نشریه فرآوری و نگهداری مواد غذایی
جلد هفتم، شماره اول، ۹٤
۳۰-۱۵
http://ejfpp.gau.ac.ir

اثر انجماد بر خصوصیات رئولوژیکی و بافتی صمغ دانه بالنگو

عاکفه ضامنی[1*]، مهدی کاشانی‌نژاد[2]، مهران اعلمی[2] و فخرالدین صالحی[3]

[1]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد دانشکده علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران
[2]دانشیار دانشکده علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران
[3]دانشجوی دکتری دانشکده علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران
تاریخ دریافت: ۹۳/٤/۲۲ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۹/۲٦

چکیده

سابقه و هدف: تیمارهای حرارتی بر خصوصیات رئولوژیکی و بافتی محلول‌های هیدروکلوئیدی موثر بوده و باعث تغییر خصوصیات عملکردی و رنگ آن‌ها می‌شوند.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش، صمغ دانه بالنگو در شرایط بهینه استخراج و خشک گردید. سپس غلظت ۰/۲ درصد (وزنی_ وزنی) جهت بررسی خصوصیات رئولوژیکی و رنگی و هم‌چنین غلظت‌های ۳ و٤ درصد جهت بررسی خصوصیات بافتی تهیه و تحت تیمارهای انجماد (۱۸- و ۲۵- درجه سانتی‌گراد) قرار گرفت. سپس ویسکوزیته ظاهری و رفتار جریان محلول ۰/۲ درصد توسط ویسکومتر بروکفیلد مجهز به سیرکولاتور حرارتی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد و با مدل‌های قانون توان، کاسون و بینگهام برازش شدند. دستگاه آنالیز بافتی برای انجام آزمون‌های نفوذ (سفتی، چسبندگی و قوام) استفاده و تمامی آزمون‌ها در دمای محیط انجام شد.

یافته‌ها: صمغ دانه بالنگو دارای رفتار سودوپلاستیک بود و مدل قانون توان جهت بررسی رفتار آن مناسب بود. بیش‌ترین مقدار سفتی بافت ژل در غلظت ۳ درصد، مربوط به نمونه‌های تیمار شده در دمای ۲۵- درجه‌سانتی‌گراد به‌مدت ۲٤ ساعت، ۸/۵ گرم به‌دست آمد.

نتیجه‌گیری: مقاومت بالا در برابر تیمارهای انجماد باعث می‌شود که صمغ دانه بالنگو را به‌توان به‌عنوان اصلاح کننده بافت و بهبود دهنده ویژگی‌های رئولوژیکی در فرمولاسیون مواد غذایی در معرض انجماد، توصیه نمود.

واژگان کلیدی: بافت‌سنجی، تیمار انجماد، رئولوژی، صمغ دانه بالنگو.

*نویسنده مسئول: akefe_zameni@yahoo.com

مقدمه

هیدروکلوئیدها به‌منظور بهبود رئولوژی و بافت محصولات غذایی، به‌طور گسترده در سیستم‌های غذایی استفاده می‌شوند. هیدروکلوئیدها می‌توانند از منابع حیوانی، گیاهی، میکروبی و حتی با روش-های کاملاً شیمیایی تأمین شوند. در حال حاضر بیش‌ترین مصرف هیدروکلوئیدها به کازئین، ژلاتین و نشاسته تعلق دارد. کمبود و گرانی منابع حیوانی، شیوع برخی بیماری‌ها مثل جنون گاوی، تغییر شیوه زندگی و تمایل به رژیم‌های گیاهی، لزوم توجه به منابع گیاهی و یافتن منابع جدید هیدروکلوئیدی، بهینه‌سازی استخراج، فرآیند و بررسی ویژگی‌های آن‌ها را بیش از پیش بر ما روشن می‌سازد (۱۵).

بالنگو با نام علمی *Royleana Lallemantia* گیاهی لعاب دار بومی از تیره نعناعیان است که در مناطق مختلف جهان به خصوص کشورهای شرق خاورمیانه رشد می‌کند. دانه بالنگو اگر در آب خیس شود، مایع چسبناک، کدر و بی مزه‌ای (موسیلاژ) ایجاد می‌کند. به علت تولید مقادیر بالای موسیلاژ، این دانه می‌تواند به عنوان منبع جدید هیدروکلوئیدی در فرمولاسیون مواد غذایی به کار رود. در ایران عموماً از آن به عنوان تخم شربتی یاد می‌شود (۹).

صمغ دانه بالنگو شامل ٦١/٧٤ درصد کربوهیدرات، ۰/۸۷ درصد پروتئین، ۲۹/٦٦ درصد فیبر خام و ۸/۳۳ درصد خاکستر است. بررسی‌ها نشان داده است که صمغ دانه بالنگو رفتار رقیق شونده با برش داشته و شاخص رفتار جریان آن بر اساس قانون توان[1] به‌دست آمده است. ضریب قوام و شاخص رفتار جریان محلول ۱ درصد وزنی- وزنی به‌ترتیب ۸/۸٤ و ۰/۳٦ پاسکال ثانیه گزارش شده‌اند. ویسکوزیته ظاهری محلول درصد صمغ دانه بالنگو در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و درجه برش ٤٦/۱۲ (یک بر ثانیه) برابر با ۰/۷٦ پاسکال ثانیه بوده است (۸).

