نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی/ جلد ۲۴ شماره ۲/ سال ۱۳۹۳

ویژگی‌های رئولوژیکی و بافتی بستنی حاوی صمغ دانه شاهی

احسان سقایی شهری*[۱]، حجت کاراژیان[۲] و عبدالرضا محمدی نافچی[۳]

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۵/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۰/۲۵

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی شیمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شاهرود
[۲] استادیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تربت حیدریه و عضو باشگاه پژوهشگران جوان تربت حیدریه
[۳] استادیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان
*مسئول مکاتبه: Email: ehsansaghaee@yahoo.com

چکیده

هیدروکلوئید دانه شاهی بعنوان یک منبع جدید پایدار کننده انتخاب شد و در فرمولاسیون بستنی مورد استفاده قرار گرفت. نمونه های بستنی حاوی، ۰/۱ ، ۰/۲ ، ۰/۳ و ۰/٤ در صد صمغ تولید شدند. ویژگی‌های رئولوژیکی با استفاده از ویسکومتر دورانی و ویژگیهای بافتی نمونه های تولید شده با استفاده از دستگاه آنالیز پروفیل بافت مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تمامی نمونه‌های مخلوط بستنی رفتار غیرنیوتنی و مشخصا سودوپلاستیک از خود نشان می‌دهند. مدل قانون توان کاملاً جهت توصیف رفتار جریان نمونه‌های بستنی مناسب بود و افزایش در غلظت صمغ همراه با کاهش شاخص رفتار جریان بود و ضریب قوام که بعنوان معیاری از طبیعت ویسکوزیته ماده غذایی است با افزایش غلظت صمغ افزایش پیدا کرد. افزایش زمان ماندگاری، باعث سخت‌تر شدن بافت نمونه‌ها شد ولی افزودن صمغ چسبندگی بستنی را در مقایسه با نمونه‌های فاقد آن کاهش داد. این تحقیق نشان داد که می‌توان از هیدروکلوئید دانه شاهی به عنوان پایدار کننده در بستنی استفاده نمود.

واژگان کلیدی: بستنی، دانه شاهی، ویژگی‌های رئولوژیکی، ویژگیهای بافتی

مقدمه

بستنی که یکی از شناخته شده‌ترین و مطلوب‌ترین دسرهای غذایی باشد، کف منجمدی است که از ذرات چربی به هم پیوسته به صورت جزئی، حباب های هوا، بلورهای یخ و یک فاز پیوسته آبی (سرم) تشکیل شده است که در آن پلی ساکاریدها، پروتئین‌ها، لاکتوز و نمک‌های معدنی پراکنده شده‌اند. بافت بستنی به فاکتورهای زیادی مانند حالت تجمعی گلبول‌های چربی، مقدار هوا، اندازه حباب های هوا، ویسکوزیته فاز آبی، اندازه و حالت تجمعی بلورهای یخ بستگی دارد. دستیابی به کیفیت مطلوب در بستنی از طریق اعمال روش‌های تولید و فرمولاسیون مناسب امکان‌پذیر است (بهرام پرور و مظاهری تهرانی ۲۰۱۱).

Archive of SID

www.SID.ir

پایدار کننده‌های هیدروکلوئیدی یکی از ترکیبات مهم بستنی هستند که به منظور بهبود نرمی بافت، ایجاد محصولی یکنواخت، افزایش مقاومت به ذوب مطلوب، جلوگیری از جدا شدن سرم، تولید کف پایدار، کاهش مهاجرت رطوبت از محصول به بسته‌بندی یا هوا، جلوگیری از ایجاد چروکیدگی طی نگهداری و امکان حمل ونقل مناسب به کار می‌روند. البته می‌توان مهم‌ترین نقش این ترکیبات در بستنی را ممانعت از رشد کریستال‌های یخ در طول نوسانات دمایی در دوره نگهداری دانست (گف و ساهاجیان ۱۹۹۶).

تاکنون پژوهش‌های زیادی در مورد استفاده از پایدار کننده‌ها در بستنی یا سیستم‌های مدل آن انجام شده است.

