بررسی اثر جایگزینی چربی شیر با اینولین و کنسانتره پروتئینی شیر بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی بستنی کم چرب

الهام مهدیان[1*]، رضا کاراژیان[2]، ساناز صبری[3]

[1] دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قوچان، گروه علوم و صنایع غذایی، قوچان، ایران
[2] عضوگروه پژوهشی کیفیت و ایمنی، پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی،جهاد دانشگاهی خراسان رضوی، مشهد، ایران
[3] دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قوچان، گروه علوم و صنایع غذایی، قوچان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۱/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱/۱۷

چکیده

کاهش میزان چربی در بستنی و تولید یک محصول رژیمی همانند سایر فراورده های غذایی در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. در عین حال کاهش میزان چربی در بستنی پذیرش حسی این محصول را با اثر بر ویسکوزیته و بافت آن به طور منفی تحت تأثیر قرار می‌دهد. جایگزین های چربی ترکیباتی هستند که می‌توانند تا حدی نقش چربی را در سیستم های غذایی ایفا کرده و در عین حال به دلیل داشتن محتوای کالری پایین تر منجر به کاهش میزان انرژی محصول و تولید یک محصول رژیمی می‌شوند. در این تحقیق اثر استفاده از دو نوع جایگزین چربی بر پایه پروتئین (کنسانتره پروتئینی شیر، mpc) و بر پایه کربوهیدرات (اینولین) در سه سطح ۰، ۲ و ۴ درصد بر خصوصیات رئولوژیکی و بافتی بستنی کم چرب (۵ درصد چربی) مورد بررسی قرار گرفت. مخلوط کلیه نمونه‌ها دارای رفتار رقیق شوندگی با برش (رفتار غیر نیوتنی از نوع شبه پلاستیک) بوده و ویسکوزیته ظاهری با افزایش آهنگ برشی کاهش یافت. کاربرد mpc در ترکیب بستنی منجر به افزایش ضریب قوام و کاهش شاخص رفتار جریان نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد گردید در حالی که اختلاف معناداری بین نمونه‌های حاوی اینولین در مقدار این خصوصیات مشاهده نشد. ویسکوزیته ظاهری نمونه‌ها با افزایش مقدار هر دونوع جایگزین چربی افزایش یافت. هم‌چنین نمونه‌های حاوی mpc ویسکوزیته ظاهری بالاتری در مقایسه با نمونه‌های حاوی اینولین دارا بودند. جایگزینی بخشی از چربی با اینولین اثر مشخصی بر سختی نمونه‌های بستنی نداشته در صورتی که نمونه‌های حاوی mpc سختی بالاتری نسبت به سایر نمونه‌ها دارا بودند. چسبندگی نمونه حاوی ۴ درصد اینولین به طور معناداری از سایر نمونه‌ها بالاتر بوده و اختلاف مشخصی بین سایر نمونه‌ها در مقدار چسبندگی وجود نداشت.

واژه‌های کلیدی: بستنی کم چرب، جایگزین چربی، اینولین، کنسانتره پروتئینی شیر، خصوصیات رئولوژیکی.

* مسوول مکاتبه: elhammahdian@iauq.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

۱- مقدمه

کیفیت بستنی وابسته به اجزاء مورد استفاده در ترکیب آن می‌باشد.چربی، شکر، اسید و ماده خشک بدون چربی چهار عامل مهم مؤثر بر کیفیت بستنی می‌باشند. در حالی که چربی و سایر مواد جامد تعیین کننده کیفیت بافتی محصول می‌باشند، درصد قند و اسیدیته بر طعم و مزه محصول مؤثرند (۱۵). به طور معمول بستنی حاوی ۱۰ تا ۱۶ درصد چربی می‌باشد اما به سبب ارتباط میزان چربی در رژیم غذایی مصرف کنندگان با افزایش خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی-عروقی و هم‌چنین خطر چاقی، در سال‌های اخیر انواع متنوعی از بستنی‌های کم چرب یا فاقد چربی نیز تولید شده است. در عین حال ویژگی‌های کیفی این قبیل محصولات معمولاً انتظار مصرف کنندگان را برآورده نمی سازد از این جهت که در مقایسه با انواع سنتی بستنی، بستنی های کم چرب از نظر طعم و کیفیت بافتی مقبولیت چندانی ندارند. به این دلیل تولید کنندگان بستنی اقدام به استفاده از انواعی از جایگزین های چربی شیر نموده اند که با خواست مصرف کنندگان مطابقت داشته باشد. جایگزین های چربی مناسب ساختار پروتئینی یا کربوهیدراتی داشته که پایه چربی نداشته اما تشکیل ذرات لیپوفیل را می‌دهند. از انواع این جایگزینهای چربی می‌توان به کنسانتره و ایزوله پروتئینی آب پنیر[1] (WPC, WPI)، کنسانتره پروتئین شیر[2] (MPC) و جایگزینهای چربی بر پایه کربوهیدرات نظیر انواع نشاسته ها اشاره کرد.

اینولین یک کربوهیدرات غیر قابل هضم حاوی فروکتوالیگو ساکاریدهای طبیعی و دارای خصوصیات فیبرهای رژیمی بوده که به دلیل خواص سلامتی بخشی و تکنولوژیکی خاص آن علاقه زیادی به مصرف آن وجود دارد. ویژگی اینولین به عنوان یک چربی تقلیدی به توانایی آن در پیوند باملولکول‌های آب و ایجاد یک شبکه ژل مانند مربوط می‌شود (۳).

