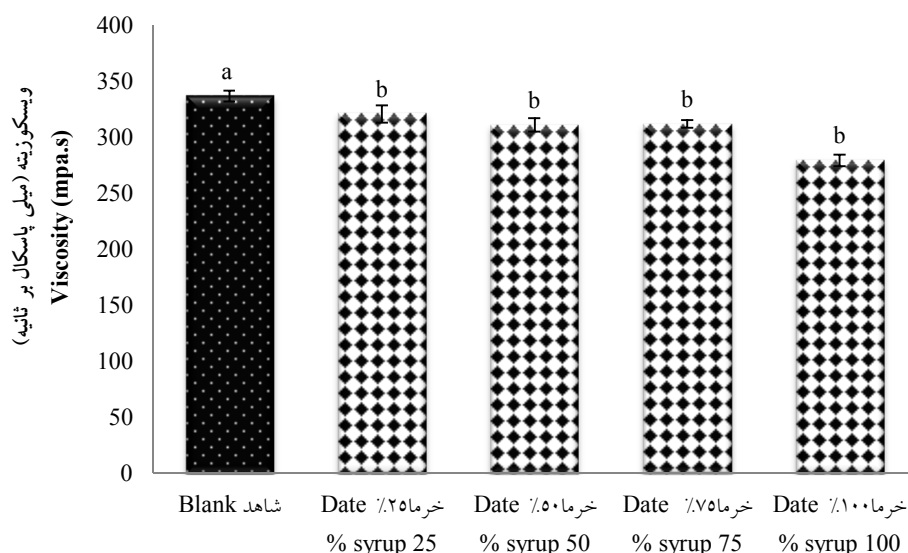
با بررسی تغییرات ویسکوزیته ظاهری نسبت به سرعت برشی نیز روند مشابهی در شکل ۳ مشاهده می‌شود و روند کاهش ویسکوزیته با افزایش سرعت



شکل ۳- نمودار ویسکوزیته ظاهری- سرعت برشی برای مخلوط بستنی
Figure 3. Apparent viscosity– Shear rate for ice cream blend

در مخلوط بستنی به کاهش میزان کازئین و چربی در فرمولاسیون ناشی از کاربرد آب پنیر و میزان جایگزینی بالاتر شکر با شیر خرمای می‌گردد. نتایج به دست آمده با گزارش بزراق و مظاهری تهرانی (۱۳۸۹) پیرامون تأثیر میزان ماده جامد بر ویژگی‌های کیفی بستنی مطابقت داشت (۸).

تجزیه تحلیل آماری نشان داد که تنها ویسکوزیته نمونه بستنی شاهد (در ۱۰۰ دور بر دقیقه) با سایر نمونه‌ها اختلاف معنی‌داری ($P < 0.05$) دارد (شکل ۴) و افزایش جایگزینی شکر با شیر خرمای تأثیر معنی‌داری بر ویسکوزیته بستنی‌های حاوی شیر خرمای نداشت (شکل ۴). نتایج نشان داد کاهش ویسکوزیته



شکل ۴ - تأثیر جایگزینی شکر با شیر خرمای بر ویسکوزیته بستنی

حروف غیر مشابه در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار ($P < 0.05$) است.

Figure 4. The effect of sugar substitute with date syrup on viscosity of ice cream
Different letters in each column indicate significant ($P < 0.05$) difference

چرا که جریان این مواد غذایی بر حسب این کمیت‌ها مشخص می‌شود (۱۱). نتایج نشان داد که نمونه شاهد کمترین انحراف سیال از رفتار نیوتنی دارد. با افزایش سطح جایگزینی شکر میزان شاخص قوام (k) نیز دارای تغییرات معنی‌داری بود. گاف و همکاران (۱۹۹۴) گزارش کردند شاخص رفتار جریان مخلوط بستنی نزدیک ۰/۷ می‌باشد (۱۱). اگرچه سایر محققان مقادیری در محدوده ۰/۳۷ تا ۰/۹۸ را گزارش دادند. نتایج حاصل از این پژوهش نیز موید شاخص رفتار جریان در همین محدوده بوده است.

