Archive of SID

مقاله علمی پژوهشی/ نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی/ جلد ۲۹ شماره ۱/ سال ۱۳۹۸/ صفحات ۸۳ تا ۹۸

بررسی اثر به‌کارگیری موسیلاژ دانه‌های اسفرزه، شاهی و ریحان بر رفتار رئولوژیکی دسر لبنی شکلاتی کم‌چرب

حسین جوینده[1*]، حدیث رستم‌آبادی[2] و مصطفی گودرزی[3]

تاریخ دریافت: ۹۶/۸/٤ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۱/۲۹

[1] دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی
[2] فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی
[3] دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده مهندسی بیوسیستم، دانشگاه تهران، کرج
*مسئول مکاتبه: Email: hosjooy@asnrukh.ac.ir

چکیده

زمینه مطالعاتی: با به‌کارگیری هیدروکلوئیدها می‌توان ویژگی‌های رئولوژیکی مواد غذایی را بهبود بخشید. **هدف:** در این پژوهش، امکان استفاده از تلفیق موسیلاژهای اسفرزه، شاهی و ریحان (هرکدام در سطوح ۰/۲-۰ درصد) به‌عنوان جایگزین چربی در فرمولاسیون دسرهای لبنی شکلاتی نیمه‌جامد کم‌چرب بررسی گردید. **روش کار:** آزمون‌ها در قالب طرح مرکب مرکزی با ۳ متغیر (سه موسیلاژ) و در سه سطح طرح‌ریزی شدند. پس از استخراج موسیلاژ از دانه‌های اسفرزه، شاهی و ریحان، نمونه‌های دسر شکلاتی تولید و ویژگی‌های رفتار جریانی، خواص رئولوژیکی و توزیع اندازه ذرات محصول بررسی گردید. **نتایج:** نتایج این تحقیق نشان داد که با تلفیق جایگزین‌های چربی در فرمولاسیون دسرهای لبنی کم‌چرب، می‌توان خصوصیات ژلی از دست‌رفته یا تضعیف‌شده آن‌ها را به‌شکل قابل قبولی بازیابی کرد. هر سه موسیلاژ شاهی، اسفرزه و ریحان، از تأثیر مثبت و معنی‌داری ($P<0.01$) بر مدول ذخیره و افت دسرهای لبنی شکلاتی نیمه‌جامد برخوردار بودند و همچنین به‌کارگیری موسیلاژها سبب کاهش شاخص رفتار جریان و افزایش ویسکوزیته ظاهری و شاخص قوام گردیدند. به‌علاوه، در غیاب چربی (نمونه شاهد کم‌چرب)، اندازه ذرات به‌طور قابل‌توجهی بزرگتر و با به‌کارگیری موسیلاژها اندازه‌ی آن‌ها کوچکتر گردید. **نتیجه‌گیری نهایی:** بر اساس نتایج این مطالعه مشخص گردید که با استفاده از فرمولاسیون بهینه ۰/۱۷٪ موسیلاژ اسفرزه، ۰/۰۵٪ موسیلاژ دانه شاهی و ۰/۰۵٪ موسیلاژ دانه ریحان می‌توان دسرلبنی نیمه‌جامد کم‌چرب با ویژگی‌های رئولوژی و بافتی مطلوب تولید کرد.

واژگان کلیدی: توزیع اندازه ذرات، جایگزین چربی، دسر لبنی شکلاتی، شاخص قوام

مقدمه

محصولات بر پایه‌ی شیر نقش مهمی در تأمین مواد مغذی مورد نیاز روزانه افراد دارند، چرا که منبع اصلی عناصر مهمی همانند کلسیم، فسفر، پتاسیم، منگنز و همچنین ویتامین‌هایی نظیر ویتامین D، ریبوفلاوین و نیاسین می‌باشند. دسر لبنی نیمه جامد، محصولی است که در آن شیر یا فرآورده‌های شیری به عنوان جزء

www.SID.ir

Archive of SID

اصلی در فرمولاسیون وجود داشته باشند. طبق تعریف استاندارد ملی ایران، دسر لبنی به محصولی اطلاق می‌گردد که در تولید آن به‌طور معمول از شیر و فرآورده‌های آن، میوه‌ها و فرآورده‌های آن، غلات، مغزهای خوراکی و افزودنی‌های مجاز استفاده شود و استفاده از هرگونه نگهدارنده در دسرهای لبنی، غیر مجاز می‌باشد. این فرآورده در دمای یخچال نگهداری و در بسته‌بندی یک بار مصرف مجاز به بازار عرضه می‌گردد (استاندارد ملی ایران ۱۳۸۲).

با افزایش آگاهی مردم نسبت بـه مصرف چربی، تقاضا برای محصولات غذایی کم‌چرب افزایش یافته است (رودان و همکاران ۱۹۹۹). درهرحال، حذف چربی از دسرهای لبنی، بافت و ظاهر را نامطلوب کرده، پارامترهای رئولوژیکی و عطر و طعم را کاهش داده و کیفیت نگهداری را نیز پایین می‌آورد (کوکا و متین ۲۰۰٤). استفاده از جایگزین‌های چربی به‌ویژه هیدروکلوئیدها یکی از رایج‌ترین روش‌ها برای جبران نواقص بافتی در محصولات کم‌چرب می‌باشد (جوینده و همکاران ۲۰۱۷؛ یدملت و همکاران ۱۳۹٦). این ترکیبات، به مصرف‌کنندگان کمک می‌کنند تا میزان چربی و کالری موجود در رژیم غذایی خود را کاهش دهند. این جایگزین‌ها همچنین می‌توانند موجب بهبود بافت ماده‌ی غذایی گردند (ناپیر ۱۹۹۷). به‌طور کلی، جانشین‌های چربی به منظور بهبود ویژگی‌های عملکردی و ارگانولپتیک محصولات کم‌چرب همراه با کاهش اساسی ارزش انرژی‌زایی آن به کار می‌روند. ضمن آن‌که بنابر اظهار برخی محققین، کاربرد این ترکیبات هیچ تأثیر منفی‌ای بر عطر و طعم نمی‌گذارد (گوون و همکاران ۲۰۰۵). گزارش‌های معدودی نیز در ارتباط با استفاده از صمغ‌ها یا موسیلاژها به‌عنوان جایگزین چربی در دسرهای لبنی کم‌چرب گزارش شده است (جوینده و همکاران ۱۳۹۸؛ تارگا و کاستل ۲۰۰٦a؛ گونزالز-توماس و همکاران ۲۰۰۸؛ بایاری و همکاران ۲۰۱۰؛ توکر و همکاران ۲۰۱۳). گیاه اسفرزه با نام علمی *Plantago ovata L.* از گیاهان خانواده بارهنگ می‌باشد و در نقاط معتدل دنیا به ویژه هند و ایران می‌روید (گواو و همکاران ۲۰۰۹). دانه‌ی اسفرزه حاوی موسیلاژ[1] پروتئین، قند، چربی و تانن می‌باشد. هیدروکلوئید حاصل از لایه اطراف دانه اسفرزه از دو قسمت تشکیل شده که یک بخش آن محلول در آب سرد و دیگری، در آب داغ محلول می‌باشد که پس از سرد شدن به حالت ژل در می‌آید. از لحاظ طبی، موسیلاژ دانه‌ی اسفرزه (PHM[2]) در درمان یبوست، اسهال، بهبود سطح قند خون در بیماران دیابتی و کاهش میزان کلسترول خون در کودکان مبتلا به چاقی مورد استفاده قرار می‌گیرد و در صنایع غذایی نیز به علت خواص تشکیل ژل و تغلیظ‌کنندگی کاربرد گسترده‌ای یافته است (احمدی و همکاران ۲۰۱۲). دانه‌ی ریحان با نام علمی *Ocimum Basilicum L.* یکی از گیاهان بومی ایران است (نقیبی و همکاران ۲۰۰۵) که به عنوان فیبر رژیمی در نوشیدنی‌ها و دسرهای منجمد به کار می‌رود (حسینی-پرور و همکاران ۲۰۱۰؛ اوسانو و همکاران ۲۰۱٤؛ رضوی و همکاران ۲۰۰۹). این دانه، حاوی مقادیر زیادی هیدروکلوئید با خواص رئولوژیکی قابل توجه بوده که ساختار هتروپلی‌ساکاریدی آن از گلوکومانان، زایلان و گلوکان تشکیل شده است. موسیلاژ دانه ریحان[3] (BSM) از رفتار رئولوژیکی تیکسوتروپیک برخوردار می‌باشد و در کاربرد در فرمولاسیون‌های غذایی، احساس قوام دهانی مطلوبی را به ارمغان می‌آورد (واردهانابهوتی و ایکدا ۲۰۰٦). گیاه شاهی با نام علمی *Lepidium sativum* از خانواده *Cruciferae* می‌باشد و در متون انگلیسی عموماً تحت عنوان شاهی باغی Garden cress نامیده می‌شود. این دانه حاوی ۷/۱۷ درصد رطوبت ، ۱/۸۵ درصد چربی، ۲/٤۵ درصد پروتئین، ۱۱/۵ درصد خاکستر و ۷۷/۰۳