گزارش شده که جایگزینی ماده خشک بدون چربی با کنسانتره های پروتئینی نظیر MPC، WPC و WPI، SPC[3] و SPI[4] در ترکیب بستنی، ویسکوزیته نمونه‌ها را به طور مشخصی افزایش می‌دهد(۵، ۱۰، ۱۶، ۱۹ و ۲۹).

النگر و همکاران (۲۰۰۲) در مطالعه اثر اینولین در سه غلظت ۵، ۷ و ۹ درصد بر خواص بافتی بستنی ماستی کم چرب به این نتیجه رسیدند که استفاده از اینولین منجر به کاهش سختی و افزایش چسبندگی نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد گردید در صورتی که اختلاف مشخصی بین نمونه‌های حاوی مقادیر مختلف اینولین وجود نداشت (۱۱).

آکالین[5] و همکاران (۲۰۰۸) استفاده از ایزوله پروتئین آب پنیر و اینولین را به عنوان جایگزین چربی در بستنی مورد مطالعه قرار دادند. استفاده از WPI باعث افزایش ویسکوزیته ظاهری، ضریب قوام و افزایش انحراف از رفتار نیوتنی گردید. استفاده از اینولین منجر به افزایش سختی گردید در صورتی که مقاومت به ذوب این نمونه‌ها کمتر از بستنی معمولی بود. هم‌چنین در گزارش دیگری ذکر شده که استفاده از اینولین در ترکیب بستنی کم چرب منجر به افزایش ویسکوزیته ظاهری و کاهش نقطه انجماد و هم‌چنین بهبود خواص حسی محصول می‌شود (۴).

سوکولیس و همکاران (۲۰۰۹) اثر فیبرهای رژیمی را بر خصوصیات رئولوژیک بستنی مطالعه کرده و نشان دادند که حضور فیبر در ترکیبات نامحلول به طور معناداری ویسکوزیته ظاهری و رفتار رقیق شوندگی با برش را در بستنی افزایش می‌دهد (۲۸).

اثر استفاده از اینولین بلند زنجیر بر خواص رئولوژیکی بستنی حاوی مقادیر مختلف چربی توسط کاراکا و همکاران (۲۰۰۹) بررسی شده و با دو نوع جایگزین چربی تجاری مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان داد که ویسکوزیته ظاهری نمونه‌های حاوی ۴٪ و ۶٪ اینولین مشابه بستنی معمولی بوده اما نمونه حاوی ۸٪ اینولین مقادیر ویسکوزیته ظاهری بالاتری نشان داد (۱۷). هم‌چنین آیکان و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که نمونه‌های بستنی کم چرب و فاقد چربی حاوی اینولین و یک نوع جایگزین چربی پروتئینی[6] ویسکوزیته ظاهری بالاتری در مقایسه با بستنی سبک (۴/۵۵٪ چربی) دارا می‌باشند (۶).

بیاری و همکاران (۲۰۱۰)، استفاده از λ-کاراگینان و اینولین را در ترکیب دسر لبنی کم چرب حاوی کربوکسی متیل سلولز مورد بررسی قرار دادند. طبق نتایج به دست آمده نمونه حاوی ۰/۰۳ درصد λ-کاراگینان و نمونه حاوی ۹ درصد اینولین خصوصیات

[1] Whey Protein Concentrate ,Whey Protein Isolate
[2] Milk Protein Concentrate
[3] Soy Protein Concentrate
[4] Soy Protein Isolate
[5] Akalin
[6] Simplesse R

Archive of SID

www.SID.ir

رئولوژیکی مشابه بستنی معمولی داشتند. هم‌چنین یکنواختی بافت و حالت خامه ای نیز در این نمونه‌ها مشابه نمونه شاهد بود (۷).

هدف از تحقیق حاضر، بررسی امکان استفاده از اینولین و کنسانتره پروتئینی شیر به عنوان جایگزین چربی در بستنی و بررسی اثر این جایگزینی بر خصوصیات رئولوژیکی و بافتی محصول است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

مواد مورد استفاده در ترکیب بستنی شامل شیر با ۱/۵ درصد چربی و ۸/۶ درصد ماده خشک بدون چربی (کارخانه لبنیات میهن)، خامه با ۳۰ درصد چربی (صنایع شیر پگاه مشهد)، شیر خشک با ۱/۳۲ درصد چربی و ۹۶/۱۶ درصد ماده خشک بدون چربی (کارخانه گلشاد مشهد)، اینولین با درجه خلوص ۹۶ درصد (شرکت مرک آلمان)، کنسانتره پروتئینی شیر (MPC ۶۵ درصد، صنایع شیر پگاه مشهد)، ترکیب پایدارکننده/امولسیفایر با کد تجاری IC-80 (شرکت روبرته فرانسه)، شکر و وانیلین (تهیه شده از فروشگاههای محلی) است.

۲-۲- تهیه بستنی

فرمولاسیون بستی شامل ۵٪ چربی، ۰، ۲ و ۴٪ اینولین یا کنسانتره پروتئینی شیر (mpc ۶۵ درصد) به عنوان جایگزین چربی، ۱۲ ٪ ماده جامد بدون چربی شیر[1](MSNF)، ۱۵٪ شکر، ۰/۴٪ ترکیب پایدارکننده/امولسیفایر با کد تجاری IC-80(شرکت روبرته فرانسه) و ۰/۱٪ وانیلین به عنوان طعم دهنده می‌باشد.