دما یکی از مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار بر ویژگی‌های عملکردی هیدروکلوئیدها می‌باشد. ناپایداری بافت محصولات منجمد در برابر انجماد، با وجود گسترش مصرف موادغذایی منجمد هنوز یکی از مشکلات اصلی است. تشکیل کریستال‌های یخ در داخل ماتریکس یخ طی فرایند انجماد مواد غذایی و از دست رفتن آب ماده غذایی در هنگام خروج از انجماد سبب آسیب به بافت مواد غذایی می‌گردد. اگر رشد کریستال‌های یخ کنترل و محدود شود طعم، رنگ و بافت مواد غذایی منجمد بهبود می‌یابد (٦).

1. Power Law

در سال‌های اخیر، تحقیقات زیادی در زمینه بررسی خواص عملکردی صمغ‌ها در دمای انجماد صورت گرفته است. بر اساس گزارش برنان و همکاران (۲۰۰٤) افزودن صمغ گزانتان به نشاسته سبب بهبود پایداری انجماد/خروج از انجماد نشاسته گردید. علت این پدیده رقابت بین نشاسته و صمغ برای جذب آب نسبت داده شده است (۳). در این مطالعه نیز اثر افزودن صمغ‌های گزانتان و لوبیای اقاقیا باعث افزایش پایداری ژل نشاسته در مقابل انجماد – خروج از انجماد برنج شد. در حالی که بر پایداری نشاسته گندم و ذرت اثربخش نبود (۷). پایداری در برابر انجماد ژل نشاسته سیب زمینی، هیدروکلوئیدهای مختلف (سدیم آلژینات، کربوکسی متیل سلولز، کردلان و ژلان، صمغ گوار، صمغ عربی، کاپاکاراگینان و لوبیای اقاقیا و گزانتان) توسط محققان بررسی و نتایج مبین پایداری بالای ژل‌های ترکیبی نشاسته سیب زمینی با صمغ‌های آلژینات، گوار و گزانتان بود (٦).

با توجه به عدم رفتار مشابه هیدروکلوئیدها در شرایط دمایی مختلف، داشتن اطلاعات کافی در مورد ویژگی‌های رئولوژیکی و بافتی هیدروکلوئیدها جهت انتخاب اصلاح‌کننده مناسب به‌ویژه محصولات غذایی در معرض دماهای مختلف کمک شایانی می نماید. به‌طوری‌که انتخاب هیدروکلوئید مناسب با اهداف مشخص یکی از موضوعات حائز اهمیت است (۱۲). لذا در این پژوهش، ویژگی‌های رئولوژیکی و بافتی صمغ دانه بالنگو به‌عنوان منبع جدید هیدروکلوئیدی در تیمارهای انجمادی مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

تهیه نمونه: دانه بالنگو از بازار محلی شهر گرگان تهیه گردید. صمغ دانه بالنگو با روش بهینه تعیین شده توسط رضوی و همکاران (۲۰۰۹)، با نسبت آب به دانه ۲۰ به ۱، دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد، pH=۷ و مدت زمان ۲۰ دقیقه، توسط اکستراکتور خانگی (آب‌میوه گیری) با مدل (**Panasonic, MJ – J176P, japan**) استخراج و در آون ٤٥ درجه سانتی‌گراد (Memmrt,800-100,Germany) خشک شد و به‌وسیله آسیاب (Panasonic, **MJ – J176P**, japan) به پودر تبدیل شد (۱۱).

الف) آماده‌سازی محلول‌های هیدروکلوئیدی: محلول‌های صمغ دانه بالنگو با پراکنده کردن پودر صمغ در آب مقطر در غلظت ۰/۲ درصد وزنی- وزنی (برای انجام آزمون‌های ویسکومتری و رنگ‌سنجی) و غلظت‌های ۳ و ٤ درصد وزنی- وزنی برای انجام آزمون نفوذ تهیه و توسط همزن کاسه دار (Philips, HR-1565, china همگن شدند. سپس برای کامل شدن فرایند جذب آب به‌مدت ٢٤ ساعت در دمای محیط با همزن غلطکی[1] همزده شدند.

ب) تیمارهای انجماد: نمونه‌ها در تمام آزمایش‌ها پس از تهیه، جهت اعمال تیمار انجماد در دمای ۱۸- و ۲۵- درجه سانتی‌گراد به‌مدت ٢٤ ساعت در فریزر (Sumsung, RL-466, Korea) قرار گرفتند و سپس برای خروج از انجماد نیز به مدت ۱۰ساعت در دمای محیط قرار گرفتند.