1. Mucilage
2. Psyllium (Plantago ovata Forsk) husk mucilage
3. Basil seed mucilage

www.SID.ir

Archive of SID

درصد کربوهیدرات می‌باشد. مانوز (۳۸/۹ ٪)، آرابینوز (۱۹/٤ ٪)، گالاکتورونیک اسید (۸ ٪)، فروکتوز (٦/۸ ٪)، گلوکورونیک اسید (٦/۷ ٪)، گالاکتوز (٤/۷ ٪)، رامنوز (۱/۹ ٪) و گلوکز (۱ ٪) قندهای اصلی تشکیل‌دهنده موسیلاژ دانه شاهی (CSM[1]) می‌باشند (کاراژیان و همکاران ۲۰۰۹). موسیلاژهای های یادشده، از هیدروکلوئیدهای بومی ایران می‌باشند و به دلیل ارزان و دردسترس بودن و همچنین برخورداری از ویژگی‌های عملکردی قابل توجه که ذکر آن‌ها رفت، از پتانسیل بالایی برای استفاده به عنوان جایگزین چربی در محصولات غذایی و به ویژه فراورده‌های لبنی برخوردار می‌باشند. تا کنون پژوهشی در ارتباط با به‌کارگیری این موسیلاژها به‌عنوان جایگزین چربی در دسرهای لبنی کم‌چرب صورت نپذیرفته است. از این رو، هدف از پژوهش حاضر به‌کارگیری سطوح مختلف موسیلاژهای اسفرزه، شاهی و ریحان به‌عنوان جایگزین‌های چربی در فرمولاسیون دسرهای لبنی نیمه‌جامد کم‌چرب و بررسی تأثیر آن‌ها بر رفتار جریانی و توزیع اندازه‌ی ذرات محصول می‌باشد.

مواد و روش‌ها

استخراج BSM

دانه‌های ریحان به نسبت ۱ به ٦۵ در دمای ٦۸ درجه سلسیوس (pH=۷) با آب دیونیزه مخلوط و بلافاصله به‌منظور جداسازی موسیلاژ از دانه‌ها، به مدت یک دقیقه با مخلوط‌کن دور پایین به‌خوبی همزده شد. مخلوط حاصل از مرحله قبل، به مدت ۱۰ دقیقه و با سرعت ۱۵۰۰۰ دور بر دقیقه سانتریفوژ گشته و در نهایت موسیلاژ حاصله، پس از اختلاط با اتانول ۹٦٪ (به نسبت ۱ به ۳)، درون آون (Heraeus, model UT 5042, Germany) ٦۰ درجه سلسیوس خشک شد. در پایان، پودر موسیلاژ، در بسته‌های پلی‌اتیلنی بسته بندی گردید (بهرام-پرور و همکاران ۲۰۱۰).

استخراج CSM

پس از حذف ناخالصی‌ها و مواد خارجی، دانه‌های شاهی به نسبت ۳۰ به ۱ در دمای ۳۵ درجه سلسیوس (pH=۷) با آب‌مقطر مخلوط گردید. مخلوط حاصله پس از ۱۸ دقیقه همزدن، فیلتر شده و سپس در آون ٦۰ درجه سلسیوس خشک شد و از طریق خردکردن ذرات خشک‌شده، پودر موسیلاژ حاصل گردید (کاراژیان و همکاران ۲۰۰۹).

استخراج PHM

استخراج PHM، به روش احمدی و همکاران (۲۰۱۲) با کمی تغییرات انجام پذیرفت. پس از الک و شست و شو، دانه‌های اسفرزه با سه برابر وزن خود در اتانول (۹٦٪ وزنی/حجمی) خیسانده شدند و به مدت ۲۰ دقیقه به وسیله‌ی همزن آزمایشگاهی (مدل RH basic2، شرکت IKA، آلمان) با دور ۱۲۰ rpm به‌خوبی همزده شدند. پس از قرارگیری در آون ۷۰ درجه‌ی سلسیوس و حذف اتانول، دانه‌ها به مقدار ۱۰ برابر وزن اولیهٔ خود با آب مقطر حاوی Ca^{2+} (۲۵ میلی‌مول در لیتر) مخلوط شدند و در دمای ۷۵ درجه سلسیوس به مدت نیم ساعت و با دور ۵۵۰ rpm همزده شدند. پس از صاف کردن و جداسازی بخش نامحلول، قسمت محلول همانند سایر موسیلاژهای مورد استفاده در این تحقیق ابتدا توسط آون خشک گردید و پس از تبدیل شدن به پودر در بسته‌های پلی‌اتیلنی بسته بندی گردید.

تهیه نمونه‌های دسر لبنی نیمه‌جامد شکلاتی

نمونه‌های دسر لبنی با روش بایاری و همکاران (۲۰۱۰) تولید گردید. برای تهیه نمونه‌ها از پودر شیرخشک بدون چربی (شرکت Oldenburger، کشور آلمان، حاوی مقدار ۳۳٪/۳ پروتئین، ۵۲/۷٪ کربوهیدرات و ۱/۲٪ چربی) ، خامه

1. Cress seed mucilage

www.SID.ir

Archive of SID

۳۰ درصد چربی (شرکت پگاه خوزستان)، شکر سفید، کربوکسی متیل سلولز (شرکت Sinochem-Fhaghani، کشور چین) و پودر کاکائو (شرکت Indcresa اسپانیا) استفاده گردید. دانه‌های اسفرزه، شاهی و ریحان از بازار محلی خوزستان (شهر اهواز) خریداری شدند. موسیلاژهای بدست آمده با آسیاب برقی (ناسیونال، ایران) پودر شده و جهت به‌دست‌آوردن ذرات با اندازه‌ی یکنواخت، از الک با مش ۳۵ و قطر ۵۰۰µm عبور داده شدند. پودر شیرخشک به میزان ۱۳/۵٪ به آب مقطر (وزنی/حجمی) افزوده شد و توسط همزن مغناطیسی (مدل RH basic2، شرکت IKA، آلمان) با دور ۲۵۰ rpm در دمای ۸۵ درجهٔ سلسیوس به مدت ۱۰ دقیقه به‌خوبی هم زده شد و جهت اطمینان از هیدراته‌شدن کامل پروتئین‌های شیر به مدت یک شبانه روز در دمای ۱± ٤ درجهٔ سلسیوس نگهداری گردید. جهت تولید نمونه‌های دسر لبنی کم‌چرب، پودر شیر خشک بدون چربی با استفاده از خامه ۳۰ درصد چربی تا رسیدن به محتوای چربی ۰/۱٤ درصد استاندارد گردید. سپس، مقادیر مناسب پودر کاکائو (٤٪ وزنی/وزنی)، CMC (۱/۵٪ وزنی/وزنی)، موسیلاژ (مطابق جدول ۱) و ساکارز (٦٪ وزنی/وزنی) در ٦۵ درجه سلسیوس به آن اضافه گشت. سپس، مخلوط حاصل به مدت ۱۰ دقیقه با همگن-ساز آزمایشگاهی اولتراتورکس (IKA T25 Digital، آلمان) همگن گردید. در پایان، بسته‌های محتوی دسر درب‌بندی شده و به مدت ۲٤ ساعت پیش از آزمون در دمای ۱± ٤ درجه سلسیوس نگهداری شدند. نمونه‌های شاهد کم‌چرب (۰/۱٤٪ چربی) و پرچرب (۳/۵٪ چربی) نیز به همین روش، ولی بدون افزودن موسیلاژ تولید گردیدند.