برای تهیه نمونه‌ها مقدار مورد نیاز از هر کدام از مواد اولیه شامل شیر (جهت تأمین ماده جامد بدون چربی و بخشی از چربی)، شیر خشک بدون چربی (جهت تأمین باقیمانده ماده جامد بدون چربی)، خامه (جهت تأمین باقیمانده چربی)، شکر، جایگزین چربی، پایدار کننده و طعم دهنده به روش موازنه جرم محاسبه و توزین شدند.

مقدار محاسبه شده خامه در دمای ۲۵°C به شیر اضافه شده و به مدت ۲ دقیقه با دور کند مخلوط کن هم زده می‌شود. سپس دمای مخلوط به۴۵°C رسانده شده و در این دما اجزاء جامد فرمول (شامل پودر شیر بدون چربی، شکر، جایگزین چربی و پایدارکننده) اضافه شده و به مدت ۲ دقیقه مخلوط شدند. مخلوط آماده شده در دمای۸۵°C به مدت ۵ دقیقه به طور غیر مستقیم پاستوریزه شده و بلافاصله با مخلوط یخ و نمک دمای آن به ۴°C رسانده شد. سپس وانیلین به مخلوط اضافه شده و نمونه‌ها برای طی دوره رساندن به مدت ۲۴ ساعت در یخچال در دمای ۴°C قرار داده شدند (۲۱).

بعد از طی دوره رساندن، مقدار مورد نیاز از مخلوط جهت انجام آزمون های ویسکومتری کنار گذاشته شده و بقیه در دستگاه بستنی ساز نوع غیر مداوم به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۱۸°C- منجمد شد. نمونه‌ها در ظروف ۵۰ گرمی بسته بندی شده و به مدت ۲۴ ساعت در فریزر برای طی دوره سخت شدن قرار گرفتند. اینولین و MPC ۶۵ درصد در ۳ سطح ۰، ۲ و ۴ درصد در ترکیب بستنی استفاده شده و کلیه نمونه‌ها در سه تکرار تولید شدند. بنابراین ۱۸ نمونه مورد آزمونهای زیر قرار گرفتند.

۲-۳-آزمون‌های مورد بررسی

۲-۳-۱- بررسی رفتار جریان مخلوط نمونه‌ها

به منظور اندازه‌گیری‌های رئولوژیک از ویسکومتر چرخشی بوهلین (مدل ویسکو ۸۸، شرکت بوهلین، انگلستان)[2]مجهز به سیرکولاتور حرارتی استفاده شد. اسپیندل (باب و کاپ) مناسب (C30) بر اساس ویسکوزیته مخلوط انتخاب شد. مخلوط بستنی پس از طی دوره رسیدن در کاپ دستگاه ریخته شده و توسط سیرکولاتور به دمای ۱۰°C رسانده شد. سپس دامنه مشخصی از آهنگ برشی (۱۴/۲ تا ۵۰۱/۷ بر ثانیه) اعمال گردید. ذکر آن ضروری است که ویسکومتر مذکور مجهز به نرم افزار کامپیوتری بوده که شرایط کاری ویسکومتر را کنترل می‌نمود. ویسکوزیته ظاهری در آهنگ برشی ۵۱/۸ بر ثانیه گزارش شد(۲۳).

۲-۳-۲- ارزیابی بافت نمونه‌های بستنی

سنجش بافت نمونه‌های بستنی یک روز پس از تولید با استفاده از دستگاه سنجش بافت (CNS Farnell, UK) متصل به کامپیوتر دارای نرم افزار Texture ProTM texture analysis انجام شد. آزمون نفوذ با استفاده از پروب از جنس فولاد ضد زنگ به قطر ۲cm با سرعت ۳mm/s و عمق نفوذ ۱۵mm انجام

[1]Milk Solid Non Fat

[2]Bohlin Model visco 88 (Bohlin Instruments, UK)

Archive of SID

www.SID.ir

شد. سختی[1] نمونه‌ها به عنوان حداکثر نیروی فشاری مورد نیاز در طول نفوذ بر حسب نیوتن و چسبندگی[2] به عنوان نیروی منفی مورد نیاز برای جدا کردن پروب از نمونه اندازه گیری شد (۴).

۲-٤- تجزیه و تحلیل آماری

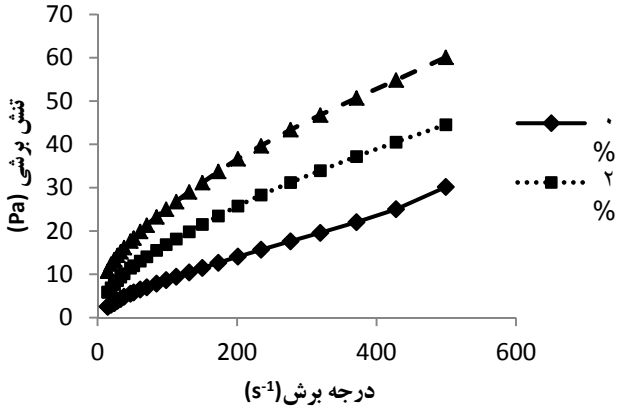
آنالیز واریانس نتایج آزمونها در قالب طرح دو فاکتوره بلوک های کامل تصادفی با نرم افزار Mstat-c انجام شد. جهت بررسی معنی داری اختلاف بین تیمارها، میانگین داده ها با آزمون چند دامنه ای دانکن مورد مقایسه قرار گرفتند. رسم منحنی ها با استفاده از نرم‌افزار Microsoft Excel 2007 انجام شد.