آزمون‌ها

الف) خصوصیات رئولوژیکی: ویسکوزیته ظاهری و رفتار جریان محلول ۰/۲٪ (وزنی/وزنی) نمونه‌ها پس از اعمال تیمارهای دمایی توسط ویسکومتر بروکفیلد (Brookfield, Model RVDV- II+ pro, USA) مجهز به سیرکولاتور حرارتی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و استفاده از اسپیندل YULA-15 اندازه‌گیری شد. حجم مناسبی از نمونه آماده شده (١٦ میلی‌لیتر) در داخل ظرف ریخته شد و پس از آن که دمای نمونه به ۲۵ درجه سانتی‌گراد رسید، آزمون رئولوژیکی مورد نظر برای به‌دست آوردن تنش برشی- درجه برش بر آن اعمال گردید. پس از یک شب ماندگاری محلول صمغی در دمای محیط، به‌منظور تکمیل فرایند جذب آب، صورت گرفت. اثر سرعت برشی بر رفتار رئولوژیکی محلول‌های هیدروکلوئیدی در دامنه درجه برش ٦,١٢ تا ٢٤٥ بر ثانیه مورد بررسی قرار گرفت و داده‌های آزمون (سرعت برشی-تنش برشی) با استفاده از مدل های زیر برازش و با توجه به ضریب تبیین[2] و خطای استاندارد[3] بهترین مدل انتخاب گردید شدند:

۱. مدل قانون توان $\tau = K_P \dot{\gamma}^{n_p}$

در این معادله، K ضریب قوام ($pa.s^n$) و n، شاخص رفتار جریان (بدون بعد) می‌باشد. K، بزرگی ویسکوزیته سیال و n، ویژگی رفتار سیال را نشان می‌دهد.

1. Roller Mixer
2. Coefficient of determination
3. Standard Error1

۲. مدل بینگهام $n_{\mathrm{B}}\,\tau = n_B\dot{\gamma} + \tau_{OB}$

n_B را ویسکوزیته پلاستیک بینگهام (پاسکال. ثانیه)، و τ_{OB} را تنش تسلیم بینگهام (پاسکال) می‌گویند.

۳. مدل کاسون $\tau^{0.5} = K_{OC}^{0.5} + K_C\,(\dot{\gamma})^{0.5}$

K_{OC}، عرض از مبدا نمودار-($\tau^{0.5}$) ($\dot{\gamma}^{0.5}$) و K_{C}، شیب نمودار فوق است. $K_{C=}^{2}\,\mu_C$ و $\tau_{0C} = K_{0C}^{2}$ به‌ترتیب عبارتند از ویسکوزیته کاسون (پاسکال ثانیه) و تنش تسلیم کاسون (پاسکال ثانیه).

ب) بافت‌سنجی: پارامترهای بافتی مانند سفتی، قوام و چسبندگی نمونه‌های ۳ و ٤ درصد (وزنی-وزنی) صمغ دانه بالنگو پس از اعمال تیمارهای حرارتی توسط دستگاه تحلیل‌گر بافت (TA-XT Plus, Stable Micro Systems Ltd., Surrey, UK) در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد. کلیه آزمایش‌ها پس از یک شب ماندگاری محلول صمغ در دمای محیط، به منظور تکمیل فرایند جذب آب پس از یک شب ماندگاری محلول صمغ در دمای محیط انجام شد. تمامی آزمون‌ها نیز در دمای محیط انجام گرفت. آزمون نفوذ توسط پروب استوانه‌ای با قطر ٦ میلی‌متر با سرعت ۱۰۰ میلی‌متر بر دقیقه و عمق ۱۵ میلی‌متر انجام شد.

ج) رنگ‌سنجی: تاثیر تیمارهای مختلف بر رنگ صمغ‌ها از روش پردازش تصویر بررسی شد. به این ترتیب، تصویر۵۰ میلی‌لیتر از محلول صمغی ۰/۲ درصد پس از اعمال تیمار حرارتی درون ظروف شیشه‌ای شفاف گرفته شد. سیستم بینایی رایانه‌ای [1] شامل یک دوربین دیجیتالی (Panasonic, DMC-FS42, Japan) مجهز به مگا پیکسل برای گرفتن عکس از نمونه، منبع نوری استاندارد با ۲ لامپ و نرم افزار کامپیوتری Image J برای تجزیه و تحلیل تصاویر بود.

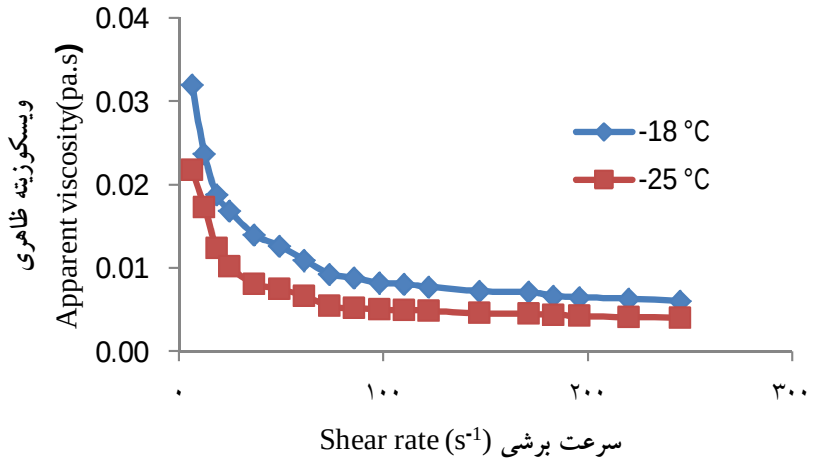
1. Computer vision system(CVS)

تجزیه و تحلیل آماری

آزمایش‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۳ تکرار صورت گرفت. مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن در سطح آماری ۵ درصد صورت گرفت و به‌منظور رسم نمودارها و آنالیز آماری از نرم‌افزارهای SAS 9.1.3، Curve Expert 1.34 و Excel 2010 استفاده شد.