رفتار جریان: در این پژوهش مدل قانون توان به‌عنوان بهترین مدل برای بیان و تشریح رفتار رئولوژی مخلوط بستنی انتخاب شد. شاخص رفتار جریان (n) نمونه‌ها کمتر از یک بود که رفتار سودوپلاستیکی بستنی را تأیید می‌کند. شاخص رفتار جریان برای تمامی نمونه‌ها کمتر از ۱ بود که خود موید رفتار رقیق شونده با برش است (جدول ۲). میزان انحراف شاخص جریان از عدد یک، در واقع موید میزان انحراف سیال از رفتار نیوتنی می‌باشد. مقادیر k و n در ویژگی‌های رئولوژیکی مواد مایع مهم می‌باشند

جدول ۲- بررسی مدل‌های قانون توان، هرشل بالکی و کاسون برای مخلوط بستنی

Table 2. The evaluation of Power law, Hershel bulky and casson models for ice cream blends

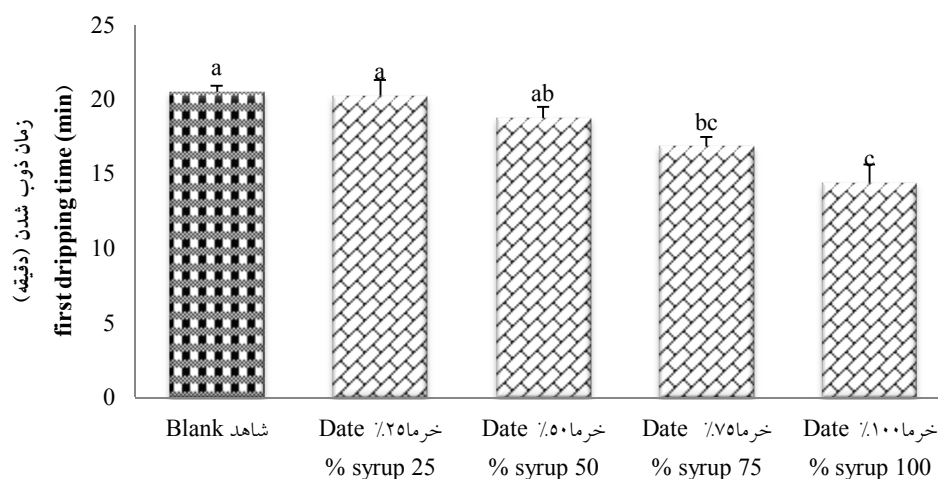
قانون توان Power law			هرشل بالکی Herschel-Bulkley				کاسون Casson			تیمار	شیره خرما (درصد)
n	K	R^2	n	K	τ_0	R^2	K	τ_0	R^2	Treatment	Date Syrup (%)
0.66	2.77	0.988	0.92	1.27	17.2	0.994	2.04	5.16	0.994	شاهد Blank	0
0.67	2.33	0.994	0.71	2.04	0.39	0.994	1.71	4.13	0.993	شیره خرما Date syrup	25
0.67	32.2	0.994	0.71	1.96	0.47	0.994	1.75	4.14	0.998	شیره خرما Date syrup	50
0.75	1.73	0.994	0.89	1.15	0.88	0.996	1.71	2.72	0.994	شیره خرما Date syrup	75
0.78	1.55	0.994	0.89	1.13	0.66	0.996	1.68	2.24	0.997	شیره خرما Date syrup	100

ساکاروز کاسته شده است و قندهایی با درجه شیرینی پایین‌تر جایگزین شده‌اند قابلیت جذب آب و کریستاله شدن پایین‌تر است. در نتیجه این نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد سریع‌تر ذوب می‌شوند. این یافته‌ها در تطابق با نتایج بزراق و مظاهری تهرانی (۱۳۸۹) است (۸). ساکوری و همکاران (۱۹۹۶) بیان کردند بستنی با اورران بالا دیرتر ذوب شده و درصد مقاومت به ذوب بالاتری دارد در حالی که با کاهش اورران سرعت ذوب شدن افزایش و درصد مقاومت به ذوب کاهش می‌یابد (۲۱). این سرعت پایین ذوب در بستنی‌هایی با اورران بالا احتمالاً به سرعت پایین انتقال حرارت ناشی از حجم زیاد هوا مربوط می‌شود. رنگ: رنگ ماده غذایی از پارامترهای بسیار مهم از دیدگاه مصرف کنندگان به شمار می‌آید. اما بررسی این پارامتر در اکثر موارد به شکل کیفی در قالب آنالیز حسی انجام شده است. با توجه به جدول ۳ بیشترین میزان L^* (شاخص روشنایی) در نمونه بستنی شاهد ۷۴/۸۱ و همچنین کمترین میزان شاخص روشنایی مربوط به نمونه تولید شده با ۱۰۰ درصد جایگزینی شکر با شیره خرما ۶۲/۱۷ بود. در مقایسه بین نمونه شاهد و نمونه‌های حاوی ۲۵ و ۵۰ درصد شیره خرما جایگزین شده اختلاف معنی‌داری در سطح ۵