۳- نتایج و بحث

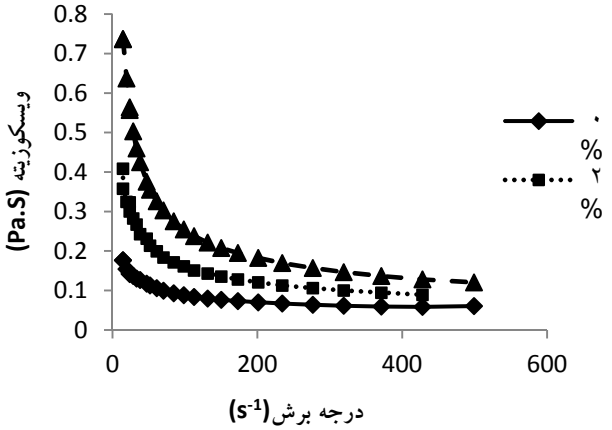
۳-۱-بررسی رفتار جریان نمونه‌های مخلوط بستنی

رئوگرام های به دست آمده برای مخلوط های بستنی حاوی mpc و اینولین در دمای ^{o}C ۱۰ در شکل های ۱ تا ۴ نشان داده شده است. در آزمایش های اولیه جهت تعیین نوع سیالات، ویسکوزیته مخلوط نمونه‌ها در یک آهنگ برشی خاص با زمان ثابت بوده و منحنی های افزایش سرعت برشی و کاهش سرعت برشی بر هم منطبق بودند. این نتایج مشخص کننده رفتار مستقل از زمان و غیر نیوتنی برای مخلوط همه نمونه‌ها بود. رفتار غیر نیوتنی مخلوط های بستنی پیش از این توسط گف و دیویدسون (۱۹۹۲) گزارش شده بود (۱۳).

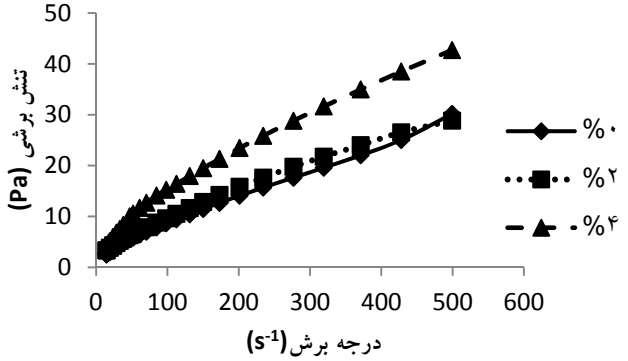
روند تغییرات ویسکوزیته ظاهری و تنش برشی در برابر آهنگ برشی بیانگر رفتار شبه پلاستیک اکثر مخلوط ها بود، یعنی ویسکوزیته ظاهری با افزایش آهنگ برشی کاهش یافت (شکل‌های ۳-۲ و ۳-۴). بروز چنین رفتاری به این دلیل است که مولکول‌ها در آهنگ های برشی پایین به صورت نامنظم آرایش پیدا می‌کنند و تنها به صورت جزئی هم راستا می‌باشند که این به ایجاد ویسکوزیته بالا منجر می‌شود. هنگامی که آهنگ برشی افزایش می‌یابد هم راستایی مولکول‌ها بیشتر می‌شود و در نتیجه اصطکاک داخلی افزایش یافته و ویسکوزیته ظاهری کاهش می‌یابد(۱۲ و ۲۵).



شکل ۱- تغییرات تنش برشی نسبت به آهنگ برشی در مخلوط بستنی با درصدهای مختلف mpc



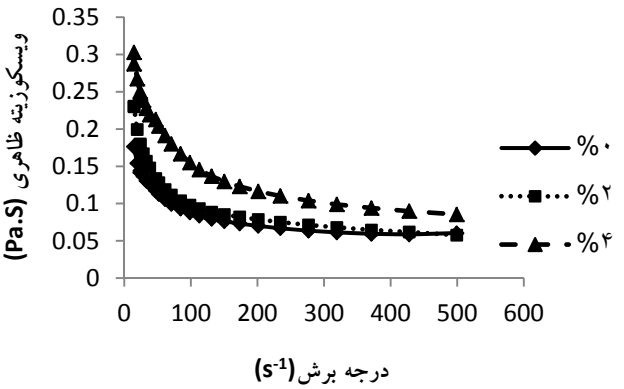
شکل ۲- تغییرات ویسکوزیته ظاهری نسبت به آهنگ برشی در مخلوط بستنی با درصدهای مختلف mpc



شکل ۳- تغییرات تنش برشی نسبت به آهنگ برشی در مخلوط بستنی با درصدهای مختلف اینولین

[1]Hardness
[2]Adhesiveness

www.SID.ir



شکل ٤- تغییرات ویسکوزیته ظاهری نسبت به آهنگ برشی در مخلوط بستنی با درصدهای مختلف اینولین