آزمون رفتار جریانی

به منظور بررسی رفتار جریانی دسرهای لبنی، نمونه‌ها با استفاده از گرانروی‌سنج برنامه‌پذیر بروکفیلد، مدل +RVDV-II (Brookfield Engineering Laboratories. Inc. USA) از آهنگ ۱ تا ۱۰۰ بر ثانیه تحت برش قرار گرفته و تنش‌های برشی مربوطه طی ٦۰ ثانیه در فواصل زمانی مختلف ثبت شدند. نمایه‌های قوام و جریان با برازیدن داده‌های تجربی بر مدل اوستوالد دویل[۱] یا همان مدل قانون توان[۲] (رابطهٔ ۱) به دست آمدند:

$$\sigma = K\dot{\gamma}^{n} \qquad \text{(رابطهٔ ۱)}$$

در این رابطه، σ بیانگر تنش برشی (pa)، K اندیس قوام (pa. s)، $\dot{\gamma}$ نرخ برشی (s^{-1}) و n اندیس جریان می‌باشد. همچنین، ویسکوزیته ظاهری در نرخ برشی $10\ s^{-1}$ (رابطهٔ ۲) نیز به عنوان شاخص قوام درک شده در دهان[۳] یا همان ویسکوزیته حسی[٤] محاسبه گردید (گونزالز-توماس و همکاران ۲۰۰۸).

$$\mu_{10} = K\dot{\gamma}^{n-1} \qquad \text{(رابطهٔ ۲)}$$

بررسی رفتار رئولوژیکی

رفتار رئولوژیکی دسرهای لبنی شکلاتی با استفاده از دستگاه رئومتر (ThermoHaake, Karlsruhe, Germany) مطابق روش توکر و همکاران (۲۰۱۳) ارزیابی شد. پیش از آزمون، نمونه‌ها به مدت یک ساعت در دمای ۵-٤ درجه سلسیوس قرار گرفتند و پارامترهای رئولوژیکی مدول ذخیره (G') و مدول افت (G") اندازه‌گیری گردید. پس از قرارگیری در دستگاه، نمونه‌ها به‌مدت ۱۰ دقیقه به حال خود رها شدند و سپس شاخص‌های رئولوژیکی مورد نظر در محدوده فرکانس ۱۰-۰/۱ هرتز مورد مطالعه قرار گرفت.

ارزیابی توزیع اندازه ذرات

توزیع اندازه ذرات با استفاده از دستگاه (Malvern Mastersizer 2000, England) اندازه‌گیری گردید و با توجه

۱ Ostwald de Waele model

۲ Power-law model

۳ Oral thickness

٤ Sensory viscosity

www.SID.ir

Archive of SID

به ساختار نشاسته‌ای دسر لبنی، از ضریب شکست مرجع ۱/۵۳ استفاده شد. جهت دستیابی به کدورت ۰/۲، میزان ۰/۲ گرم از نمونه دسر، درون آب مقطر (در دمای اتاق ۲±۲۰ درجه سلسیوس) به‌خوبی یکنواخت گردید. به‌منظور اطمینان از پراکندگی یکنواخت ذرات، مخلوط حاصل، به مدت ۲ دقیقه با استفاده از دستگاه اولتراسوند به‌خوبی همگن شد و توزیع اندازه ذرات بر اساس تئوری Mie-Scattering محاسبه گردید (تورس و همکاران ۲۰۱۰).

طرح آزمون و آنالیز آماری

فرمولاسیون دسر کم‌چرب تولیدی را با استفاده از طرح مختلط مرکزی[1](CCD)، بهینه‌سازی گردید. تحلیل سطح پاسخ و ترسیم نمودارها نیز با استفاده از نرم افزار مینی تب نسخه‌ی ۱۵/۱/۱/۰ (شرکت مینی تب، ایالات متحده) انجام شد (جدول ۱).

جدول ۱- سطوح متغیرهای طرح مختلط مرکزی مورد استفاده جهت بهینه‌سازی فرمولاسیون دسرهای کم‌چرب شکلاتی، به‌صورت کددار و غیرکددار

Table 1- Variable levels of central composite design (CCD) for optimizing the formulation of low-fat chocolate dairy desserts as coded and uncoded levels

Independent variables (mucilages%)	Levels				
	-1	-0.5	0	0.5	1
psyllium husk (PHM)	0	0.05	0.10	0.15	0.20
basil seed (BSM)	0	0.05	0.10	0.15	0.20
cress seed (CSM)	0	0.05	0.10	0.15	0.20

نتایج و بحث

رفتار جریانی

جهت توضیح رفتار جریانی نمونه‌های مختلف دسر لبنی از مدل اوستوالد دویل استفاده گردید. بر اساس نتایج آماری ارائه شده (جدول ۲)، افزایش غلظت موسیلاژهای اسفرزه، شاهی و ریحان ($p<0.01$)، با افزایش معنی‌دار میزان اندیس قوام و ویسکوزیته‌ی ظاهری نمونه‌های دسر لبنی همراه بوده است. پارامترهای بدست‌آمده از مدل برازیده‌شده به داده‌های تجربی در جدول ۲ قابل مشاهده می‌باشد. ضریب بالای همبستگی بین داده‌های تجربی و مقادیر پیش‌بینی‌شده (R^2=۰/۹۹۶–۰/۹۹۹) نشانگر مناسب‌بودن مدل یاد شده برای توصیف رفتار جریانی نمونه‌های دسر می‌باشد. اندیس قوام، شاخصی جهت ارزیابی بافت مواد غذایی نیمه‌جامد می‌باشد (سوپادی و کاسوم ۱۹۹۲) که در مورد دسرهای مورد بررسی این پژوهش در دامنه‌ی ۲۱/۸۲–۳/۵۰ متغیر بود (جدول ۲). در واقع همانگونه که انتظار می‌رفت، کاهش چربی سبب کاهش چشمگیر شاخص قوام دسرهای لبنی گردید ولی تلفیق هر یک از موسیلاژهای اسفرزه، شاهی و ریحان به فرمولاسیون نمونه‌های کم‌چرب، باعث جبران بخشی از قوام از دست‌رفته آن‌ها شد. همچنین همانطور که در جدول به‌خوبی پیداست، نمونه‌های دسر حاوی غلظت‌های بالاتر موسیلاژ اسفرزه، ریحان ($p<0.01$) و همینطور شاهی ($p<0.05$) به‌مراتب از کمترین میزان اندیس جریان برخوردار بوده‌اند. از این منظر، کاهش چربی باعث افزایش اندیس جریان و نزدیک‌شدن رفتار دسر لبنی به رفتار سیالات نیوتونی گردید و در سوی مقابل، تلفیق موسیلاژهای مورد بررسی به فرمولاسیون این محصولات، باعث کاهش اندیس جریان و تقویت رفتار سودوپلاستیسیته (شل شوندگی با برش) آن‌ها که رفتار معمول ژل‌ها می‌باشد گردید. هر چه اندیس جریان کمتر از ۱ و نزدیک‌تر به صفر باشد، نشان‌دهنده رفتار رقیق‌شوندگی با برش قوی‌تر نمونه مورد بررسی می‌باشد. شاخص جریان کمتر از ۱ نمونه‌ها (۴۴/۵۹–۰/۰) بیانگر رفتار رقیق‌شونده با برش نمونه‌های مختلف دسر می‌باشد. در این ارتباط، بیشترین شاخص جریان متعلق به نمونه شاهد کم‌چرب و کمترین آن متعلق به نمونه محتوی ۰/۲ درصد از هریک از موسیلاژها بود. تلفیق هر سه موسیلاژ به فرمولاسیون نمونه شاهد کم‌چرب، منجر به کاهش اندیس جریان و نزدیک شدن آن به نمونه شاهد پرچرب شد که البته از این نظر، موسیلاژ اسفرزه، نسبت