ویژگی‌های ذوب شدن: در ذوب شدن بستنی دو پدیده انتقال حرارت و انتقال جرم دخیل هستند که طی آن حرارت محیط از قسمت‌های سطحی بستنی به سمت قسمت‌های داخلی منتقل شده و سبب ذوب شدن کریستال‌های یخ می‌شود. آب حاصل از ذوب شدن کریستال‌های یخ در فاز سرمی غیر منجمد پخش شده و سپس مایع رقیق شده از ساختار کفی بستنی عبور کرده و در نهایت جریان می‌یابد (۲۴). از جمله فاکتورهای موثر بر شدت ذوب شدن بستنی می‌توان به افزایش حجم، اندازه کریستال‌های یخ، ساختار کریستال‌های یخ و شبکه شکل گرفته گلبول‌های چربی اشاره کرد (۱۷). نتایج نشان داد که نمونه بستنی شاهد نسبت به سایر نمونه‌ها در زمان طولانی‌تری (۲۰/۵۴ دقیقه) شروع به ذوب شدن کرد؛ در حالی که در نمونه بستنی با ۱۰۰ درصد جایگزینی شکر با شیره خرما کمترین مقاومت به ذوب (۱۴/۴۳ دقیقه) مشاهده شد (شکل ۵). بین نمونه شاهد با نمونه‌های حاوی ۲۵ و ۵۰ درصد شکر جایگزین شده با شیره خرما اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد مشاهده نشد (شکل ۵). این موضوع احتمالاً به درصد بالای ساکاروز و اثرات سینرژیستی با ترکیبات قندی و فیبرهای خرما باز می‌گردد، اما در نمونه‌های دیگر چون از میزان

سایر نمونه‌ها اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. با افزایش میزان شیره خرما میزان تفاوت کلی رنگ (TCD) افزایش یافت اما بین نمونه‌ها تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. بیشترین میزان h^* مربوط به نمونه شاهد با میزان ۱۲/۸۳- درجه و کمترین مربوط به نمونه ۲۵ درصد خرما با میزان ۴۴/۱- درجه بود؛ در حالی که با افزایش جایگزینی شیره خرما اختلاف معنی‌داری حاصل نشد و تنها با شاهد اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد ایجاد شد.

درصد مشاهده نشد. همچنین بین نمونه‌های تولیدی با جایگزینی خرما اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳). بطور کلی جایگزینی شیره خرما در سطوح مختلف سبب کاهش میزان روشنایی نمونه‌های بستنی شد و با افزایش درصد جایگزینی شیره خرما میزان a^* افزایش یافت. کمترین میزان b^* (۳/۱۴) مربوط به نمونه حاوی شیره خرما ۵۰ درصد و بیشترین میزان b^* مربوط به نمونه شاهد بود. با جایگزینی شیره خرما در فرمولاسیون بستنی میزان b^* به‌طور معنی‌داری کاهش یافت و بین نمونه شاهد با



شکل ۵- تاثیر جایگزینی شکر با شیره خرما بر زمان ذوب اولین قطره بستنی

حروف غیر مشابه در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار ($P < 0.05$) است.

Figure 5. The effect of sugar substitute with date syrup on first dripping time of ice cream. Different letters in each column indicate significant ($P < 0.05$) difference.

شدید میزان شکر در بستنی‌های تولیدی تا حدی طعم تلخی در دهان احساس شد ولی به دلیل کاهش میزان شکر حالت شنی شدن کمتر اتفاق افتاد و شدت سردی نیز کاهش یافت. تا سطح ۵۰ درصد جایگزینی شیره خرما اختلاف معنی‌داری در پذیرش کلی به وجود نیامد ولی جایگزینی با درصد بیشتر سبب ایجاد تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌های تولیدی شد (شکل ۶).