گف و همکاران (۱۹۹۳) اثر پایدار کننده‌ها را بر ویژگی‌های حرارتی محلول‌های کربوهیدارتی و همچنین بستنی مطالعه نمودند. ونگ و همکاران (۱۹۹۸) اثرات صمغ‌های کربوکسی متیل سلولز و گوار را بر توزیع بلورهای یخ در محلول ساکارز-لاکتوز مورد بررسی قرار دادند. نتایج این مطالعه پیشنهاد می‌کند که این دو هیدروکلوئید به صورت بارزی اثرات متفاوتی در توزیع کریستال یخ نشان می‌دهند. بائر و همکاران (۱۹۹۹) اثر صمغ هیدروکسی‌پروپیل‌متیل سلولز و امولسیفایرهای آلفا منوگلیسرید ۵۲ درصد و آلفا منوگلیسرید ۷۲ درصد را بر بستنی بدون چربی مطالعه کردند. نتایج تفاوت‌هایی در قابلیت زدن و مقاومت به شوک حرارتی بین تیمارها نشان داد، اما هیچ اختلافی در سرعت ذوب دیده نشد. در سال ۲۰۰۰ ارتباط بین ویسکوالاستیسیته مخلوط بستنی و رشد بلور یخ در آن توسط بولیگر و همکارانش بررسی شد. کوآسی و همکاران (۲۰۰۲) اثر K– کاراجینان را بر کریستالیزاسیون و فعالت اینورتاز در سیستم‌های لاکتوز- ساکارز مورد مطالعه قرار دادند. نتایج بیانگر تاخیر کریستالیزاسیون در سیستم محتوی کاراجینان بودند و پیشنهاد شد که احتمالاً اثر این ترکیب جلوگیری از تشکیل بلورها نیست، بلکه رشد آنها را به تاخیر می‌اندازد. به نظر می‌رسید که احتمالاً کاراجینان مقدار تبلور را از طریق ایجاد درهم‌تنیدگی مولکولی محدود می‌کند. مینهاس و همکاران (۲۰۰۲) خصوصیات رئولوژیکی آمیخته‌های بستنی تهیه شده با شیر بوفالو و پایدار کننده‌های مختلف با منشا گیاهی را بررسی نمودند. سطوح بهینه این پایدار کننده‌ها (ژلاتین ، آلژینات سدیم، صمغ عربی، گوار، قاطی [1]و کارایا) با هدف تولید محصولی با کیفیت قابل قبول استفاده شدند. ریگاند و گف (۲۰۰۲) اثر بیوپلیمرها را بر ساختار و تبلور مجدد یخ در سیستم‌های مدل بستنی که به صورتی دینامیکی منجمد شده بودند، مورد مطالعه قرار دادند. به این منظور رشد بلور یخ و ریزساختار محلول‌های شکر تهیه شده با پایدار کننده‌های مختلف (کربوکسی متیل سلولز، صمغ گزانتان، صمغ لوبیای لوکاست و ژلاتین) با یا بدون مواد جامد بدون چربی شیر پس از انجماد مورد مطالعه قرار گرفتند. فرناندز و همکاران (۲۰۰۷) اثرات صمغ‌های گوار، گزانتان و لوبیای لوکاست را روی تبلور محلول ساکارز منجمد بررسی کردند. هررا و همکاران (۲۰۰۷) ویژگی‌های حرارتی، مکانیکی و رهایی مولکولی محلول‌های فروکتوز و ساکارز منجمد محتوی هیدروکلوئیدهای گزانتان، گوار و صمغ لوبیای لوکاست را مورد مطالعه قرار دادند. هیدروکلوئیدها سهولت حرکت مولکولی را در هر دو محلول ساکارز و فروکتوز کم کردند. طبق نتایج این تحقیق حداقل بخشی از نقش پایدار کنندگی هیدروکلوئیدها را می‌توان به تاثیر آنها براختلال در تسهیل حرکت مولکولی و کنترل بعدی فرآیندهای وابسته به انتشار مثل تبلور نسبت داد. سوکولیس و همکاران (۲۰۰۸) عملکرد هیدروکلوئیدهای کربوکسی متیل سلولز، گوار، سدیم آلژینات و گزانتان به عنوان پایدار کننده اولیه و k– کاراجینان به عنوان پایدار کننده ثانویه را در بستنی مورد مطالعه قرار دادند.

[1] Gum Ghatti

Archive of SID

www.SID.ir

همچنانکه اشاره شد تاکنون صمغ‌های تجاری زیادی از جمله آلژینات‌ها، ژلاتین، صمغ عربی، گوار، کارایا، لوبیای لوکاست، کاراجینان‌ها و کربوکسی متیل سلولز در فرمولاسیون بستنی استفاده شده‌اند (مارشال و همکاران ۲۰۰۳). با توجه به عملکرد و ویژگی‌های اختصاصی هر پایدار کننده و برای استفاده از اثر سینرژیستی موجود، امروزه از ترکیب آن‌ها به همراه امولسیون کننده ها در مخلوط‌های تجاری پایدار کننده- امولسیون کننده استفاده می‌شود. برخی صمغ‌های بومی کشورهای مختلف منجمله ثعلب و صمغ دانه بالنگو، آچی و اگبونو نیز در فرمولاسیون بستنی به کار برده شده‌اند. اما به دلیل اهمیت و نقش این ترکیبات هنوز تلاش جهت یافتن منابع جدیدی از پایدار کننده‌ها به منظور ایجاد بهترین کیفیت ادامه دارد (بهرام پرور و مظاهری تهرانی ۲۰۱۱).

در ایران به دلیل وفور منابع گیاهی، ترکیبات پلی‌ساکاریدی جدید فراوانی یافت می‌شود که با توجه به عدم وجود اطلاعات کافی از خصوصیات این صمغ‌های بومی، ضرورت بررسی فرایند استخراج، تعیین ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و عملکردی آن‌ها بیش از پیش احساس می‌گردد.