همان‌طور که از شکل های فوق بر می‌آید، برای هر دو نوع جایگزین چربی با افزایش سطح جایگزینی از صفر به ۲ و ۴ درصد، تنش برشی به کار رفته در هر آهنگ برشی و هم‌چنین مقدار ویسکوزیته ظاهری افزایش می‌یابد. ویسکوزیته ظاهری اولیه برای نمونه حاوی ۴ درصد mpc یا اینولین بالاتر از سایر نمونه‌ها بوده در حالی که شیب کاهش ویسکوزیته ظاهری با افزایش آهنگ برشی برای این نمونه نیز بیشترین بود به طوری که ویسکوزیته نهایی برای همه نمونه‌ها مشابه و در حدود یکدیگر بود. در این پژوهش مدل قانون توان برای تشریح رفتارهای رئولوژیک انتخاب شد:

$$\tau = k\gamma^{n}$$

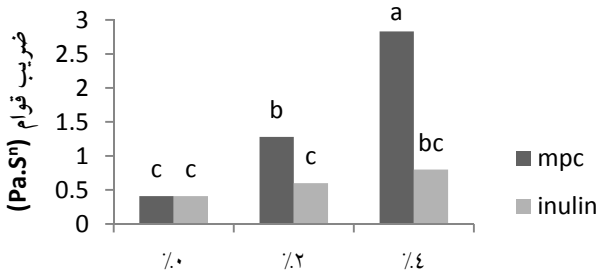
در رابطه فوق τ، تنش برشی (بر حسب Pa)، γ، آهنگ برشی (بر حسب s^{-1})، k ضریب قوام (بر حسب $Pa.s^{n}$) و n شاخص رفتار جریان می‌باشد.

مقادیر ضریب قوام، شاخص رفتار جریان و ضریب همبستگی (r^2) برای مدل برازش شده در مورد هر کدام از نمونه‌ها در جدول ۱ آورده شده است.

شاخص رفتار جریان در همه نمونه‌ها کمتر از ۱ بود که مؤید رفتار رقیق شونده با برش (شبه پلاستیک) مخلوط هاست (n=1 سیال نیوتنی، n<1 سیال سودوپلاستیک، n>1 سیال دایلاتانت). در مطالعات پیشین به طبیعت شبه پلاستیک مخلوط های بستنی اشاره شده بود(۹، ۱۴ و ۱۸).

۳-۱-۱-ضریب قوام

شکل ۵ ضریب قوام نمونه‌های مخلوط بستنی حاوی mpc و اینولین را نشان می‌دهد.



شکل ٥- ضریب قوام نمونه‌های مخلوط بستنی تحت اثر نوع و درصد جایگزین چربی

افزایش مقدار mpc باعث افزایش معناداری در ضریب قوام گردید($p<0.05$) به طوری که بالاترین ضریب قوام (۲/۸۳) برای نمونه حاوی ۴ درصد mpc به دست آمد. ضریب قوام نمونه‌های حاوی mpc به طور معناداری از نمونه‌های حاوی اینولین بالاتر بوده و افزایش مقدار اینولین اثر مشخصی بر ضریب قوام مخلوط بستنی نداشت ($p>0.05$).

ضریب قوام ملاکی برای اندازه گیری بافت مواد غذایی نیمه جامداست(۲۷). ایمی و همکاران (۲۰۰۱) ضریب قوام ۰/۰۷۳۳ تا ۱/۲۶۰ $pa.s^{n}$ را برای مخلوط های بستنی گزارش کردند (۲). هم‌چنین در تحقیقات میوس و هارتل (۲۰۰۴) و مینهاس و همکاران (۲۰۰۲) مقادیر ضریب قوام مخلوط‌های بستنی به ترتیب ۰/۰۷۳۳-۱/۲۶۰$pa.s^{n}$ و ۰/۲۱۱-۰/۱۴۵ $pa.s^{n}$ به دست آمد (۲۲ و ۲۴).

جدول۱- ضریب قوام، شاخص رفتار جریان و ضریب همبستگی (r^2) برای مدل برازش شده در مورد نمونه‌های مخلوط بستنی

	mpc			اینولین		
	٪۰	٪۲	٪۴	٪۰	٪۲	٪۴
ضریب قوام	۰/۴۱	۱/۲۸	۲/۸۳	۰/۴۱	۰/۶	۰/۸
شاخص رفتار جریان	۰/۶۷	۰/۵۷	۰/۴۸	۰/۶۷	۰/۶۲	۰/۶۴
ضریب همبستگی	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۹

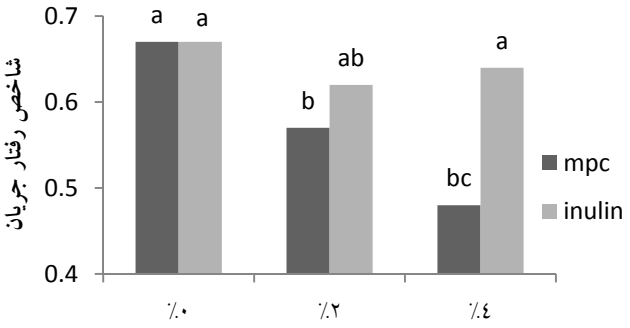
Archive of SID

www.SID.ir

۳-۱-۲- شاخص رفتار جریان

شاخص رفتار جریان نمونه‌های مخلوط بستنی با درصد های مختلف mpc و اینولین در شکل ۶ مورد مقایسه قرار گرفته است. بالاترین میزان شاخص رفتار جریان برای نمونه شاهد به دست آمد. کاربرد mpc در نمونه‌های بستنی به طور معناداری باعث کاهش مقدار n گردید($p<0.05$) که با افزایش مقدار mpc از ۲ به ۴ درصدمقدار آن کاهش بیشتری داشت. کاربرد اینولین در ترکیب بستنی و افزایش مفدار آن از ۲ به ۴ درصد اثر معناداری بر شاخص رفتار جریان نمونه‌ها نداشت($p>0.05$).