1. Central Composite Design

www.SID.ir

Archive of SID

به دو موسیلاژ دیگر از تأثیرگذاری بالاتری برخوردار بود. تارگا و کاستل (۲۰۰٦a,b) فاکتور میرایی ($\tan\delta$) به‌مراتب بالاتر دسرهای نیمه‌جامد لبنی کم‌چرب نسبت به انواع پرچرب را ناشی از غالب‌شدن ماهیت ویسکوز این محصولات بر ماهیت الاستیک آن‌ها در نتیجه کاهش چربی دانستند. در تطابق با یافته‌های پژوهش جاری، تقریباً تمامی پژوهش‌های صورت گرفته در این زمینه نشان داده‌اند که با تلفیق جایگزین‌های چربی به فرمولاسیون دسرهای لبنی کم‌چرب، می‌توان خصوصیات ژلی از دست‌رفته یا تضعیف‌شده آن‌ها را به‌صورت جزئی یا کلی بازیابی کرد (رضوی و همکاران ۲۰۰۹؛ حسینی-پرور و همکاران ۲۰۱۰؛ بایاری و همکاران ۲۰۱۰؛ تارگا و همکاران ۲۰۱۱؛ اوسانو و همکاران ۲۰۱٤). در پژوهش جاری نیز به‌نظر می‌رسد بهبود ویژگی‌های ژلی دسرهای کم‌چرب مورد بررسی در حضور هیدروکلوئیدهای یاد شده، از برهم‌کنش اجزای این موسیلاژها با پروتئین‌های شیر ناشی شده باشد و با توجه به بهبود نسبی ویژگی‌های ژلی دسرهای مورد بررسی، فرضیه احتمال مشارکت آن در تشکیل یا تقویت ساختارهای ژلی را می‌توان محتمل دانست. تغییرات ویسکوزیته حسی دسرهای لبنی (μ_{10}) نیز از روندی مشابه، از تغییرات اندیس قوام آن‌ها پیروی کرد. رفتار رقیق شونده با برش نشان دهنده شکست ساختاری غیر قابل برگشت و کاهش ویسکوزیته به عنوان یک نتیجه از هم ترازی مولکولی است که درون چنین ماده‌ای رخ می‌دهد (مارکوت و همکاران ۲۰۰۱) هیدروکلوئید با رفتاررقیق شونده با برش به طورگسترده به منظور بهبود و یا تغییر بافت مواد غذایی استفاده می‌شود. این رفتار سبب می‌شود، ویسکوزیته ظاهری در طول عملیات پردازش با سرعت برشی بالا مانند پمپ کردن و پر شدن در فرآوری ماده غذایی کاهش یابد، درحالی‌که هنگام جویدن ویسکوزیته ظاهری بالا و یک احساس دهانی مطلوب برای مصرف کننده فراهم نماید (کوچکی و همکاران، ۲۰۱۳).

مطابق نتایج به‌دست آمده در این تحقیق، مارکوت و همکاران (۲۰۰۱) نیز کاهش شاخص رفتار جریان و افزایش شاخص قوام را در اثر افزودن هیدروکلوئیدهای زانتان، کاراگینان، پکتین و نشاسته گزارش نمودند. همچنین موته و رائو (۱۹۹۹) و فرهوش و ریاضی (۲۰۰۷) رفتار تجربی مشابهی در صمغ سقز و هیدروکلوئید ثعلب مشاهده کردند. موسیلاژ شاهی (فرحناکی و همکاران ۱۳۹۰) و صمغ زدو و بادام (جوینده و همکاران ۱۳۹۸) نیز رفتار مشابهی را در دسر لبنی وانیلی کم‌چرب نشان داده‌اند.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- تجزیه واریانس (ANOVA) **میانگین نتایج مربوط به تأثیر سطوح مختلف موسیلاژهای اسفرزه، شاهی و ریحان بر رفتار جریانی دسر لبنی شکلاتی کم‌چرب**

Table 2- Analysis variance (ANOVA) of flow behavior of low-fat chocolate dairy desserts as effected by different levels of psyllium husk, basil, and cress seed mucilages

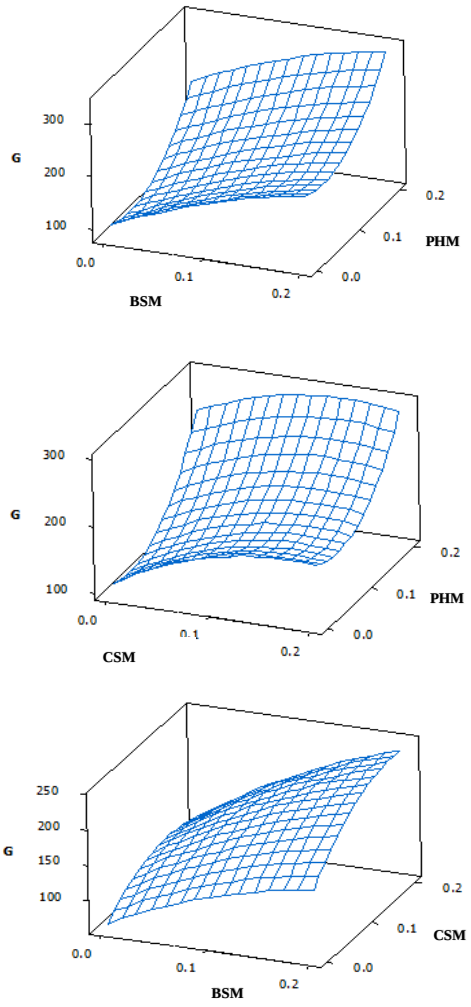
Source	DF	Sums of Squares			Mean Square			*F*-value			*P*-value		
		K (Pa.s)	n	η_{10}	K (Pa.s)	n	η_{10}	K (Pa.s)	n	η_{10}	K (Pa.s)	n	η_{10}
Regression	9	269.457	0.019	18.709	29.940	0.002	2.078	29.45	6.86	31.65	0.000	0.003	0.000
Linear	3	254.670	0.019	15.776	84.890	0.006	5.258	83.49	20.34	80.06	0.000	0.000	0.000
Quadratic	3	1.307	0.000	0.767	0.436	0.000	0.255	0.43	0.14	3.90	0.737	0.931	0.044
Interaction	3	13.481	0.000	2.165	4.494	0.000	0.721	4.42	0.11	10.99	0.032	0.955	0.002
Residual Error	10	10.167	0.003	0.656	1.017	0.000	0.065						
Lack-of-Fit	5	8.254	0.002	0.351	1.651	0.000	0.070	4.31	2.95	1.15	0.067	0.130	0.440
Pure Error	5	1.913	0.000	0.305	0.383	0.000	0.061						
Total	19	279.625	0.022	19.366									