ارزیابی حسی: در اثر جایگزینی شیره خرما به دلیل کاهش میزان شکر و درجه شیرینی کمتر قندهای خرما نسبت به شکر، با افزایش درصد جایگزینی شیره خرما از میزان شیرینی بستنی‌های تولیدی کاسته شد. همچنین به دلیل رنگ قهوه‌ای تیره شیره خرما، با افزایش درصد جایگزینی بستنی‌های تولیدی به رنگ قهوه‌ای متمایل شده بودند و از نظر داوران نامناسب تشخیص داده شدند (شکل ۶). با افزایش درصد جایگزینی به میزان ۷۵ و ۱۰۰ درصد، به دلیل کاهش

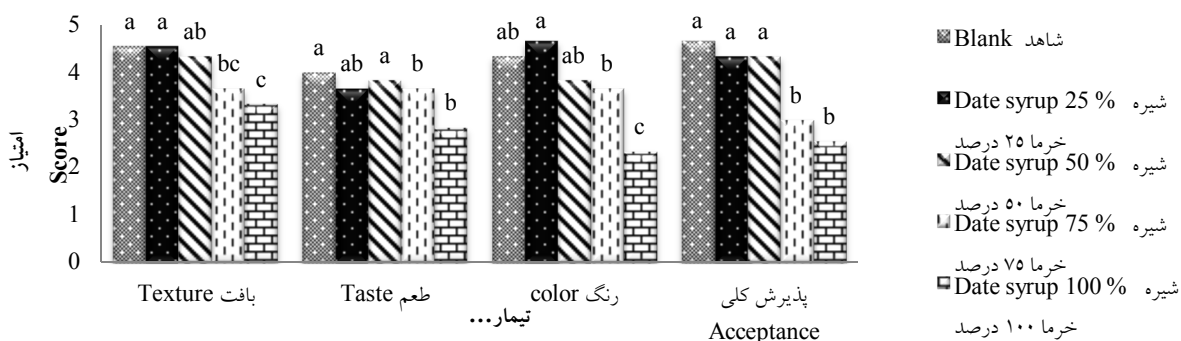
جدول ۳- بررسی پارامترهای رنگ سنجی نمونه‌های بستنی

Table 3. Investigation of colorimetric parameters of ice cream samples

رنگ سنجی colorness						تیمار Treatment
h*	Chroma	TCD	b*	a*	L*	
-12.8±1.29 ^a	5.55±0.03 ^c	0	6.76±0.77 ^a	-6.35±0.03 ^c	74.81±0.63 ^a	شاهد Blank
-44.1±2.88 ^b	7.83±0.26 ^a	3.88±0.26 ^a	5.46±0.46 ^b	-5.61±0.07 ^b	68.40±1.04 ^a	شیره خرما ۲۵٪ Date syrup 25 %
-40.9±3.10 ^b	4.81±0.24 ^b	4.92±0.79 ^a	3.14±0.03 ^c	-3.63±0.35 ^a	67.20±0.05 ^a	شیره خرما ۵۰٪ Date syrup 50 %
-42.7±1.61 ^b	4.76±0.04 ^b	4.94±0.66 ^a	3.24±0.13 ^c	-3.5±0.05 ^a	62.20±1.45 ^b	شیره خرما ۷۵٪ Date syrup 75 %
-42.8±0.81 ^b	4.90±0.13 ^b	5.26±0.38 ^a	3.33±0.14 ^c	-3.59±0.05 ^a	62.17±0.20 ^b	شیره خرما ۱۰۰٪ Date syrup 100 %

حروف غیر مشابه در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار ($P < 0.05$) است.

Different letters in each column indicate significant ($P < 0.05$) difference



شکل ۶- تأثیر جایگزینی شکر با شیره خرما بر ویژگی‌های حسی بستنی

حروف غیر مشابه در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار ($P < 0.05$) است.