گف و دیویدسون (۱۹۹۴)، شاخص رفتار جریان مخلوط‌های بستنی را حدود ۰/۷ گزارش کردند (۱۴). باکاهش مقدارn، سودوپلاستیسیته افزایش می‌یابد.

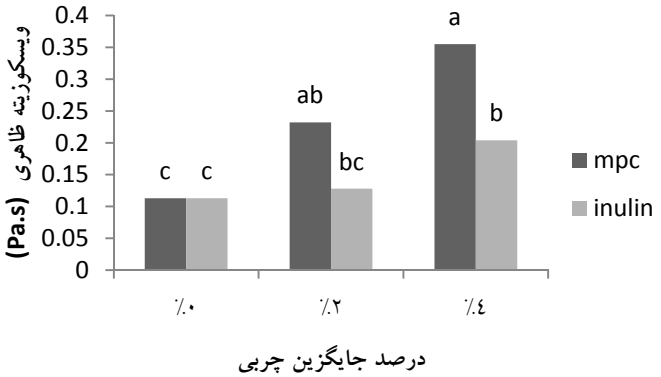


شکل ٦- شاخص رفتار جریان نمونه‌های مخلوط بستنی تحت اثر نوع و درصد جایگزین چربی

سوکولیس و همکاران (۲۰۰۹) در مطالعه اثر فیبرهای رژیمی بر خصوصیات رئولوژیک بستنی به این نتیجه رسیدند که حضور فیبر در ترکیبات نامحلول به طور معناداری ویسکوزیته و رفتار رقیق شونده با برش را در بستنی افزایش داده که علت آن افزایش ماده جامد کل و تشکیل شبکه ای از سلولز وهمی سلولز هیدراته بود(۲۸).

۳-۱-۳- ویسکوزیته ظاهری

شکل ۷ اثر نوع و مقدار جایگزین چربی را بر ویسکوزیته ظاهری نمونه‌های مخلوط بستنی نشان می‌دهد. همانطور که از شکل مشخص است، ویسکوزیته ظاهری نمونه‌های حاوی mpc به طور معناداری از نمونه‌های حاوی اینولین بالاتر است($p<0.05$). هم‌چنین با افزایش درصد جایگزینی برای هر دو نوع ترکیب، مقدار ویسکوزیته ظاهری افزایش می‌یابد به طوری که بالاترین مقدار ویسکوزیته ظاهری (۰/۳۵۵) برای نمونه حاوی ۴ درصد mpc به دست آمد.



شکل ۷- ویسکوزیته ظاهری نمونه‌های مخلوط بستنی تحت اثر نوع و درصد جایگزین چربی

گزارش شده که جایگزینی ماده خشک بدون چربی با کنسانتره‌های پروتئینی نظیر MPC، WPC و WPI، SPC[1] و SPI[2] در ترکیب بستنی، ویسکوزیته ظاهری نمونه‌ها را به طور مشخصی افزایش می‌دهد(۵، ۱۰، ۱۶، ۱۹ و ۲۹). اداپا و همکاران (۲۰۰۰) خصوصیات رئولوژیک بستنی با درصد های مختلف چربی و دو نوع جایگزین چربی بر پایه کربوهیدرات و بر پایه پروتئین را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که مقدار چربی و درجه ناپایدار شدن چربی، الاستیسیته بستنی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. افزودن جایگزین های چربی اثری روی خواص الاستیک بستنی نداشته اما خواص ویسکوز آن را افزایش می‌دهد (۱).

اثر استفاده از اینولین بلند زنجیر بر خواص رئولوژیکی بستنی حاوی مقادیر مختلف چربی توسط کاراکا و همکاران (۲۰۰۹) بررسی شده و با دو نوع جایگزین چربی تجاری مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان داد که ویسکوزیته ظاهری نمونه‌های حاوی ۴٪ و ۶٪ اینولین مشابه بستنی معمولی بوده اما نمونه حاوی ۸٪ اینولین مقادیر ویسکوزیته ظاهری بالاتری نشان داد (۱۷). هم‌چنین آیکان و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که نمونه‌های بستنی کم چرب و فاقد چربی حاوی اینولین و یک نوع جایگزین چربی پروتئینی ویسکوزیته ظاهری بالاتری در مقایسه با بستنی سبک (۴/۵۵٪ چربی) دارا می‌باشند (۶).