صمغ دانه‌شاهی با توجه به خواص عملکردی مناسب مانند وجود تنش تسلیم، ویسکوزیته بالا و رفتار سودوپلاستیک (کاراژیان و همکاران، ۲۰۰۹) قابلیت استفاده به عنوان پایدار کننده بستنی را دارا می‌باشد. لذا هدف عمده این پژوهش بررسی عملکرد آن در بستنی می باشد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش شیر استریلیزه و هموژنیزه (۳درصد چربی) و خامه پاستوریزه و هموژنیزه (۳۰ درصد چربی) از شرکت صنایع لبنی پگاه خراسان تهیه گردیدند. شیرخشک بدون چربی از کارخانه شیر خشک مولتی مشهد، شکر و وانیل از فروشگاه‌های محلی خریداری شدند.امولسیون کننده ها E471 که ترکیبی است از منو و دی‌گلیسرید تهیه و صمغ دانه شاهی با استفاده از روش بهینه استخراج آن تولید گردید (کاراژیان و همکاران، ۲۰۱۱).

تهیه بستنی

فرمولاسیون مورد استفاده در تهیه بستنی شامل ۱۰ درصد چربی شیر، ۱۵ درصد شکر، ۱۱ درصد ماده خشک بدون چربی، ۰/۱ درصد وانیل، ۰/٤-۰/۱ درصد پایدارکننده و ۰/۱۵ درصد امولسیفایر بود.

آزمایشات ویسکومتری

به منظور اندازه‌گیری‌های رئولوژیکی از ویسکومتر چرخشی بوهلین مجهز به سیر کولاتور حرارتی استفاده شد (Bohlin Model Visco 88, Bohlin Instruments, UK). اسپیندل مناسب (کاپ و باب cup & Bob) براساس ویسکوزیته مخلوط انتخاب گردید.

بافت‌سنجی

برای انجام آزمون، نمونه‌های نگهداری شده در فریزر بمدت ٥ دقیقه در دمای محیط قرار گرفتند. آنالیز بافت با استفاده از دستگاه Texture Analyzer مدل CNS Farnell Com, UK باپروبی به قطر ٦ میلیمتر از جنس استیل ضدزنگ انجام شد. به این منظور، دستگاه برای ثبت نیروی مورد استفاده برای نفوذ به عمق ۱۵ میلیمتر نمونه با سرعت ۲mm/s تنظیم شد. بیشترین نیروی تراکمی طی نفوذ بعنوان سختی[2] و سطح بیشترین نیروی منفی طی برگشت پروب بعنوان چسبندگی[3] درنظر گرفته شد (الناگار و همکاران ۲۰۰۲). مدول ظاهری الاستیسیته[4] بعنوان بخشی از منحنی که شاخص جزء الاستیک ماده است و قوام[5] بصورت سطح زیرمنحنی تا رسیدن به تغییر شکل تعریف شدند (احمد و همکاران ۲۰۰۵؛ آنجیولونی و کولار ۲۰۰۹).

[2] Hardness
[3] Adhesiveness
[4] Apparent modulus of elasticity
[5] Consistency

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج و بحث

ویسکوزیته ظاهری

آگاهی از مقادیر ویسکوزیته، علاوه بر کمک به تعیین مناسب‌ترین فرمولاسیون بستنی، در انتخاب پمپ مناسب جهت انتقال و طراحی تجهیزات مورد نیاز حائز اهمیت است. ویسکوزیته همچنین عامل مهمی در سرعت خامه‌ای شدن، نرخ انتقال جرم و حرارت و شرایط جریان شیر و فرآورده‌های لبنی است. بعلاوه ویسکوزیته مخلوط بستنی بعنوان یک صفت کلیدی تأثیرگذار بر پیکره و بافت محصول نهایی درنظر گرفته می‌شود (استنلی و همکاران، ۱۹۹۶). علیرغم بررسی‌های صورت گرفته در مورد دلایل و آثار ویسکوزیته، هنوز گزارشی قطعی مبنی بر مقدار مطلوب آن در بستنی ارائه نشده است. بطور کلی نتایج تحقیقات پیشین نشان می‌دهد که با افزایش ویسکوزیته، مقاومت به ذوب و نرمی بافت افزایش و سرعت زدن کاهش می‌یابد. ویسکوزیته مخلوط تحت تأثیر ترکیبات تشکیل‌دهنده به خصوص چربی و پایدارکننده، نوع و کیفیت اجزاء، فرآوری و حمل ونقل مخلوط و غلظت و دما می‌باشد.