Figure 6. The effect of sugar substitute with date syrup on sensory properties of ice cream
Different letters in each column indicate significant ($P < 0.05$) difference

تغذیه‌ای بالا و سطح بالای تولید خرما در ایران استفاده از فراورده‌های جانبی خرما به‌خصوص شیره خرما در سطح ۲۵ و ۵۰ درصد در فرمولاسیون بستنی می‌تواند جایگزین مناسب مصرف شکر در این ماده غذایی شده و امکان مصرف آن را برای افرادی که از بیماری دیابت رنج می‌برند در کنار سایر افراد جامعه فراهم سازد.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که نمونه با ۲۵ درصد جایگزینی شیره خرما از لحاظ ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی نسبت به سایر نمونه‌ها دارای کیفیت بهتری بود. از نظر حسی بین نمونه‌های ۲۵ و ۵۰ درصد جایگزینی شکر با شیره خرما تفاوت معنی‌داری با نمونه شاهد مشاهده نشد. با توجه به ارزش

منابع

1. Abd El-Rahman, A.M., Madkor, S.A.S., Ibrahim, S., and Kilara, A. 1997. Physical characteristics frozen desserts made with cream anhydrous milk or milk fat fractions. *J. of Dairy Science*. 80: 9.1926-1935.
2. Akalin, A.S. and Erisir, D. 2008. Effect of inulin and oligofructose on the rheological characteristics and probiotic culture survival in low fat probiotic ice cream. *J. of Food Science*. 73: 4.184-188.
3. Akin, M.B., AkIn, M.S. and Kirmacl, 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: 1.93-99.
4. Al-Farsi M., Alasalvar C., Morris A, Baron M. and Shahidi F. 2005. Compositional and sensory characteristics of three native sun-dried date (*Phoenix dactylifera* L.) varieties grown in Oman. *J. of Agricultural and Food Chemistry*. 53:19.7586–7591.
5. Amiri Aghdaei, S.S., Amiri, M., Rezaei, R., Dadpour, M., and Khomeiri, M. 2010. Effect of isfarzeh and basil seed mucilages on physicochemical rheological and sensory properties of ice cream. *J. of Innovation and Research Food Industrial*. 1: 1. 23-38. (In Persian)
6. Bahramparvar, M., Haddad Khodaparast, M.H., and Mohamad Amini, A. 2006. Effect of substitution of carboxymethylcellulose and salep gums with *Lallmantia royleana* hydrocolloid on ice cream properties. *J. of Iranian Food Science and Technology Research*. 4: 1. 37-47. (In Persian)
7. Bashir Hashim, I. 2009. Characteristics and acceptance of yogurt containing date palm products. *J. of Dairy Science*. 5:11. 5403-5407.
8. Bazragh, Ch.E., and Mazaheri Tehrani, M. 2010. Effect of total solids ice cream with almonds on its sensory properties. *J. of Food Science and Technology Research*. 3: 1. 19-26. (In Persian)
9. Bhandari, V. 2002. Ice Cream Manufacture and Technology. *J. of International Dairy*. 12: 5.48-482.
10. Milani, E., Baghaei, H., and Mortazavi, S.A. 2011. Evaluation of dates syrup and guar gum addition on physicochemical, viscosity and textural properties of low fat orange yog-ice cream. *J. of Iranian Food Science and Technology Research*. 7: 2. 115-120.
11. Goff, H., Davidson, V. and Cappi, E. 1994. Viscosity of ice cream mix at pasteurization temperatures. *J. of Dairy Science*. 77: 8.2207-2213.
12. Issariyachaikul K, 2008. Development of modified fat ice cream products using inulin as a fat replacer, M.Sc. Thesis, Mahidol University, 89.
13. Lee, F.Y., and White C.H. 1991. Effect of ultra-filtration retentate and whey protein concentrates of ice cream quality storage. *J. of Dairy Science*. 74: 4.1170-1180.
14. Lindon, J.C., Tranter G.E., Koppelaar, R. 2000. Encyclopedia of spectroscopy and spectrometry. Academic Press. 603-605.
15. Milani, E. and Koochaki, A. 2010. The effects of date syrup and guar gum on physical, rheological and sensory properties of low fat frozen yoghurt dessert. *International J. of Dairy Technology*. 64: 1.121-129.
16. Mitschka, P. 1982. Simple conversion of Brookfield R.V.T. readings into viscosity functions. *Rheologica Acta*. 21: 2. 207-209.
17. Muse, M.R. and Hartel, R.W. 2004. Ice cream structural elements that affect melting rate and hardness. *J. of Dairy Science*. 87: 1.1-10.
18. Paton, A., Harley, M.R. and Harley, M.M. 1999. Basil: the genus ocimum (edited by R. Hiltunen & Y. Holm). The Netherlands: Harwood Academic Publishers. 1–38.
19. Razavi, M.E., Najafi, H. B., and Mazaheri Tehrani, M. 2001. Impact sweet whey on the characteristics of soft ice cream. *J. of Food Science and Technology Agriculture*. 32:3.619-623. (In Persian)