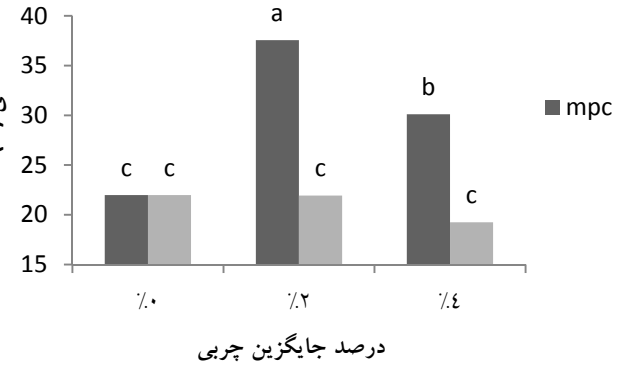
[1] Soy Protein Concentrate
[2] Soy Protein Isolate

Archive of SID
www.SID.ir

بیاری و همکاران (۲۰۱۰)، استفاده از λ-کاراگینان و اینولین را در ترکیب دسر لبنی کم چرب حاوی کربوکسی متیل سلولز مورد بررسی قرار دادند. طبق نتایج به دست آمده نمونه حاوی ۰/۰۳ درصد λ-کاراگینان و نمونه حاوی ۹ درصد اینولین خصوصیات رئولوژیکی مشابه بستنی معمولی داشتند. هم‌چنین یکنواختی و حالت خامه ای نیز در این نمونه‌ها مشابه نمونه شاهد بود (۷).

۳-۱-٤- سختی

شکل ۸ مقادیر سختی نمونه‌های بستنی را تحت اثر نوع و درصد جایگزین چربی نشان می‌دهد. در مورد نمونه‌های حاوی mpc افزایش مقدار آن تا سطح ۲ درصد باعث افزایش سختی نمونه‌ها گردید اما افزایش بیشتر، سختی نمونه‌ها را به طور معناداری کاهش داد ($p<0.05$). بالاترین مقدار سختی برای نمونه حاوی ۲ درصد mpc به دست آمد در حالی که بین نمونه‌های حاوی اینولین و نمونه شاهد اختلاف مشخصی در میزان این ویژگی وجود نداشت ($p>0.05$).

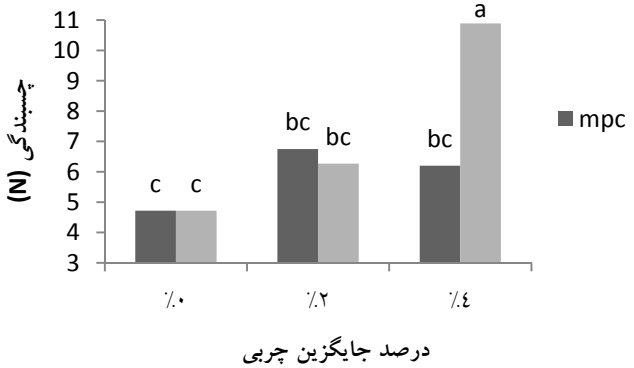


شکل ۸- سختی نمونه‌های بستنی تحت اثر نوع و درصد جایگزین چربی

گزارش شده است که استفاده از ۴٪ اینولین یا ۴٪ WPI در ترکیب نمونه‌های بستنی حاوی ۶٪ و ۴٪ چربی منجر به افزایش سختی نمونه‌ها در مقایسه با بستنی معمولی (۱۰٪ چربی) می‌گردد (۴). تیمار WPC با فشار هیدروستاتیک بالا منجر به افزایش سختی در نمونه‌های بستنی حاوی این جایگزین چربی در مقایسه با نمونه‌های حاوی WPC تیمار نشده می‌گردد (۲۰). در عین حال گزارش شده است که کاربرد جایگزین های چربی در بستنی منجر به کاهش سختی نمونه‌ها می‌گردد (۱۷ و ۲۶). درگزارش دیگری آمده است که میزان چربی اثر مشخصی بر سفتی بستنی ندارد (۲).

۳-۱-۵- چسبندگی

مقایسه مقادیر چسبندگی نمونه‌های بستنی حاوی سه سطح mpc و اینولین نشان می‌دهد که با افزایش مقدار اینولین میزان چسبندگی به طور معناداری افزایش یافته ($p<0.05$) در حالی که میزان چسبندگی نمونه‌های حاوی mpc در حدود یکدیگر بود و اختلاف مشخصی با نمونه شاهد نداشت ($p>0.05$) (شکل ۹). بالاترین مقدار چسبندگی (۱۰/۸۹) برای نمونه حاوی ۴ درصد اینولین به دست آمد.



شکل ۹- چسبندگی نمونه‌های بستنی تحت اثر نوع و درصد جایگزین چربی

النگر و همکاران (۲۰۰۲) در مطالعه اثر اینولین در سه غلظت ۵، ۷ و ۹ درصد بر خواص بافتی بستنی ماستی کم چرب به این نتیجه رسیدند که استفاده از اینولین منجر به کاهش سختی و افزایش چسبندگی نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد گردید در صورتی که اختلاف مشخصی بین نمونه‌های حاوی مقادیر مختلف اینولین وجود نداشت (۱۱). در عین حال آکالین و ایرایزر (۲۰۰۸) گزارش کردند که کاربرد اینولین در ترکیب بستنی کم چرب پروبیوتیک منجر به افزایش سفتی و بهبود خواص ذوبی آن می‌شود (۳).