جدول ۱- مقادیر ویسکوزیته ظاهری در بستنی‌های حاوی غلظت‌های مختلف صمغ دانه شاهی در سرعت برشی ۱۱۳ بر ثانیه

نمونه	ویسکوزیته ظاهری (Pa.s)
شاهد	۰/۲٤۷
۰/۱ ٪	۰/۲٦٦
۰/۲ ٪	۰/٤۸۰
۰/۳ ٪	۰/۸۰۰
۰/٤ ٪	۰/۸٦۲

مقدار ویسکوزیته مخلوط بستنی بین ۰/۲٤۷ و ۰/۸٦۲ پاسکال ثانیه[6] متغیر بود که به ترتیب به نمونه شاهد (بدون صمغ) و نمونه حاوی غلظت ۰/٤٪ صمغ تعلق داشت. با توجه به نقش پایدارکننده در افزایش ویسکوزیته مخلوط بستنی، با افزایش مقدار این ترکیبات، ویسکوزیته زیاد شد (جدول ۱). مقدار ویسکوزیته در این تحقیق در تأیید یافته‌های سایر محققین بود (پرینديویل و همکاران ۱۹۹۹؛ کایاوتکین ۲۰۰۱؛ الورز و همکاران ۲۰۰۵؛ سوکولیس و همکاران ۲۰۰۸).

علت استفاده از سرعت برشی $۱۱۳s^{-1}$ در اندازه‌گیری ویسکوزیته ظاهری این است که با سرعت پمپ‌کردن برای عملیات صنعتی همخوانی دارد. نتایج نشان می‌دهد که ویسکوزیته بستنی تحت تأثیر افزایش غلظت صمغ تشدید می‌شود.

شکل ۱ نمونه‌ای از رئوگرام بستنی‌های مورد مطالعه در دمای $۵\ ^{\circ}C$ می‌باشد. همچنانکه مشاهده می‌شود تمامی نمونه‌های بستنی رفتار غیرنیوتنی از خود نشان می‌دهند. ویسکوزیته ظاهری تمام نمونه‌های بستنی با افزایش سرعت برشی کاهش می‌یابد (شکل ۲) که مبین این نکته است که تمامی نمونه‌ها رفتار سودوپلاستیک از خود نشان می‌دهند، کاهش در ویسکوزیته با افزایش سرعت برشی بعلت افزایش در جریان قرارگیری ملکول های سیستم است. همچنین گزارش شده است که نمونه‌های بستنی ویژگیهای رفتاری غیرنیوتنی از خود نشان می‌دهند (گف و داویدسون ۱۹۹۲)، که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد.

مدل‌سازی پارامترهای رئولوژیکی

مدل قانون توان بطور گسترده‌ای برای سیالات غیرنیوتنی مورد استفاده قرار می‌گیرد (بارنز و همکاران ۱۹۸۹). در این تحقیق این مدل (رابطه ۱) جهت توصیف رفتارهای رئولوژیکی استفاده شد،

$$\tau = k\gamma^n \qquad \text{رابطه (۱)}$$

در این رابطه τ تنش برشی (Pa)، k ضریب قوام ($Pa.s^n$)، $\dot{\gamma}$ سرعت برشی ($1/s$) و n شاخص رفتار جریان می‌باشد.

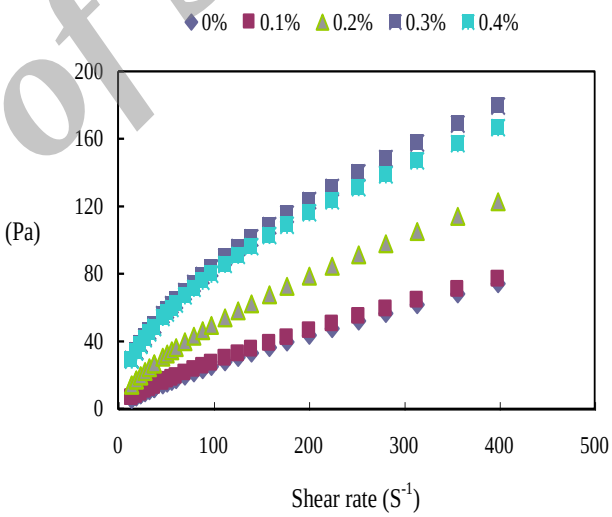
پارامترهای بدست آمده برای مدل قانون توان در جدول ۲ آورده شده است. مشاهده می‌شود که ضریب