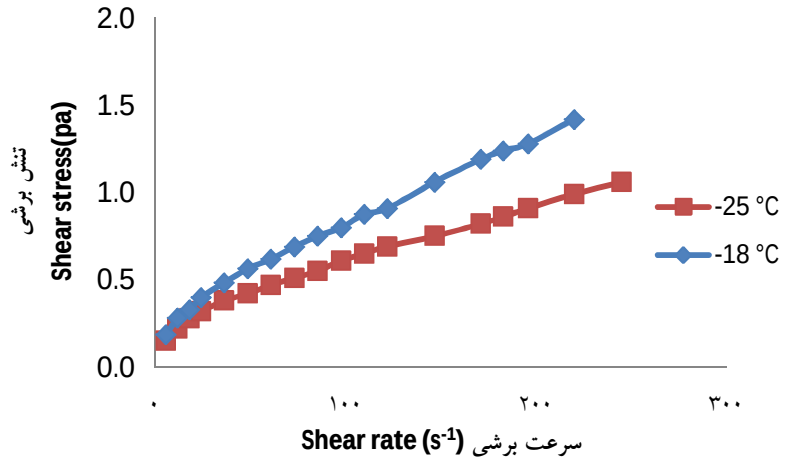
نتایج و بحث

تاثیر تیمارهای انجماد بر ویسکوزیته ظاهری صمغ دانه بالنگو: منحنی‌های جریان و رابطه سرعت برشی- تنش برشی محلول صمغ دانه بالنگو تحت شرایط انجماد مختلف به‌ترتیب در شکل‌های ۱ و ۲ دیده می‌شود . نتایج نشان می‌دهد که ویسکوزیته ظاهری این صمغ با افزایش درجه برش کاهش یافت که نشانگر رفتار شبه پلاستیک آن می‌باشد.



شکل ۱. تاثیر تیمارهای انجماد بر ویسکوزیته‌ی ظاهری محلول صمغ دانه بالنگو (۰/۲ درصد)

Figure 1. Effect of freezing treatment on apparent viscosity of balangou seed gum solution (0.2%)



شکل ۲. تاثیر تیمارهای انجماد بر سرعت برشی- تنش برشی در محلول صمغ دانه بالنگو (۰/۲ درصد)

Figure 2. Effect of freezing treatment on shear stress-shear rate of balangou seed gum solution (0.2%)

مدل‌سازی: پارامترهای مدل رئولوژیکی قانون توان برای محلول‌های صمغ دانه بالنگو پس از اعمال انجماد و خروج از انجماد در جدول ۱ مشاهده می‌شود. میزان ضریب قوام که نشانگر ویسکوزیته صمغ دانه بالنگو است، در مدل قانون توان در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد، پس از فرایند انجماد به طور جزئی نسبت به شاهد افزایش یافت. شاخص رفتار جریان نیز پس از اعمال تیمارهای انجماد تغییر معنی‌داری نداشت. نتایج مدل قانون توان نشانگر رفتار سودوپلاستیک صمغ دانه بالنگو در شرایط انجماد بود. کاهش دما به زیر صفر، باعث تمرکز فاز غیرمنجمد، تبدیل و مولکول‌های آب به کریستال‌های یخ و افزایش غلظت املاح می‌شود. غلظت پلی‌مرها با تبدیل آب به یخ افزایش می‌یابد که منجر به افزایش تجمع زنجیره‌ها و بالطبع افزایش ویسکوزیته پس از انجماد می‌شود (۱۳). نتایج به حاصل از این تحقیق با یافته‌های ویلیامز و همکاران (۲۰۰۹) مبنی بر افزایش ویسکوزیته مخلوط صمغ کردلان/ لوبیای اقاقیا و کردلان/ کاپاکاراجینان پس از اعمال تیمار انجماد- خروج از انجماد مطابقت داشت (۱٤). حسینی‌پرور و همکاران (۲۰۱۰) نیز گزارش کردند که فرایند انجماد تاثیر معنی داری بر ویسکوزیته صمغ دانه ریحان نداشت (۵).

تنش تسلیم در مدل بینگهام (جدول ۲) با کاهش دما به ۲۵- درجه سانتی‌گراد کاهش معنی‌داری نداشت. با این حال، ویسکوزیته بینگهام با کاهش دمای انجماد به ۲۵- درجه سانتیگراد به‌طور معنی-داری کاهش یافت. پارامترهای حاصل از مدل‌های تنش تسلیم و میزان تنش تسلیم بینگهام صمغ دانه بالنگو پس از اعمال تیمار انجماد-خروج از انجماد افزایش نشان داد که علت را می توان به افزایش پیوندهای هیدروژنی نسبت داد، ولی با کاهش دمای انجماد به ۲۵- درجه سانتی‌گراد این مقدار کاهش یافت.

همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود تسلیم کاسون با افزایش شدت سرما به ۲۵- درجه سانتیگراد، ویسکوزیته و تنش به طور معنی داری کاهش یافت ($P<0.05$). ویسکوزیته بینگهام و کاسون صمغ دانه بالنگو نیز با کاهش دمای انجماد به ۲۵- درجه سانتی‌گراد به طور معنی‌داری کاهش نشان داد. ناجی و همکاران (۱۳۹۱) گزارش کردند که در مدل‌های دارای تنش تسلیم، میزان تنش تسلیم در صمغ گزانتان و صمغ دانه ریحان پس از اعمال تیمار انجماد-خروج از انجماد افزایش یافت (۱۰).