٤- نتیجه‌گیری

مخلوط نمونه‌های بستنی حاوی mpc و اینولین به عنوان جایگزین چربی در سه سطح دارای رفتار رقیق شونده با برش بوده و ویسکوزیته آنها با افزایش آهنگ برشی کاهش یافت. استفاده از اینولین و mpc و افزایش میزان آنها منجر به افزایش ضریب قوام و ویسکوزیته ظاهری و کاهش شاخص رفتار جریان نمونه‌ها گردید. استفاده از اینولین در ترکیب بستنی و افزایش مقدار آن باعث کاهش سختی و افزایش چسبندگی نمونه‌ها گردید در حالی که بین نمونه‌های حاوی mpc اختلاف مشخصی بین مقادیر

Archive of SID

www.SID.ir

چسبندگی وجود نداشت. سختی نمونه حاوی ۲٪ mpc به طور معناداری از سایر نمونه‌ها بالاتر بود.

۵- منابع

1- Adapa, S., Dingeldein, H., Schmidt, K. A., and Herald, T. J. 2000. Rheological properties of ice cream mixes and frozen ice creams containing fat and fat replacers.*Journal of Dairy Science*, 83: 2224-2229.

2- Aime, D. B., Arntfield, S. D., Malcolmson, L. J., and Ryland, D. 2001. Textural analysis of fat reduced vanilla ice cream products.*Food Research International*, 34: 237-246.

3- 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): 184-188.

4. Akalin, A.S., Karagözlü, C., and Ünal, 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.

5- Alvarez, V. B., Wolters, C. L., Vodovotz, Y., and Ji, T. 2005. Physical properties of ice cream containing milk protein concentrates.*Journal of Dairy Science*, 88 (3): 862-871.

6- Aykan, V., Sezgin, E., and Guzel-Seydim, Z. B. 2008. Use of fat replacers in the production of reduced-calorie vanilla ice cream.*European Journal of Lipid Science and Technology*, 110(6): 516-520.

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

8- Chinnan M. S., McWaters K. H., and Rao V. N. M. 1985. Rheological characterization of grain legume pastes and effect of hydration time and water level on apparent viscosity.*Journal of Food Science*, 50: 1167-1171.

9- Cottrel J. I. L., Pass G., and Phillips G. O. 1980. The effect of stabilizers on the viscosity of an ice cream mix.*Journal of the Science of Food and Agriculture*, 31: 1066-1070.

10- Dervisoglu, M., Yazici, F., and Aydemir, O. 2005. The effect of soy protein concentrate addition on the physical, chemical, and sensory properties of strawberry flavoured ice cream.*European Food Research and Technology*, 221: 466-470.

11- 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(2): 89-93.

12- Glicksman, M. 1982. *Food Hydrocolloids.* Boca Raton, Florida: CRC Press Inc.,pp. 68–75.

13- Goff H. D., and Davidson V. J. 1992. Flow characteristics and holding time calculations of ice cream mixes in HTST holding tubes. *Journal of Food Protection*, 55: 34-37.

14.Goff H. D., and Davidson V. J. 1994. Controlling the viscosity of ice cream mixes at pasteurization temperatures.*Modern Dairy*, 73: 12-14.

15- Guven, M., and Karaca, O. B. 2002.The effects of varying sugar content and fruit concentration on the physical properties of vanilla and fruit ice-cream-type frozen yogurts. *International Journal of Dairy Technology*, 55: 27-31.

16- Herald, T. J., Aramouni, F. M., and Abu-Ghoush, M. H. 2008. Comparison study of egg yolks and egg alternatives in french vanilla ice cream.*Journal of Texture Studies*, 39: 284-295.

17- Karaca, O. B., Guven, M., Yasar,K., Kaya, S., and Kahyaoglu, T. 2009. The functional, rheological and sensory characteristics of ice cream with various fat replacers.*International Journal of Dairy Technology*, 62: 93-99.

18- 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.

19- Lee, F. Y., and White, C. H. 1991. Effect of ultrafiltration retentates and whey protein concentrates on ice cream quality during storage. *Journal of Dairy Science*, 74: 1170-1180.

20- Lim, S. Y., Swanson, B. G., Ross, C. F., and Clark, S. 2008. High hydrostatic pressure modification of whey protein concentrate for improved body and texture of lowfat ice cream. *Journal of Dairy Science*, 91(4): 1308-1316.

21- Marshal, R. T., and Arbukel, W. S. 1996. *Ice cream*, Chapman & Hall Press, pp.305-308.

22- Minhas K. S., Sidhu J. S., Mudahar G. S., and Singh A. K. 2002. Flow behaviour characteristics of ice cream mix made with buffalo milk and various stabilizers. *Plant Food Human and Nutrition*,57: 25-40.

23-Morris, E. R. 1983.*Rheology of hydrocolloids*. In: Gums and stabilizers for the food industry, VolII. Pergamon Press, Oxford, UK, pp. 73-95.

24- 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.

Archive of SID

www.SID.ir

25- Rha C. 1975.*Theories and principles of viscosity*. In C. Rha (Ed.), "Theory determination and control of physical properties of food materials".Dordreretch, The Netherlands: Reidel.pp.123-141.

26- Roland, A. M., Phillips, L. G., Boor, K. J. 1999. Effects of fat content on the sensory properties, melting, color, and hardness of ice cream1.*Journal of Dairy Science*, 82:32-38.

27-Sopade P. A., and Kassum A. L. 1992. Rheological characterization of akamu a semi-fluid food From maize millet and sorghum. *Journal of Cereal Science*, 15: 193-202.

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

29-Thampson, L. U., Reniers, D. J., Baker, L. M., and Siu, M. 1983.succinylated whey protein concentrates in ice cream and instant puddings.*Journal of Dairy Science*, 66: 1630-1637.

Archive of SID

www.SID.ir