Other statistics	**K (Pa.s)**		**n**		η_{10}	
Source	***b*-coefficient**	***p*-value**	***b*-coefficient**	***p*-value**	***b*-coefficient**	***p*-value**
Intercept	13.942	0.000	0.520	0.000	4.627	0.000
X_1	4.174	0.000	-0.034	0.000	1.067	0.000
X_2	2.178	0.000	-0.016	0.022	0.557	0.000
X_3	2.791	0.000	-0.028	0.001	0.636	0.000
$X_1 . X_1$	0.525	0.826	-0.008	0.845	0.010	0.986
$X_2 . X_2$	-0.634	0.791	-0.008	0.845	-0.351	0.567
$X_3 . X_3$	-0.414	0.863	0.011	0.781	-0.072	0.905
$X_1 . X_2$	-0.808	0.047	0.002	0.699	-0.325	0.005
$X_1 . X_3$	-0.743	0.064	-0.000	1.000	-0.378	0.002
$X_2 . X_3$	0.691	0.081	-0.002	0.699	0.146	0.138
R^2	0.963		0.860		0.966	
R^2-adjust	0.930		0.735		0.935	
PRESS	65.22		0.02		2.37	

X_1 X_2 and X_3 are percentages of psyllium husk, basil, and cress seed mucilages, respectively.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- نمودارهای رویه سه‌بعدی برهم‌کنش سطوح مختلف موسیلاژهای PHM، BSM و CSM بر مدول ذخیره (G') دسر لبنی نیمه‌جامد کم‌چرب شکلاتی

Figure 1- Response surface plots for interaction effects of different levels of psyllium husk (PHM), basil seed (BSM), and cress seed (CSM) mucilages on storage modulus (G') of low-fat chocolate dairy desserts

رفتار رئولوژیکی

نتایج بررسی رفتار رئولوژیکی دسرهای لبنی نیمه‌جامد کم‌چرب محتوی جایگزین‌های چربی در جدول ۳ ارائه شده است. نگاهی گذرا به داده‌های جدول حکایت از آن دارد که موسیلاژهای شاهی، اسفرزه و ریحان از تأثیر بسیار معنی‌داری ($p<0.01$) بر مدول الاستیسیته یا همان مدول ذخیره (G') دسرهای لبنی برخوردار بودند. مثبت‌بودن ضریب متغیرهای مستقل در رابطه ریاضی موجود بین اجزای فرمولاسیون نشان‌دهنده این است که با افزایش موسیلاژ-های یادشده، پارامتر G' به شکل معنی‌داری افزایش یافته است. با توجه به نمودار سه بعدی سطح پاسخ ارائه شده در شکل ۱، حضور جایگزین‌های چربی در نمونه‌های دسر لبنی کم‌چرب، موجب افزایش الاستیسته‌ی بافت گردیده و با افزایش غلظت هر کدام از موسیلاژها، این خاصیت به میزان بیش‌تری افزایش می‌یابد. مقادیر ضریب تعیین یا R^2 و P پارامتر عدم تطابق یا Lack-of-Fit مربوط به معادله پیش-بینی مدول ذخیره به‌ترتیب برابر ۰/۹۷۳ و ۰/۱۷۲ بوده است که تأییدی بر مناسب بودن مدل محاسباتی محسوب می-شود. بنابراین با توجه به نزدیک‌بودن ضریب تعیین به یک (جدول ۳)، می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که معادله ریاضی ساخته شده بین پارامترهای رئولوژیکی و اجزای فرمولاسیون دسر لبنی به‌خوبی توانسته است ارتباط بین متغیرهای مورد آزمون را نشان دهد. نگاهی به تغییرات پارامترهای رئولوژیکی جدول ۳ دسرهای مورد بررسی در این پژوهش، می‌تواند در درک بهتر روند تغییر موسیلاژ-های به کار رفته بر مدول افت (G") دسرهای لبنی مفید باشد. موسیلاژهای شاهی، اسفرزه و ریحان ($p<0.01$)، از تأثیر مثبت و معنی‌داری بر مدول افت یا ضریب میرایی دسرهای لبنی شکلاتی نیمه‌جامد برخوردار بودند. تارگا و کاستل (۲۰۰۶a,b) با استناد به یافته‌های رئومتری نشان دادند که در غیاب چربی، مدول افت (G") دسرهای لبنی نیمه‌جامد بر مدول ذخیره (G') آنها چربش پیدا می‌کند و بدین‌ترتیب رفتار این محصولات از رفتار رئولوژیک مورد انتظار یک ژل فاصله گرفته و به رفتار مایعات تمایل پیدا می‌کند؛ به عبارت دیگر، دسرهای تولیدشده از شیر پس‌چرخ، بیش از آنکه یک جامد ویسکوالاستیک باشند یک مایع ویسکوالاستیک هستند (گونزالز-توماس و همکاران ۲۰۰۸).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- تجزیه واریانس (ANOVA) میانگین نتایج مربوط به تأثیر سطوح مختلف موسیلاژهای اسفرزه، شاهی و ریحان بر ویژگی‌های رئولوژیکی دسر لبنی شکلاتی کم‌چرب

Table 3- Analysis variance (ANOVA) of rheological properties of low-fat chocolate dairy desserts as effected by different levels of psyllium husk, basil, and cress seed mucilages

Source	DF	Sums of Squares		Mean Square		*F*-value		*P*-value	
		Y_1	Y_2	Y_1	Y_2	Y_1	Y_2	Y_1	Y_2
Regression	9	67118.4	3264.1	7457.6	362.6	41.32	4.70	0.000	0.012
Linear	3	63848.7	3006.8	21282.9	1002.2	117.9	13.00	0.000	0.001
Quadratic	3	1664.5	96.4	554.8	32.1	3.07	0.42	0.078	0.745
Interaction	3	1605.3	160.8	535.1	53.6	2.96	0.70	0.084	0.576
Residual Errors	10	1805.3	771.1	180.5	77.1				
Lack-of-Fit	5	1284.6	296.8	256.9	59.3	2.47	0.63	0.172	0.690
Pure Error	5	520.7	474.3	104.1	94.8				
Total	19	68923.8	4035.3						

Other statistics	Y_1		Y_2	
Source	***b*-coefficient**	***p*-value**	***b*-coefficient**	***p*-value**
Intercept	176.9	0.000	65.674	0.000
X_1	58.8	0.000	13.052	0.001
X_2	29.4	0.000	7.488	0.032
X_3	56.4	0.000	11.282	0.004
$X_1.X_1$	54.8	0.108	16.012	0.449
$X_2.X_2$	-24.7	0.444	-9.588	0.647
$X_3.X_3$	-13.5	0.672	-2.988	0.886
$X_1.X_2$	-6.9	0.174	0.737	0.817
$X_1.X_3$	0.6	0.898	-4.412	0.186
$X_2.X_3$	12.3	0.027	-0.312	0.922
R^2	0.973		0.808	
R^2-adjust	0.950		0.636	
PRESS	11603.4		3545.76	

Y_1 and Y_2 are G' and G", respectively.

X_1 , X_2 and X_3 are percentages of psyllium husk, basil, and cress seed mucilages, respectively

بهینه‌سازی و تائید مدل

از آنجایی که مهمترین شاخص‌های کیفی دسر لبنی، ویژگی‌های رئولوژیکی و رفتار جریانی آن می‌باشد و این فاکتورها نقش مهمی در میزان پذیرش این محصولات نزد مصرف‌کننده بازی میکنند، هدف بهینه‌سازی، مشابهت نمونه‌ها به ویژگی‌های رفتار جریانی و رئولوژیکی دسر شاهد پرچرب و بیشینه استقبال مصرف‌کنندگان از محصول موردنظر قرار داده شد (جدول ٤). روش سطح پاسخ نشان داد که با استفاده از غلظت بهینه ۰/۱۷ درصد موسیلاژ اسفرزه، ۰/۰۵ درصد موسیلاژ شاهی و ۰/۰۵ درصد موسیلاژ ریحان در فرمولاسیون دسر لبنی کم‌چرب شکلاتی نیمه‌جامد، می‌توان دسری با ویژگی‌های رئولوژی قابل قبول تولید کرد. به منظور تأیید آماری صحت پیش‌گویی مدل‌های رگرسیونی، نمونه بهینه با فرمولاسیون پیشنهادی تهیه شد و پارامترهایی که ذکر آن‌ها پیش‌تر رفت اندازه‌گیری شدند و با مقادیر پیش‌بینی‌شده بوسیله مدل‌های ریاضی، مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج تحلیل آماری نشان داد که بین مقادیر پیش‌بینی‌شده بوسیله مدل و مقادیر اندازه-گیری شده، در سطح معنی‌داری ۰/۰۵، اختلافی وجود ندارد که صحت مدل ریاضی ارائه شده به وسیله روش RSM در فرمولاسیون بهینه دسر را تأیید می-کند (جدول ٤).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴- جدول تأیید آماری مدل در پیش‌گویی مقادیر بهینه سطوح مختلف موسیلاژهای اسفرزه، شاهی و ریحان جهت فرمولاسیون دسر لبنی کم‌چرب نیمه‌چامد