جدول ۱. پارامترهای رئولوژیکی مدل قانون توان برای محلول‌های صمغ دانه‌ی بالنگو در شرایط انجماد

Table 1. Rheological parameters of power law model for balangou seed solutions affected by freezing treatments

ضریب تبیین R^2	شاخص رفتار n_p	ضریب قوام k_p $Pa.s^n$	تیمارها Treatments
0.999	0.54 [a]	0.056 [a]	۲۵ درجه سانتی‌گراد 25 °C
0.997	0.59 [a]	0.058 [a]	۱۸- درجه سانتی‌گراد -18°C
0.998	0.53 [a]	0.056 [a]	۲۵- درجه سانتی‌گراد -25 °C

تاثیر تیمارهای انجماد بر ویژگی‌های بافتی صمغ دانه بالنگو

پارامتر سفتی: سفتی به‌طور معمول برای بیان قدرت شبکه ژل اندازه‌گیری می‌شود و با توجه نوع سیستم غذایی می‌تواند پارامتر بسیار مهمی باشد (٤). همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، میزان سفتی ژل ۳ درصد صمغ دانه بالنگو پس از انجماد در دمای ۱۸- درجه‌سانتی‌گراد و به‌مدت ۲٤ ساعت

در برابر فرایند انجماد در آزمون نفوذ پایدار بود. میزان سفتی با افزایش دمای انجماد به ۲۵- درجه سانتی‌گراد کمی افزایش یافت. بر طبق شکل ٤ تغییر معنی‌داری در سفتی ژل ٤ درصد صمغ دانه بالنگو پس از اعمال انجماد مشاهده نشد و با افزایش شدت سرما نیز این پایداری حفظ گردید. در تمامی تیمارها میزان سفتی غلظت ٤ درصد بیش از ۳ درصد بود. براساس گزارش زبرا و نوسینویچ (۲۰۰٤) هیدروکلوئید لوبیای لوکاست پس از اعمال انجماد و خروج از انجماد سفت شد و افزایش سرعت سرد کردن سبب افزایش قدرت ژل و سفتی گردید (۱۷).

جدول ۲. پارامترهای رئولوژیکی مدل قانون بینگهام برای محلول های صمغ دانه‌ی بالنگو در شرایط انجماد

Table 2. Rheological parameters of bingham model for balangou seed solutions affected by freezing treatments

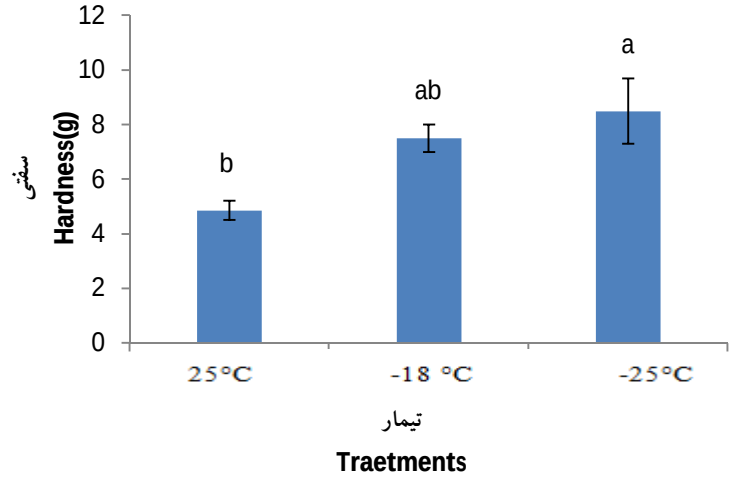
تیمارها Treatments	تنش تسلیم بینگهام $T_{OB}(Pa)$ (پاسکال)	ویسکوزیته بینگهام $n_{B(Pa.s)}$ (پاسکال.ثانیه)	ضریب تبیین R^2
۲۵ درجه سانتی‌گراد 25 °C	0.26 [a]	0.00445 [b]	0.991
۱۸- درجه درجه سانتی‌گراد -18 °C	0.27 [a]	0.0054 [a]	0.997
۲۵- درجه سانتی‌گراد -25 °C	0.23 [a]	0.0037 [c]	0.998

جدول ۳. پارامترهای رئولوژیکی مدل قانون کاسون برای محلول های صمغ دانه‌ی بالنگو در شرایط انجماد

Table 3. Rheological parameters of casson model for balangou seed solutions affected by freezing treatments