20. Regand, A. and Douglas Goff, H. 2003. Structure and ice recrystallization in frozen stabilized ice cream model systems. *J. of Food Hydrocolloids*. 17: 1.95-102
21. Sakurai K, Kokubo S, Hakamata K, and Tomita, M. Y. S. 1996. Effect of production conditions on ice cream melting resistance and hardness. *Milchwissenschaft*. 51: 8. 451-4
22. Senaka Ranadheera, C., Evans, C.A., Adams, M.C. and Baines, S.K. 2013. Reduction of probiotic ice cream from goat's milk and effect of packaging materials on product quality. *Small Ruminant Research*. 112: 1. 174-180.
23. Sofjan, R.P. and Hartel, R.W. 2004. Effect of overrun on structural and physical characteristics of ice cream. *J. of International Dairy*. 14: 3.255-262.
24. Soukoulis, C. and Tzia, C. 2008. Impact of the acidification process, hydrocolloids and protein fortifiers on the physical and sensory properties of frozen yogurt. *J. of International Dairy Technology*. 61: 2.170-177.
25. Steinhilth, K. and Holth, J. H. 1999. Deconcentrated whey syrup in ice cream. *J. of Meiriposten*. 80: 1. 555-557.

Effect of Date Syrup as sugar substitute on the physicochemical, rheological and sensory properties of vanilla ice cream based on whey

A. Taherian^{1*}, A.R. Sadeghi Mahoonak², H. Mirzaee², M. Alami², A. Sadeghi²

¹M.Sc graduate Student, Faculty of Food Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran.

²Faculty member, Department of Food Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran.

Received: 2018/07/06; Accepted: 2019./01/02

Abstract

Background and objectives: The correction of the sugar or no-fat solid material will cause changes in flavor and texture of ice cream, which is a basic concern of ice cream producers. The reduction of sugar levels in ice cream can be offset by other bulking agents like non-fat solid materials capable of modifying the flavor and texture of the final product. Considering the high nutritional value of dates and that, Iran is one of the world's main producers of dates; it is necessary to study the use of by-products from date processing industry. They are among the raw material of cheese factories that have high nutritional value and lower price than milk. In this regard, there is high possibility of using this valuable material.

Material and methods: In this study, four replacing levels of date syrup (25, 50, 75 and 100%) instead of sugar in vanilla ice cream based on whey was used. The physicochemical factors including acidity, over-run, melting time of first drop, color features (brightness, redness, yellowness, TCD index, hue), rheological behavior and sensory properties (texture, flavor, color and total acceptance) were investigated.

Results: The results of this study showed that with increased replacement of sugar with date syrup in the ice cream formulation due to decrease in the strength of ice cream texture, overrun decreased by 54% for control and 42% for sample containing 100 % date syrup. Similar trends were observed regarding melting index of resistance with 20.54 and 14.43 min for the control and 100% date syrup ice-cream, respectively. In addition to this, viscosity decreased significantly ($P<0.05$) and by increasing the replacing levels noticeable color changes were observed in produced ice cream samples. The flow behavior index for all samples was lower than 1, which confirms the thinning behavior. Analyzing the sensory characteristics of the produced ice cream showed that ice-cream formulation with 50 date syrup: 50 sugar content brought high score from the panelist point of view.

Conclusion: Due to the high nutritional value and the high level of date production in Iran, the use of dates-derived products in particular date syrup is suitable as sugar replacer in ice cream formulations. According to the results, date syrup at 25 and 50% replacing level is a good alternative candidate for sugar in ice cream formulation.

Keywords: Whey, Date syrup, Ice cream, Rheological properties, Sensory analysis.

*Corresponding author: amirtaherian86@yahoo.com