[6] $1\ cp=10^{-3}\ Pa.s$

Archive of SID

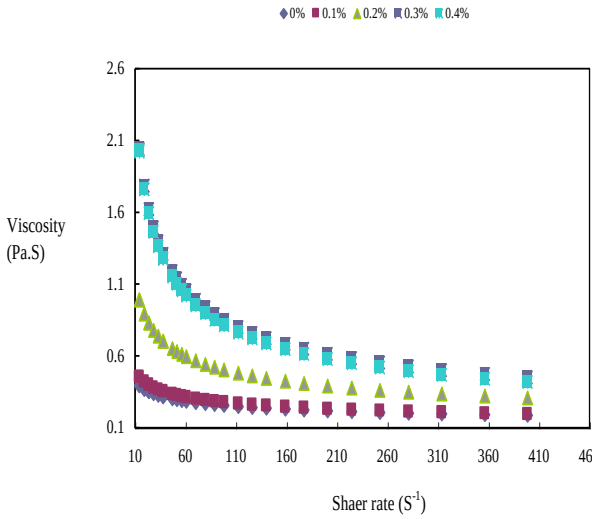
www.SID.ir

همبستگی بدست آمده بین داده‌های آزمایشگاهی و مقادیر پیش‌بینی شده بسیار بالا است که تأیید می‌کند که مدل قانون توان کاملاً جهت توصیف رفتار جریان نمونه‌های بستنی مناسب است. در این تحقیق مقادیر پارامتر n بین ۰/۵۲۶ تا ۰/۷۷۶ متغیر بود. شاخص رفتار جریان برای نمونه‌های مخلوط بستنی حدود ۰/۷ بدست آمده است (گف و داویدسون ۱۹۹٤). کوترال و همکاران (۱۹۸۰) نشان دادند که مقادیر n برای مخلوط بستنی‌ها در حدود ۰/۹۸–۰/٦۸ برای صمغ گوار و ۰/۸۸–۰/٤۸ برای صمغ لوبیای اقاقیا قرار داشت. کایا و تکین (۲۰۰۱) مقادیر n را برای نمونه‌های بستنی حاوی صمغ ثعلب (غلظت ۱٪–۰/٤) حدود ۰/۹٦–۰/۷۷ گزارش کردند.



شکل ۱- رئوگرام نمونه های بستنی حاوی صمغ دانه شاهی

مینهاس و همکاران (۲۰۰۲) ذکر کردند که مقادیر n نمونه‌های بستنی حاوی پایدارکننده‌های مختلف بین ۰/۹۳–۰/۷٤ است. هر چه مقدار n کوچکتر باشد انحراف از رفتار نیوتنی شدیدتر است و از این رو سودوپلاستیسیته بیشتر است (چینان و همکاران ۱۹۸۵). افزایش در غلظت صمغ همراه با کاهش شاخص رفتار جریان بود. (جدول ۲).



شکل ۲- منحنی تغییرات ویسکوزیته نمونه های بستنی حاوی صمغ دانه شاهی

نتایج این تحقیق با نتایج پژوهشهای قبلی همخوانی دارد (کوترال و همکاران ۱۹۸۰؛ کایا و تکین ۲۰۰۱). گزارش شده است که برای یک صمغ دلخواه، مقادیر شاخص رفتار جریان و تغییرات آن با غلظت بشدت به وزن ملکولی بستگی دارد (مارکوته و همکاران ۲۰۰۱). تحقیقات نشان داده است که رفتار غیرنیوتنی زمانی اهمیت دارد که شاخص رفتار جریان کمتر از ۰/٦ باشد (مولر و همکاران ۱۹۹٤؛ چینان و همکاران ۱۹۸۵). این خصوصیت در فرمولاسیون امولسیونهای روغن در آب اهمیت فراوانی دارد و با وجود اینکه امولسیون در هنگام خروج از ظرف به راحتی جریان پیدا می‌کند، اما از جداشدن ذرات در اثر نیروی جاذبه جلوگیری شده و امولسیون با ثبات باقی می‌ماند (طاهریان و همکاران ۲۰۰۷). بنابراین بستنی‌های حاوی غلظت‌های ۰/۳ و ۰/٤ صمغ دانه شاهی یک چنین ویژگی را می‌توانند از خود نشان بدهند. زنیاک (۱۹۷۵) نشان داد که محلولهایی که میزان بالای n دارند در دهان حالت لزجی[7] و چسبندگی ایجاد می‌کنند، هنگامیکه ویسکوزیته بالا و احساس دهانی مطلوب موردنظر است بایستی محلولی را انتخاب کرد که

[7] slimy

Archive of SID

www.SID.ir

مقدار n پایینی داشته باشد. مشاهده شد که ضریب قوام که بعنوان معیاری از طبیعت ویسکوزیته ماده غذایی است (سوپاد و کاسوم ۱۹۹۲)، با افزایش غلظت صمغ افزایش پیدا کرد (جدول ۲). میزان این ضریب بین ($pa.s^n$) ۰/۷۱۲ تا ۷/۱۴۱ متغیر بود. در تحقیقی که توسط موس و هارتل (۲۰۰٤) صورت گرفت مقادیر ضریب قوام از ۰/۲۱۱-۰/۱٤٥ متغیر بود. مینهاس و همکاران (۲۰۰۲) نتیجه‌گیری کردند که ضریب قوام نمونه‌های بستنی بین ۱/۱۹-۰/۲۹ متغیر است.