Table 4- Rheological parameters (predicted and experimented values) of optimized low-fat chocolate dairy dessert containing psyllium husk, basil, and cress seed mucilages

Parameter	Optimized formulation (mucilages)			Predicted value	Experimented value[a]	Means of standard error	Mean differences	p-Value
	Psyllium husk	Basil seed	Cress seed					
	0.17	0.05	0.05					
K				15.16	0.57±13.84	0.333	-1.320	0.058
N				0.01	0.04±0.48	0.008	-0.026	0.094
Viscosity				4.97	0.37±3.46	0.216	-0.766	0.072
G’				199.45	17.91±168.33	10.343	-44.166	0.051
G”				71.79	3.10±67.66	1.793	-4.123	0.148

a, values are means of three replications

توزیع اندازه ذرات

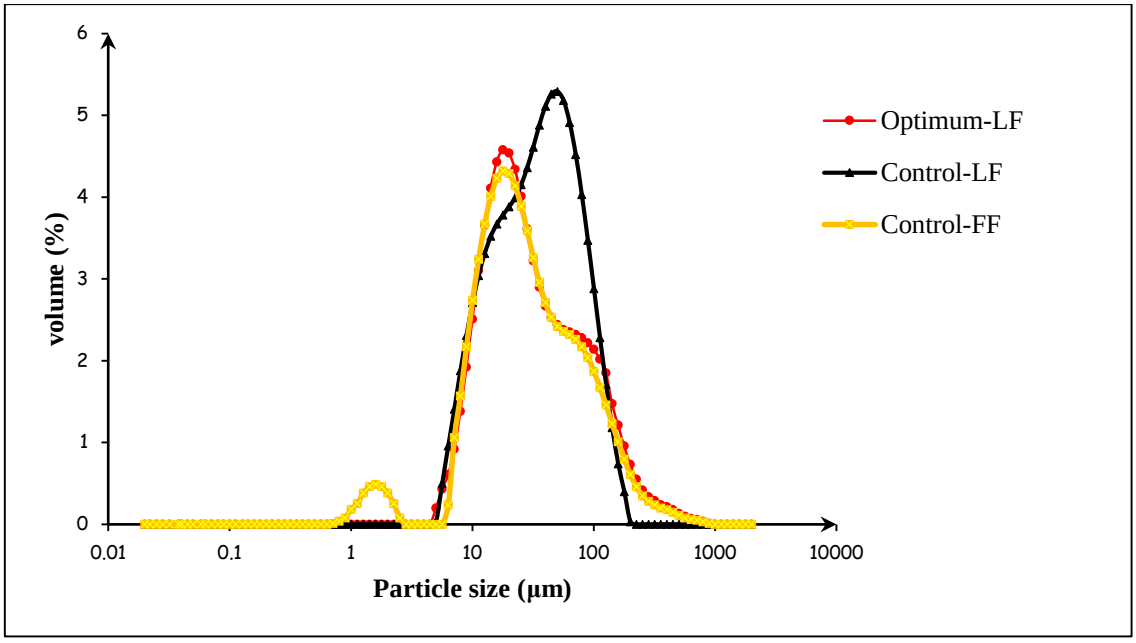
نتایج حاصل از آزمون بررسی توزیع اندازه ذرات نمونه بهینه در مقایسه با نمونه‌های شاهد کم‌چرب و پرچرب در شکل ۲ به تصویر کشیده شده است. همانطور که در شکل می‌توان دید، نمودار توزیع اندزه ذره نمونه‌ی بهینه و شاهد کم‌چرب به‌صورت منومدل می‌باشد. این در حالیست که نمودار نمونه شاهد پرچرب به‌صورت بایومدل بوده و علاوه بر پیک اصلی، یک پیک اولیه کوچک نیز در آن دیده می‌شود. این پیک که در محدوده اندازه ذره تقریبی ٤-٥/٠ میکرومتر ظاهر شده است را می‌توان به حضور گویچه‌های چربی نسبت داد. پیشتر تورس و همکاران (۲۰۱۰)، بایاری و همکاران (۲۰۱۱) و تارگا و همکاران (۲۰۱۱) نیز حضور این پیک را به ترتیب در محدوده اندازه ذره ۹-۲، ۱۰-۱/۹ و ۷/۵۸-۱/۹ میکرومتر برای دسرهای لبنی پرچرب و غیبت آن را برای نمونه‌های کم‌چرب گزارش کرده بودند. پیک اصلی نمودار توزیع اندازه ذره که برای هر سه نمونه تقریباً در محدوده اندازه ذره یکسانی مشاهد شد (۲۰۰-۵~ میکرومتر) را می‌توان به سیستم پایه دسر که همان گرانول‌های متورم نشاسته می‌باشد نسبت داد. در دیگر پژوهش‌هایی که تاکنون در زمینه بررسی توزیع اندازه ذرات دسرهای لبنی صورت گرفته است، حضور این پیک در دامنه اندازه ذره ۱۰۰-۱۰ میکرومتر مشاهده شده است (بایاری و همکاران ۲۰۱۱؛ تارگا و همکاران ۲۰۱۱).

با وجود شباهت دامنه اندازه ذره سه نمونه مورد بررسی، یک تفاوت عمده بین نمودار توزیع اندازه ذره نمونه کم‌چرب شاهد و دو نمونه دیگر دیده می‌شود و آن هم افزایش ارتفاع پیک نمونه کم‌چرب شاهد و مایل-شدن آن به سمت راست می‌باشد. این پدیده نشان‌دهنده بزرگ‌شدن اندازه ذرات و افزایش حجم ذرات با اندازه بزرگتر می‌باشد. به نظر می‌رسد که در غیبت و یا حضور بسیار کم‌رنگ چربی در نمونه کم‌چرب شاهد، آب بیشتری در دسترس گرانول‌های نشاسته قرا گرفته است و همین امر، زمینه تورم بیشتر و بزرگ‌تر شدن گرانول‌های نشاسته را فراهم کرده است. در این ارتباط، وربکن و همکاران (۲۰۰٤) نشان دادند که با افزایش درصد نشاسته مورد استفاده در فرمولاسیون دسرهای لبنی، میانگین اندازه ذره آن‌ها کاهش می‌یابد؛ چرا که در حضور نشاسته بیشتر، میزان آب در دسترس برای متورم شدن آن‌ها کاهش می‌یابد. در واقع هر چه درصد کل نشاسته بیشتر باشد، میزان آب در درسترس برای