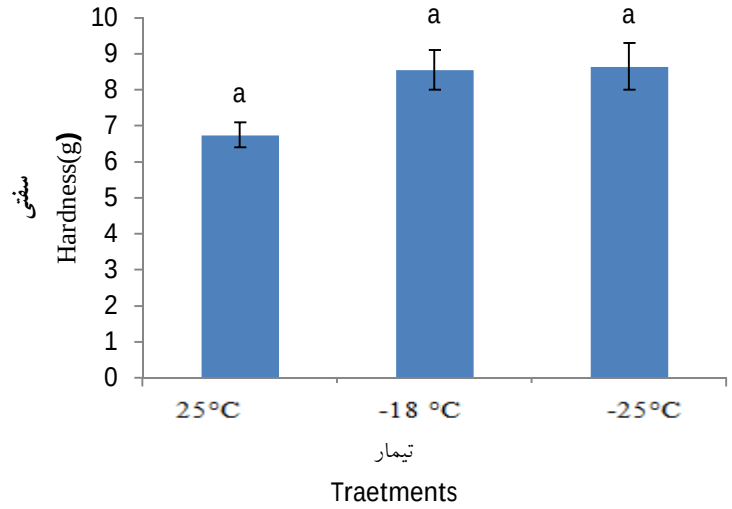
تیمارها Treatments	تنش تسلیم کاسون T_{OC}	ویسکوزیته بینگهام $n_{B(Pa.s)}$ (پاسکال.ثانیه)	ضریب تبیین R^2
۲۵ درجه سانتی‌گراد 25 °C	0.038 [a]	0.036 [b]	0.990
۱۸- درجه سانتی‌گراد -18 °C	0.039 [a]	0.045 [a]	0.998
۲۵- درجه سانتی‌گراد -25 °C	0.023 [b]	0.033 [b]	0.982

همان‌طور که در شکل‌های ۳ و ٤ مشاهده می‌شود، با افزایش غلظت صمغ از ۳ به ٤ درصد، سفتی نمونه‌های شاهد از ٤/۸۵ به ٦/۷۵ گرم افزایش یافت.



شکل ۳. تاثیر تیمارهای انجماد بر سفتی ژل صمغ دانه بالنگو (۳ درصد)

Figure 3. Effect of freezing treatments on the hardness of balangou seed gum (3%)

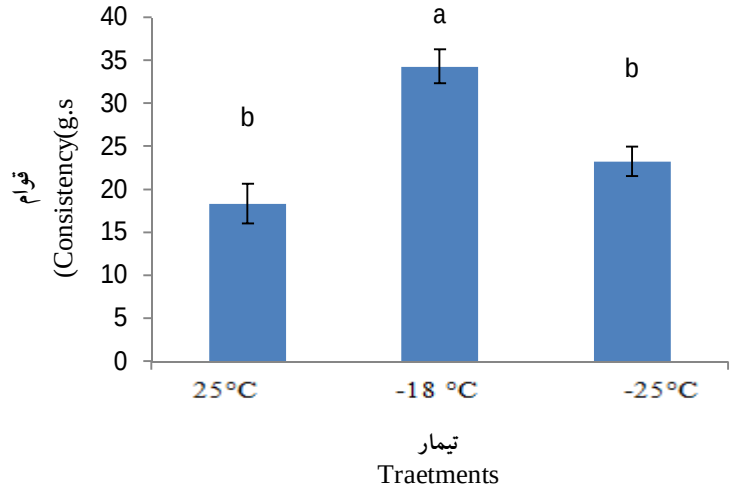


شکل ٤. تاثیر تیمارهای انجماد بر سفتی ژل صمغ دانه بالنگو (٤ درصد)

Figure 4. Effect of freezing treatments on the hardness of balangou seed gum (4%)

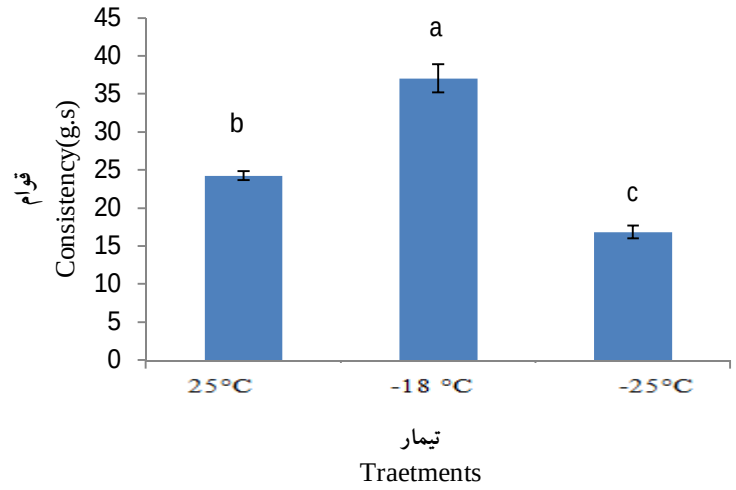
پارامتر چسبندگی: چسبندگی به کار مورد نیاز برای غلبه بر نیروهای جاذب بین سطح ماده غذایی و موادی که در تماس با آن هستند اشاره می‌کند (۱). نتایج به‌دست آمده از آزمون نفوذ نشان داد که ژل ۳ و ٤ درصد صمغ دانه بالنگو پس از انجماد فاقد چسبندگی بود. لذا بر اساس این نتایج در محصولاتی نظیر ماکارونی، پاستا، مغز نان و برخی از فراورده‌های گوشتی که چسبندگی طی فرایند انجماد نامطلوب است، مورد استفاده قرار گیرد (١٤).