جدول ۲- پارامترهای مدل قانون توان بستنی در غلظت‌های مختلف صمغ

نمونه	n	$K\ (Pa.S^n)$	r
شاهد	۰/۷۷٦	۰/۷۱۲	۰/۹۹
٪ ۰/۱	۰/۷٤٤	۰/۸۹۱	۰/۹۹
٪ ۰/۲	۰/٦٤۹	۲/٥۱۷	۰/۹۹
٪ ۰/۳	۰/٥٤٦	٦/۸۲۲	۰/۹۹
٪ ۰/٤	۰/٥۲٦	۷/۱٤۱	۰/۹۹

بافت‌سنجی

نتایج بدست آمده از آزمون نفوذ نمونه‌ها در جدول ۳ ارائه شده است.

سختی بستنی بعنوان مقاومت آن به تغییر شکل در برابر اعمال یک نیروی خارجی اندازه‌گیری می‌شود. از آنجایی که اندازه بلورهای یخ و حجم فاز یخ در ایجاد بافت سخت در بستنی شرکت می‌کنند، این فاکتور را می‌توان بعنوان معیاری از رشد بلورهای یخ درنظر گرفت (موس و هارتل ۲۰۰٤). در تحقیق حاضر اثر پایدارکننده و زمان ماندگاری بر میزان سختی اندازه‌گیری شد. افزایش زمان ماندگاری، همانطور که انتظار میرفت باعث سخت‌تر شدن نمونه‌ها شد.

چسبندگی به مقدار کار مورد نیاز برای غلبه بر نیروهای جاذب بین سطح ماده غذایی و سطح ماده‌ای که با آن در تماس است، برمی‌گردد (سرنیاک، ۱۹۷٥). این پارامتر به اثر ترکیبی نیروهای چسبندگی و پیوستگی و عوامل دیگری مثل ویسکوزیته و ویسکوالاستیسیته بستگی دارد. افزودن صمغ چسبندگی بستنی را در مقایسه با نمونه‌های فاقد آن افزایش داد، در مقابل، ماندگاری باعث کاهش چسبندگی نمونه‌ها شد که ممکن است بدلیل رشد بلورهای یخ و تغییرات کلوئیدی اتفاق افتاده طی زمان باشد.

مدول ظاهری الاستیسیته، نسبت تنش به کرنش است در محدوده الاستیک (مدول یانگ[8])است. از این مدول برای مقایسه سختی یا سفتی بافت‌ها استفاده می‌شود. بدیهی است که هر چه شیب منحنی تنش به کرنش بزرگتر باشد، بافت سفت‌تر خواهد بود. در صورت غیرخطی بودن رابطه بین تنش- کرنش، مدول یانگ را مدول ظاهری الاستیسته می‌گویند (رضوی و اکبری ۱۳۸۷). در این پژوهش افزایش مدول ظاهری الاستیسیته در طی مدت زمان نگهداری مشاهده می‌شود اما افزایش غلظت صمغ میزان مدول را کاهش داده است.

قوام بصورت کار مورد نیاز برای رسیدن به یک تغییر شکل مشخص تعریف شده است و شاخصی است از قدرت پیوندهای درونی ماده (احمد و همکاران ۲۰۰٥). تغییرات ساختاری ایجاد شده در اثر تبلور مجدد، قوام بستنی‌ها را در طول زمان بصورت معنی‌داری افزایش داد.

[8] Young,s Modulus

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- خصوصیات بافتی بستنی‌های حاوی صمغ دانه شاهی