www.SID.ir

Archive of SID

هر گرانول نشاسته کاهش می‌یابد. در این پژوهش نیز به نظر می‌رسد که کاهش چربی، با افزایش نسبت آب به ماده خشک، تورم بیشتر گرانول‌های نشاسته را به همراه داشته است درحالی‌که در نمونه کم‌چرب بهینه، حضور موسیلاژهای مختلف با ویژگی‌های آب‌دوستی قابل توجه در فرمولاسیون این نمونه، آب مورد نیاز برای تورم گرانول‌های نشاسته را محدود کرده است و بدین‌ترتیب اندازه ذرات دسر لبنی کم‌چرب کاهش یافته و نمودار توزیع اندازه ذره آن به نمونه پرچرب شبیه شده است. در پژوهش‌هایی که تا کنون در زمینه مطالعه توزیع اندازه ذره دسرهای لبنی کم‌چرب و تأثیر جایگزین‌های چربی بر آن صورت گرفته است، عمدتاً از اینولین به عنوان جایگزین چربی استفاده شده است (تارگا و کاستل ۲۰۰٦b؛ بایاری و همکاران ۲۰۱۰؛ تارگا و همکاران ۲۰۱۱؛ آرکیا و همکاران ۲۰۱۱). در این پژوهش‌ها نشان داده شده است که کریستالی شدن اینولین در این نمونه‌ها باعث ظهور پیک‌های کوچک در دامنه اندازه ذره کمتر از ۱ میکرومتر می‌شود. به علاوه، واکنش این میکروکریستال‌ها با یکدیگر طی دوره نگهداری، منجر به شکل‌گیری آگرگیت‌های نسبتا درشتی در محدوده اندازه ذره گلبول‌های چربی می‌شود و از این رو، افزایش ارتفاع پیک گلبول‌های چربی در نمونه پرچرب و یا ظهور پیک‌های کوچک در این ناحیه برای نمونه کم‌چرب را به این پدیده نسبت داده‌اند. در تنها پژوهش و یا دست‌کم در یکی از معدود پژوهش‌های که تغییرات میانگین اندازه ذره دسرهای لبنی حاوی هیدروکلوئید مورد بررسی قرار گرفته است، وربکن و همکاران (۲۰۰٤) مشاهده کردند که با افزایش غلظت مورد استفاده از هیدروکلوئید کاپاکاراگینان در فرمولاسیون دسرهای لبنی، میانگین اندازه ذره کاهش می‌یابد.



شکل ۲- مقایسه توزیع اندازه ذرات نمونه بهینه دسر لبنی شکلاتی کم‌چرب در مقایسه با نمونه‌های شاهد کم‌چرب و پرچرب.

Figure 2- Comparison of particle size distribution of optimized chocolate dairy dessert with low- and full-fat control desserts

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری کلی

ویژگی‌های رئولوژیکی محصولات لبنی از جمله عوامل مؤثر بر پذیرش این محصولات نزد مصرف‌کننده می‌باشد. نتایج نشان داد کاهش چربی در دسر لبنی کم‌چرب باعث نزدیک‌شدن رفتار جریانی نمونه‌ها به رفتار سیالات نیوتونی گردید. رفتار جریانی نمونه‌های دسر لبنی کم‌چرب به طور قابل ملاحظه‌ای تحت تأثیر جایگزین‌های چربی به‌کار برده شده در فرمولاسیون قرار گرفت. افزایش سطوح موسیلاژهای اسفرزه، شاهی و ریحان، منجر به افزایش اندیس قوام، ویسکوزیته ظاهری، G'، G'' و کاهش شاخص رفتار جریانی نمونه‌های دسر لبنی نیمه‌جامد گردید. نتایج این پژوهش نشان داد که خصوصیات ژلی تضعیف‌شده دسر لبنی شکلاتی در نتیجه کاهش مقدار چربی را می‌توان با کمک جایگزین‌های چربی مورد استفاده در این تحقیق به شکل مطلوبی بهبود بخشید. در این زمینه، به‌کارگیری تلفیقی از هر سه موسیلاژ دانه‌های اسفرزه، شاهی و ریحان نتیجه بهتری در مقایسه با استفاده جداگانه از هر یک از آن‌ها به‌دست می‌دهد.

تشکر و قدردانی

این مقاله مستخرج از طرح پژوهشی به شماره ۹۴۱/۰۷ است و نویسندگان مقاله از معاونت پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان جهت حمایتهای مالی تشکر و قدردانی می‌نمایند.

منابع مورد استفاده

جوینده ح، رستم‌آبادی ح، جوینده ح، رستم‌آبادی ح و گودرزی م، ۱۳۹۸، بررسی تأثیر جایگزین های چربی صمغ زدو و بادام بر رفتار جریانی و ویژگی های حسی دسر لبنی وانیلی کم‌چرب. علوم غذایی و تغذیه، ۱۶(۲)، ۲۴-۱۵.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران (۱۳۸۲). دسر پاستوریزه و بسته‌بندی شده – ویژگی‌های میکروبیولوژی. استاندارد ملی ایران، شماره ۷۱۱۰، چاپ اول.

فرحناکی ع، عسکری ح و بختیاری م، ۱۳۹۰، بررسی برخی خواص رئولوژیکی هیدروکلوئید دانه گیاه شاهی (Lepidium sativum L.). مهندسی بیوسیستم ایران، ۴۲(۱)، ۱۲۰-۱۱۳.

یدملت م، جوینده ح و حجتی م، ۱۳۹۶، تأثیر صمغ فارسی و صمغ دانه بالنگو شیرازی بر ویژگی‌های بافتی ماست همزده کم‌چرب. نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی، ۲۷(۴)، ۱۸۱-۱۷۱.

Ahmadi R, Kalbasi-Ashtari A, Oromiehie A, Yarmand, MS and Jahandideh F, 2012. Development and characterization of a novel biodegradable edible film obtained from psyllium seed (Plantago ovata Forsk). Journal of Food Engineering 109: 745–751.

Arcia PL, Costell E and Tárrega A, 2011. Inulin blend as prebiotic and fat replacer in dairy desserts: optimization by response surface methodology. Journal of Dairy Science 94(5): 2192-2200.

Bahram-Parvar M, Razavi SMA and Khodaparast MH, 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.

Bayarri S, Chulia I and Costell E, 2010. Comparing λ-carrageenan and an inulin blend as fat replacers in carboxymethyl cellulose dairy desserts. Rheological and sensory aspects. Food Hydrocolloids 24(6): 578-587.

Bayarri S, González-Tomás L, Hernando I, Lluch A and Costell E, 2011. Texture perceived on inulin-enriched low-fat semisolid dairy desserts. Rheological and structural basis. Journal of Texture Studies 42: 174-184.

www.SID.ir

Archive of SID

Farhoosh R and Riazi A, 2007. A compositional study on two current types of salep in Iran and their rheological properties as a function of concentration and temperature. Food Hydrocolloids 21: 660-666.

González-Tomás L, Bayarri S, Taylor AJ and Costell E, 2008. Rheology, flavour release and perception of low-fat dairy desserts. International Dairy Journal 18(8): 858-866.

Guo QW, Cuit SW, Wang Q, Goffa HD and Smith A, 2009. Microstructure and rheological properties of Psyllium polysaccharide gel. Food Hydrocolloids 23: 1542-1547.

Guven M, Yasar K, Karaca OB and Hayaloglu AA, 2005. The effect of inulin as a fat replacer on the quality of set-type low-fat yogurt manufacture. International Journal of Dairy Technology 58(3): 180-184.

Hosseini-Parvar SH, Matia-Merino L, Goh KKT, Razavi SMA and Mortazavi SA, 2010. Steady shear flow behavior of gum extracted from *Ocimum basilicum* L. seed: effect of concentration and temperature. Journal of Food Engineering 101(3): 236-243.

Jooyandeh H, Goudarzi M, Rostamabadi H and Hojjati M, 2017. Effect of Persian and almond gums as fat replacers on the physicochemical, rheological, and microstructural attributes of low- fat Iranian White cheese. Food Science & Nutrition 5: 669-677.

Karazhiyan H, Razavi SMA, Phillips GO, Fang Y, Al-Assaf S and Nishinari K, 2009. Rheological properties of *Lepidium sativum* seed extract as a function of concentration, temperature and time. Food Hydrocolloids 23: 2062-2068.

Koca N and Metin M, 2004. Textural, melting and sensory properties of low-fat fresh kashar cheeses produced by using fat replacers. International Dairy Journal 14(4): 365-373.

Koocheki A, Taherian AR and Bostan A, 2013. Studies on the steady shear flow behavior and functional properties of *Lepidium perfoliatum* seed gum. Journal of Food Research International 50: 446–456.