پارامتر قوام: کار مورد نیاز برای رسیدن به تغییر شکل که نشانگر قدرت داخلی پیوندها در محصول است قوام اطلاق می‌شود (۲). تاثیر تیمارهای انجماد بر قوام ژل ۳ و ٤ درصد صمغ دانه بالنگو در اشکال ۵ و ٦ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، میزان قوام در هر دو غلظت در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد افزایش یافت، در حالی‌که با افزایش شدت سرما به ۲۵- درجه سانتی‌گراد میزان قوام نمونه ها در غلظت ۳ درصد از ۳٤/۲۸ (گرم. ثانیه) به ۲۳/۲٤ (گرم. ثانیه) کاهش یافت. همان‌طور که در شکل ۵ و ٦ مشاهده می شود، با افزایش غلظت صمغ از ۳ به ٤ درصد، قوام نمونه های شاهد از ۱۸/۳۱ (گرم.ثانیه) به ۲٤/۲٦ (گرم.ثانیه) افزایش یافت. زیرا و نوسینوویچ (۲۰۰٤) گزارش کردند که کاهش قوام ژل لوبیای لوکاست پس از انجماد و خروج از انجماد به عوامل مختلفی نظیر شرایط ناشی از تشکیل ژل و یکپارچگی نسبتا ضعیف شبکه ژل بستگی دارد، که هر گونه تغییر در یکپارچگی شبکه می‌تواند موجب تغییرات بافتی شود (۱۷).



شکل ۵. تاثیر تیمارهای انجماد بر قوام ژل صمغ دانه بالنگو (۳ درصد)

Figure 5. Effect of freezing treatments on the consistency of balangou seed gum (3%)



شکل ٦. تاثیر تیمارهای انجماد بر قوام ژل صمغ دانه بالنگو (٤ درصد)

Figure 6. Effect of freezing treatments on the consistency of balangou seed gum (4%)

تاثیر تیمارهای انجماد بر رنگ صمغ دانه بالنگو: مدل رنگی Lab مرکب از شاخص روشنایی (شاخص L که دامنه‌ای از صفر تا ۱۰۰) و دو شاخص رنگی (دامنه‌ای از ۱۲۰- تا ۱۲۰+) شامل شاخص a (دارای طیف رنگی سبز تا قرمز) و شاخص b (دارای طیف رنگی آبی تا زرد) است. میزان روشنایی در صمغ دانه بالنگو با افزایش شدت سرما کاهش یافت و هم‌چنین این شاخص در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد نسبت به نمونه شاهد کاهش داشت و با افزایش شدت سرما به ۲۵- درجه سانتیگراد میزان روشنایی افزایش نشان داد. میزان شاخص a نیز با افزایش شدت سرما تغییر معنی داری نداشت و هم‌چنین شاخص b در دماهای انجماد نسبت به شاهد افزایش معنی دار یافت ($P<0.05$).

شکل و اندازه ذرات و میزان همگن بودن و نوع ساختار (در مورد مایعات، بیشتر میزان قوام) از عوامل مؤثر بر رنگ محصول است. با توجه به همبستگی موجود بین غلظت صمغ و شاخص‌های توصیف کننده اندازه، ضریب قوام و رنگ و تفاوت بین اندازه ذرات در نمونه‌ها می‌توان نتیجه گرفت که کاهش شاخص روشنایی در صمغ دانه بالنگو به دلیل برهم‌کنش پلی‌ساکاریدهای مربوط با پروتئین‌ها است که باعث تأثیر بر تفرق نور و در نهایت ایجاد تفاوت در رنگ شده است (۱۲)

جدول ٤. تاثیر تیمارهای انجماد بر پارامترهای رنگی محلول صمغ دانه بالنگو (۰/۲ درصد)

Table 4. Color parameters of balangou seed solutions affected by freezing treatments

b	a	l	تیمارها Treatments
2.57 ^{c}	-3.26 ^{a}	67.77 ^{a}	شاهد Control sample
9.92 ^{a}	-3.31 ^{a}	63.50 ^{c}	۱۸- درجه -18 °C
6.79 ^{b}	-3.23 ^{a}	65.93 ^{b}	۲۵- درجه -25°C

نتیجه‌گیری

هیدروکلوییدها نقش مهمی در فرایندهای غذایی برای بهبود بافت و کیفیت حسی محصولات غذایی ایفا می‌کنند، از این رو بررسی پایداری خصوصیات رئولوژیکی و بافتی هیدروکلوئیدها در دماهای مختلف اهمیت ویژه ای دارد. صمغ دانه بالنگو به عنوان منبع جدید هیدروکلوئیدی، خصوصیات عملکردی مطلوبی دارد. نتایج نشانگرافزایش جزئی ویسکوزیته طی تیمار سرما است که باعث افزایش تمایل پلیمرهای صمغ دانه بالنگو به اتصال بین مولکولی می‌شود. به این ترتیب، صمغ دانه بالنگو توانایی کاهش مقدار آب در دسترس، کنترل مهاجرت آب و جلوگیری از رشد کریستال‌های یخ در ماده غذایی منجمد ناشی از اتصالات قوی پلیمرهای صمغ دانه بالنگو است. پارامتر سفتی و قوام پس از انجماد در صمغ دانه بالنگو افزایش یافته و این صمغ پس از انجماد فاقد چسبندگی است. صمغ دانه بالنگو دارای رفتار سودوپلاستیک بوده و مدل قانون توان جهت بررسی رفتار آن مناسب می‌باشد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که صمغ دانه بالنگو قابلیت حفظ کیفیت محصول در طی شرایط انجماد، انتقال و انبارداری را دارد.