ویژگی	فرمولاسیون	زمان نگهداری				
		روز اول	ماه اول	ماه دوم	ماه سوم	ماه چهارم
سختی (g)	شاهد	۱۲۱۵	۲۸۷٤/٥	۳۰۱۰/۸	٤۸۷٥/٥	٤۹۸۸/۷
	۰/۱٪ صمغ	۱۱۲٥	۲٥٤۷/۲	۲۹۸٤/۸	۳۲۸٤/۳	٤۷٥۸/٦
	۰/۲ ٪ صمغ	۱۰۱۲	۱۳٥٤/۳	۲٤٥۹/٤	۲۹۸۷/۲	۳٥٤۷/۳
	۰/۳ ٪ صمغ	۹٥۷/۹	۱۲۳۱/۱	۱٥۷۸/۲	۲٤٥۹/۹	۳٤۲۱/۳
	۰/٤ ٪ صمغ	۹۱۲/۷	۹٦٤	۱۳۲٤/۷	۱٦۹۸/٦	۲٤٦۹/۸
چسبندگی (g.s)	شاهد	-۱۷/۲	-۲۰/۳	-٤۰	-٤۸/۹	-٦۷/۷
	۰/۱٪ صمغ	-۱۰/۹	-۱٦	-۲۲/۳	-۳۹	-٤۷/۹
	۰/۲ ٪ صمغ	-۸/٦	-۱۱	-۱۷/۷	-۲٤/۳	-۳۷/٦
	۰/۳ ٪ صمغ	-٤/٥	-۹/۹	-۱۲	-۱۸/٤	-۲٥/٦
	۰/٤ ٪ صمغ	-۳/۳	-٥	-۱۰/۸	-۱٦	-۲۱/۲
مدول ظاهری الاستیسیته (g/s)	شاهد	٦٤۳	۹٦٤/۲	۹۸٤/٦	۱٤۰۷	۱٥۷۱/٦
	۰/۱٪ صمغ	٤۳٦	٦۸٥/۲	۸۹۱/۹	۹۹۱/٤	۱۳۲٥/٤
	۰/۲ ٪ صمغ	٤۲۱	٤۸٦	۷٤۱/۹	۸٤۱/٦	۹٤٥/۳
	۰/۳ ٪ صمغ	۳۸٥/۳	٤۷٥	۷۲۱/۳	۸۲٥	۹۱۲/۲
	۰/٤ ٪ صمغ	۳٤۱/٦	٤٥٦/۲	٤۸۹/٦	۸۱۲/۲	۸٤۱/۳
قوام (g.s)	شاهد	۹۱۳۲	۱۹۱٤٤	۲۱٥٤۸/۲	۳۰۲٥۱/۳	۳٦۸۷٤/۱
	۰/۱٪ صمغ	٦۲٤۸/۹	۱۲٤۸٥	۱۸٤٥٦/۹	۲٤٥۸۷/٥	۳۳۱۲٤/۳
	۰/۲ ٪ صمغ	٥٤۱۲/۳	۱۲۱۳۰	۱۸۱۲۳	۲۲٤٥۹/۲	۲۹۷۸٤/۲
	۰/۳ ٪ صمغ	٥۱۲٤/۲	۹۷۸٤	۱۳۲٤٥/۳	۲۱۰۰۰/۲	۲۸۷٤٥/۲
	۰/٤ ٪ صمغ	٤۹۸۷/۱	۹٤۱۲	۱۲۷۸٤	۱۹۷۸٤/٥	۲٥٤۷۸/۳

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج حاصل از این پژوهش موید عملکرد بسیار خوب صمغ دانه شاهی در پایداری بستنی می‌باشد. نقش صمغ دانه شاهی بعنوان یک پایدارکننده در حفاظت از محصول در برابر انجماد و کاهش رشد بلورهای یخ نشان داده شد و همچنین اثر پایدارکنندگی صمغ در پایداری بستنی طی مدت زمان نگهداری و کنترل فرآیند تبلور مجدد یخ که باعث تخریب بافت بستنی می‌شوند مشاهده شد.

منابع مورد استفاده

رضوی س م ع، و اکبری ر، ۱۳۸۷، خواص بیوفیزیکی محصولات کشاورزی و مواد غذایی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد.

Ahmed NH, EI soda M, Hassan and Frank, 2005. Improving the textural properties of an acid-coagulated (Karish) cheese using exopolysaccharide producing cultures. LWT 38: 843-847.

Alvarez VB, Wolters C L, Vodovotz Y and Ji T, 2005. Physical properties of ice cream containing milk protein concentrates. Journal of Dairy Science 88: 862-871.

Angioloni A and Collar C, 2009. Small and large deformation viscoelastic behavior of selected fiber blends with gelling properties. Food Hydrocolloid 23:742-748.

Archive of SID

www.SID.ir

Baer RJ, Krishnaswamy N and Kasperson KM, 1999. Effect of emulsifiers and food gum on nonfat ice cream. Journal of Dairy Science 82: 1416-1424.

BahramParvar M and Mazaheri Tehrani M, 2011. Application and functions of stabilizers in ice cream. Food Reviews International 27: 389-407.

Barnes HA, Hutton JF and Walters K, 1989. An Introduction to Rheology. New York: Elsevier Applied Science, pp. 11-35.

Bolliger S, Wildmoser H, Goff HD and Tharp BW, 2000. Relationships between ice cream mix viscoelasticity and ice crystal growth in ice cream. International Dairy Journal 10: 791-797.

Chinnan MS, McWaters KH and Rao VNM, 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.

Cotrell JIL, Pass G and Phillips GO, 1980. The effect of stabilizers on the viscosity of an ice cream mix. Journal of the Science of Food and Agriculture 31: 1066-1070.

EI-Nagar G, Clowes G, Tudorica CM, Kuri V and Brennan CS, 2002. Rheological quality and stability of yog-ice cream with added inulin. International Journal Dairy Technology 55 (2): 89-93.

Fernandez PP, Martino MN, Zaritzky NE, Guignon B and Sanz PD, 2007. Effect of locust bean, xanthan and guar gums on the ice crystals of sucrose solution frozen at high pressure. Food Hydrocolloids 21: 507-515.

Goff HD and Davidson VJ, 1992. Flow characteristics and holding time calculations of ice cream mixes in HTST holding tubes. Journal of Food Protection 55: 34-37.

Goff HD and Sahagian ME, 1996. Freezing of dairy products. In: Freezing effects on food quality. Jeremiah, L.E. (Eds.), Marcel Dekker Inc., New York.