Marcotte M, Taherian AR and Ramaswamy HS, 2001. Rheological properties of selected hydrocolloids as a function of concentration and temperature. Food Research International 34: 695-704.

Mothe CG and Rao MA, 1999. Rheological Behavior of aqueous dispersion of cashew gum and gum Arabic: Effect of concentration and blending. Food Hydrocolloids 13(6): 501-506.

Naghibi F, Mosaddegh M, Mohammadi-Motamed S and Ghorbani A, 2005. Labiatae family in folk medicine in Iran: from ethnobotany to pharmacology. Iranian Journal of Pharmaceutical Research 2: 63–79.

Napier K, 1997. Fat Replacers: The Cutting Edge of Cutting Calories. American Council on Science and Health, Inc., available at http://www.acsh.org/wp-content/uploads/2012/04/20040402_Fat_Replacers 1997.pdf.

Osano JP, Hosseini-Parvar SH, Matia-Merino L and Golding M, 2014. Emulsifying properties of a novel polysaccharide extracted from basil seed (*Ocimum bacilicum* L.): effect of polysaccharide and protein content. Food Hydrocolloids 37: 40-48.

Razavi SMA, Mortazavi SA, Matia-Merino L, Hosseini-Parvar SH, Motamedzadegan A and Khanipour E, 2009. Optimization study of gum extraction from basil seeds (*Ocimum basilicum* L.). International Journal of Food Science & Technology 44: 1755-1762.

Rudan MA, Barbano DM, Joseph Yun J and Kindstedt PS, 1999. Effect of fat reduction on chemical composition, proteolysis, functionality, and yield of Mozzarella cheese. Journal of Dairy Science 82(4): 661-672.

Sopade PA and Kassum AL, 1992. Rheological characterization of akamu a semi-fluid food from maize millet and sorghum. Journal of Cereal Science 15: 193-202.

Tárrega A and Costell E, 2006a. Effect of composition on the rheological behavior and sensory properties of semisolid dairy desserts. Food Hydrocolloids 20: 914-922.

Tárrega A and Costell E, 2006b. Effect of inulin addition on rheological and sensory properties of fat-free starch-based dairy desserts. International Dairy Journal 16(9): 1104-1112.

www.SID.ir

Archive of SID

Tárrega A, Torres JD and Costell E, 2011. Influence of the chain-length distribution of inulin on the rheology and microstructure of prebiotic dairy desserts. Journal of Food Engineering 104(3): 356-363.

Toker OS, Dogan M, Canıyılmaz E, Ersöz NB and Kaya Y, 2013. The effects of different gums and their interactions on the rheological properties of a dairy dessert: a mixture design approach. Food and Bioprocess Technology 6(4): 896-908.

Torres JD, Tárrega A and Costell E, 2010. Storage stability of starch-based dairy desserts containing long-chain inulin: Rheology and particle size distribution. International Dairy Journal 20(1): 46-52.

Vardhanabhuti B and Ikeda S, 2006. Isolation and characterization of hydrocolloids from monoi (*Cissampelos pareira*) leaves. Food Hydrocolloids 20(6): 885-891.

Verbeken D, Thas O and Dewettinck K, 2004. Textural properties of gelled dairy desserts containing κ-carrageenan and starch. Food Hydrocolloids 18(5): 817-823.

www.SID.ir

Archive of SID

Effect of psyllium husk, basil, and cress seed mucilages on rheological behavior of low-fat chocolate dairy dessert

H Jooyandeh[1*], H Rostamabadi[2] and M Goudarzi[3]

Received: October 26, 2017 Accepted: February 18, 2018

[1]Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Agriculture Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Khuzestan, Iran
[2]MSc, Department of Food Science and Technology, Agriculture Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Khuzestan, Iran
[3]MSc, Department of Food Science & Engineering, Faculty of Biosystem Engineering, University of Tehran, Karaj, Iran
[*]Corresponding author: hosjooy@asnrukh.ac.ir

Introduction: Nowadays, consumers are more conscious about their diets and pursuit for healthy foods. Healthful diets that are low in fat and rich in fiber may diminish the risk of some types of cancer, particularly colon cancer, a disease connected with many other complaints. Furthermore, such healthful diets are also associated with a reduced risk of type-2 diabetes, a condition that causes a person's blood sugar level to become too high. Continuing problems from high blood sugar may result in heart disease, knocks and diabetic retinopathy which may cause blindness and kidney failure. However, despite a recent trend toward healthy eating behaviors, many consumers still tend to consume unwholesome foods since they make their eating choices just based on food taste. Food texture becomes especially imperative as customers try to find food products containing reduced fat and calories but are not willing to accept inferior eating characteristics. Gums and mucilages are broadly used by food industry to improve food texture and to keep product quality throughout the storage period. Like gums, mucilages are plant hydrocolloids that are similarly formed mainly of galactose, methyl pentose, and pentose sugars linked by glycosidic connections to uronic acid residues. Besides of their gel creating and water holding ability or capacity, mucilages delay gastric emptying. In the present work, the possibility of incorporation of psyllium husk mucilage (PHM), basil seed mucilage (BSM), and cress seed mucilage (CSM) as fat-replacers in the formulation of semi-solid low-fat chocolate dairy desserts was evaluated.

Material and methods: The experiments were designed according to a 3-level-3-factor central composite design (CCD) using response surface methodology (RSM). In the formulation of semi-solid low-fat chocolate dairy desserts, three mucilages including PHM, BSM, and CSM (each at the levels of 0-0.2%) were used as the fat-replacers. The responses of interest were the flow behavior (apparent viscosity, consistency index and flow index), rheological properties (storage and loss modulus) and particle size distribution of low-fat chocolate dairy desserts.

Results and discussion: The results indicated that fat reduction caused significant increase in the flow index of semi-solid low-fat chocolate dairy desserts. All the samples exhibited shear-thinning flow behavior; however, fat reduction significantly ($p<0.05$) resulted in decreased apparent viscosity, G', G" and consistency index. In the other word, reduction of fat increased the hardness of low-fat chocolate dairy desserts in terms of rheological parameters fracture stress and Young's and storage moduli. The fracture stress and Young's modulus are generally considered as indices of dairy product's softness, i.e. the higher the uniaxial compression parameters, the firmer the dessert. Storage modulus increased with frequency for all samples reflecting the relaxation of more bonds with more structural rearrangements when the time scale of applied stress was longer. Moreover, storage modulus values were higher than loss modulus values for all the samples over the entire frequency range, indicating the dominant elastic character of the desert samples. Consistency index of all the desert samples were ranged as 3.50-21.82. As expected, as the fat content of desert samples were

www.SID.ir

Archive of SID

reduced, the consistency index was significantly decreased. However, incorporation of mucilages in desert formulation fairly compensate this factor and increased consistency index and resembled it to its full fat dessert. The results of particle size distribution indicated that in the absence of fat (control low-fat dessert), frequency of larger particles increased considerably whereas, incorporating the optimum levels of gums into the formulation of the low-fat dessert shifted the particle size distribution curve to the smaller particle size region.

Conclusion: Mucilages are generally normal products of plant metabolism which have several function properties such as mass reduction, nutrient confiscation, as well as a source of protection in contradiction of grazing and ingestion, and heavy metal illumination. This research was performed to investigate the effect of addition of some mucilages as fat replacers on rheological behavior and particle size distribution of low-fat chocolate dessert. Results of present study indicated that addition of tested mucilages could be an effective technique to improve textural properties of semi-solid low-fat chocolate dairy desserts. RSM result demonstrated that using optimum formulations of 0.17% PHM, 0.05% BSM and 0.05% CSM for semi-solid low-fat chocolate dairy desserts would result in reduced-fat products with acceptable rheological and organoleptic properties. Besides being used as a fat replacer and rheology modifier, mucilages could be added as a functional ingredient due to its well-established prebiotic and health promoting effects.

Keywords: Chocolate dairy dessert, Consistency index, Fat-replacer, Particle size distribution

www.SID.ir