منابع

1. Adhikari, B., Howes, H., Bhandari, B.R., and Truong, V. 2001. Stickiness in foods: a review of mechanisms and test methods. International Journal of Food Properties.4: 1. 1-33.
2. Ahmed, N.H., El Soda, M., Hassan, A.N., and Frank, J. 2005. Improving the textural properties of an acid-coagulated (Karish) cheese using

exopolysaccharide producing cultures. LWT - Food Science and Technology. 38:8. 843-847.
3. Brennan, C.S., Tan, C.K., Kuri, V., and Tudorica, C.M. 2004. The pasting behaviour and freeze–thaw stability of native starch and native starch–xanthan gum pastes. International Food Science and Technology. 39: 1017-1022.
4. Fiszman, S.M., and Damasio, M.H. 2000. Instrumental Measurement of Adhesiveness in Solid and Semi-Solid Foods. A Survey. Journal of Texture Studies. 31(1): 69-91.
5. Hosseini-Parvar, S.H., Matia-Merino. L., Goh, K.K.T., Razavi, S.M.A., and Mortazavi, S.A. 2010. Steady shear flow behavior of gum extracted from *Ocimum basilicum* L. seed: Effect of concentration and temperature. Food Engineering. 101(3): 236-243.
6. Lee, M.H., Baek, M.H., Cha, D.S., Park, H.J., and Lim, S.T. 2002. Freeze-thaw stabilization of sweet potato starch gel by polysaccharide gums. Food Hydrocolloids. 16: 345-352.
7. Lo, C.T., and Ramsden, L. 2000. Effects of xanthan and galactomannan on the freeze-thaw properties of starch gels. Nearing. 44(3):211-214.
8. Mohammad Amini A. 2007. Extraction optimization of Balangu seed gum and effect of Balangu seedgum on the rheological and sensory properties of Iranian flat bread, MSc thesis, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
9. Naghibi, F., Mosaddegh, M., Mohammadi Motamed, S., and Gorbani, A. 2005. Labiatae family in folk medicine in Iran: from etnobotany to pharmacology. Iranian Phamaceutical Research. 2: 63-79.
10. Naji, S., Razavi, S.M.A. and Karazhian, H. 2012. Effect of heating and freezing treatments on time independent rheological properties of cress seed gum and xanthan gum. Journal of Food Science and Technology. 4(1): 37-45.
11. Razavi, S.M.A., Mortazavi, S.A., Matia-Merino, L., Hosseini-Parvar, S.H., Motamedzadegan, A., and Khanipou, E. 2009. Optimization study of gum extraction from Basil seeds (*Ocimum basilicum* L.). International Journal of Food Science and Technology. 44: 1755-1762.
12. Roopa, B.S., and Bhattacharya, S. 2010. Alginate gels: II. Stability at different Processing conditions. Food Processing and Engineering, 33: 466-480.
13. Tananuwong, K., and Reid, D.S. 2004. Differential scanning calorimetry study of glass transition in frozen starch gels. Agricultural and Food Chemistry. 52: 4308-4317.
14. Williams, D.P., Sadar, L.N., and Lo, Y.M. 2009. Texture stability of hydrogel complex containing curdlan gum over multiple freeze-thaw cycles. Food Processing and preservation. 33: 126-139.
15. Williams, P.A., and Phillips, G.O. 2000. Introduction to food hydrocolloids; Chapter 1. In: Phillips, GO, Williams, PA (Eds). Handbook of Hydrocolloids. CRC Press, New York.

16. Yanes, M., Duran, L., and Costell, E. 2002. Effect of hydrocolloid type and concentration on flow behavior and sensory properties of milk beverages model systems. Food Hydrocolloids, 16:6. 605-611
17. Zeira, A., and Nussinovitch, A. 2004. Mechanical properties of weak locust bean gum gels under controlled rapid freeze-thawing. Texture studies. 34. 561-573

EJFPP, Vol. 7 (1): 15-30
http://ejfpp.gau.ac.ir

Effect of Freezing on Rheological and Textural Properties of Balangu Seed Gum

A. Zameni[1]*, M. Kashaninejad[2], M. Alami[2] and F. Salehi[3]
[1]MSc Student, Dept. of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Iran, [2]Associate Prof., Dept. of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Iran. [3]PhD Student, Dept. of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Iran.

Received: 13/07/2014; Accepted: 17/12/2014

Abstract

Background and objectives Thermal treatments were effective on rheological and textural properties of hydrocolloid solution and can change functional and color properties.

Materials and methods: In this study, under optimum conditions, Balangu seed gum were extracted and dried. Then, concentration of 0.2% (w/w) of gum were prepared for determine rheological and color Characteristics and concentrations of 3, 4% (w/w) for of textural properties, and then subjected to freezing treatments (-18 and -25°C for 24 h). Apparent viscosity and flow behavior were measured at 25°C by Brookfield rotational viscometer and fitted with power law, casson and bingham models. Compression tests were conducted by using a texture analyzer and characteristics like hardness, consistency and adhesiveness were measured.

Results: Power law model well described non-newtonian pseudo plastic behavior of the highest hardness; value of Balangu seed gum gels (3%) was observed in sample treated at -25ºC for 24 h, 8.5gr. Conclusion: Therefore, Balangu seed gums can be suggested as a textural and rheological modifier in formulation of foods exposed to freezing treatments.

Keywords: Balangu seed gum, Hydrocolloid, Rheology, Texture, Freezing treatments.

*Corresponding author; akefe_zameni@Yahoo.Com