Goff HD, Caldwell KB, Stanley DW and Maurice TJ, 1993. The influence of polysaccharides on the glass transition in frozen sucrose solutions and ice cream. Journal of Dairy Science 76: 1268-1277.

Herrera ML, M'Cann 11, Ferrero C, Hagiwara T, Zaritzky NE and Hartel RW,2007. Thermal, mechanical, and molecular relaxation properties of frozen sucrose and fructose solutions containing hydrocolloids. Food Biophysics 2: 20-28.

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

Karazhiyan H, Razavi S M A and Phillips G O, 2011. Extraction optimization of a hydrocolloid extract from cress seed (Lepidium sativum) using response surface methodology. Food Hydrocolloids 25: 915-920.

Kaya S and Tekin AR, 2001. The effect of salep content on the rheological characteristics of a typical ice cream mix. Journal of Food Engineering 47: 59-62.

Kouassi K, Jouppila K and Roos YH, 2002. Effects ofK-carrageenan on crystall ization and invertase activity in lactose-sucrose systems. Journal of Food Science 67: 2190-2195.

Marcotte M, Hoshahili ART and Ramaswamy HS, 2001. Rheological properties of selected hydrocolloids as a function of concentration and temperature. Food Research International 34: 695_703.

Marshall RT, Goff RD and Hartel RW, 2003. Ice cream. 6th ed. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York.

Minhas KS, Sidhu lS, Mudahar GS and Singh AK, 2002. Flow behavior characteristics of ice cream mix made with buffalo milk and various stabilizers. Plant Foods for Human Nutrition 57: 25-40.

Muller FL, Pain JP and Villon P, 1994. On the behavior of non-Newtonian liquids in collinear ohmic heaters. In Proceeding of the 10th international heat transfer conference. Freezing, melting, internal forces convection and heat exchangers (Vol.4, pp. 285-290). Brighton, UK.

Muse MR and Hartel RW, 2004. Ice cream structural elements that affect melting rate and hardness. Journal of Dairy Scienc, 87: 1-10.

Prindiville EA, Marshall RT and Heymann H, 1999. Effect of milk fat on the sensory properties of chocolate ice cream. Journal of Dairy Science 82: 1425-1432.

Archive of SID

www.SID.ir

Regand A and Goff HD, 2002. Effect of biopolymers on structure and ice crystallization in dynamically-frozen ice cream model systems. Journal of Dairy Science 85: 2722- 2732.

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.

Soukoulis C, Chandrinos I and Tzia C, 2008. Study of the functionality of selected hydrocolloids and their blends with K-carrageenan on storage quality of vanilla ice cream. LWT-Food Science and Technology 41: 1816-1827.

Stanley DW, Goff HD and Smith AK, 1996. Texture-structure relationships in foamed dairy emulsions. Food Research Intentional 29: 1-13.

Szczesniak AS, 1975. Texture characterization of temperature sensitive food s. Journal of Texture Studies 6:139-156.

Taherian AR, Fustier P and Ramaswamy HS, 2007. Steady and dynamic shear rheological properties, and stability of non-flocculated and flocculated beverage cloud emulsion. International Journal of Food Properties 10: 915-934.

Wang ST, Barringer SA and Hansen PMT, 1998. Effects of carboxymethylcellulose and guar gum on ice cream on ice crystal propagation in a sucrose-lactose solution. Food Hydrocolloids 12: 211-215.

Archive of SID

www.SID.ir

Rheological and textural attributes of ice cream containing cress seed gum

E Saghaee Shahri[1*], H Karazhiyan[2] and AR Mohammadi Nafchi[3]

Received: August 04, 2013 Accepted: January 15, 2014

[1]MSc Student, Department of Food Engineering, Islamic Azad University, Shahrood Branch, Shahrood, Iran
[2]Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Islamic Azad University, Torbat-Heydarieh Branch and Member of Young Researchers Club, Torbat-Heydarieh, Iran
[3]Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Islamic Azad University, Damghan Branch, Damghan, Iran
[*]Corresponding author: Email: ehsansaghaee@yahoo.com

Abstract
Cress seed gum hydrocolloid choosed as a new source of stabilizer and used in ice cream formulation. Ice cream samples produced with 0, 0.1%, 0.2%, 0.3% and 0.4 % gum. Rheological properties were evaluated by using rotational viscometer and textural attributes measured using texture profile analysis instrument. Results revealed that all ice cream samples showed a non-newtonian specifically pseudoplastic behavior. Power law model was completely suitable for describing flow behavior of ice cream samples and increase in gum concentration was accompanied by decrease in flow behavior index and consistency coefficient that is an index of viscosity nature of food material. Increase in storage time lead to increase in hardness of samples textures but adhesiveness of samples decreased by gum increasing in comparison with blank sample. This research showed that we can use cress seed gum hydrocolloid as a stabilizer in ice cream.

Key words: Ice cream, Cress seed, Rheological properties, Textural attributes

Archive of SID

www.SID.ir