

تأثیر صمغ دانه شاهی بر خواص رئولوژیکی و بافتی ماست کم چرب

آرمیتا بهنیا^{1*}، حجت کاراژیان²، راضیه نیازمند³، عبدالرضا محمدی نافچی⁴

1. دانش آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شاهرود، گروه مهندسی شیمی، شاهرود
*نویسنده مسئول (armita.behnia@gmail.com)
2. استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تربت حیدریه، گروه علوم و صنایع غذایی، تربت حیدریه
3. استادیار گروه شیمی مواد غذایی، پژوهشکده علوم و صنایع غذایی، مشهد
4. استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد دامغان، گروه علوم و صنایع غذایی، دامغان

چکیده

امروزه با توجه به افزایش تمایل جهت مصرف فرآورده‌های کم‌چرب و یا بدون چربی ترجیح داده می‌شود که از شیر بدون چربی جهت تهیه ماست استفاده شود. گیاه شاهی دارای کاربردهای دارویی بسیاری می‌باشد و از آنجا که مشخص شده است که دانه‌های این گیاه حاوی مقدار بسیار زیاد ترکیبات موسیلاژی هستند، در این پژوهش از صمغ دانه شاهی در غلظت‌های (0/05، 0/07، 0/1 و 0/15 درصد وزنی) استفاده شد. pH، اسیدیته، درصد آب‌اندازی، ویسکوزیته و بافت (سفتی و چسبندگی) ماست تولید شده در طول دوره نگهداری (1، 7، 14 و 21 روز) مورد ارزیابی قرار گرفت. با افزودن صمغ به نمونه‌های ماست کم‌چرب، pH نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد کاهش یافت. در طول دوره نگهداری افزایش معنی‌دار اسیدیته مشاهده شد. با افزایش غلظت صمغ، میزان آب‌اندازی نمونه‌ها کاهش یافت. میزان سفتی نمونه‌ها در طی دوره نگهداری افزایش یافت. نتایج حاصل از پژوهش حاضر نشان داد که هیدروکلئید دانه شاهی پتانسیل خوبی به عنوان یک پایدارکننده در فرمولاسیون ماست دارد.

تاریخ دریافت: 92/09/12

تاریخ پذیرش: 93/05/28

واژه‌های کلیدی

خصوصیات فیزیکوشیمیایی

بافت

صمغ دانه شاهی

ماست کم چرب

مقدمه

بهتری دارند به همین علت برای ایجاد چنین خصوصیات یا خصوصیات مشابه در فرآورده‌های کم‌چرب یا بدون چربی باید از جایگزین‌ها یا افزودنی‌های مناسب استفاده نمود (فرحناکی و همکاران، 1390).

هیدروکلئیدها، بیوپلیمرهایی با وزن مولکولی بالا و آب‌دوست هستند که به عنوان اجزاء عملگر یا کارکردی¹ در فرمولاسیون‌های غذایی استفاده می‌شوند (Dickinson, 2003). پلی‌ساکاریدهای استخراج شده از گیاهان، در صنایع غذایی بیشتر مورد توجه قرار می‌گیرند. این پلیمرها به دلیل طبیعی

ماست یک فرآورده لبنی تخمیری است که در سراسر جهان مورد توجه می‌باشد. ماست محصولی سلامتی بخش شناخته شده چون حاوی درصد بالایی از پروتئین و کلسیم می‌باشد. این فرآورده با درصدهای چربی مختلفی ساخته می‌شود، اما امروزه با توجه به افزایش تمایل جهت مصرف فرآورده‌های کم‌چرب و بدون چربی، خصوصاً در افراد مبتلا به بیماری‌های قلبی-عروقی و دارای چربی خون بالا، ترجیح داده می‌شود که از شیر بدون چربی جهت تهیه این فرآورده استفاده شود (آقازاده مشگی و همکاران، 1389). همان‌گونه که مشخص است، ماست‌های دارای چربی بیشتر، بافت مناسب‌تر و عطر و طعم

این حال، هر دو در کاهش این پدیده، مؤثر بودند. Paseephol و همکاران (2008) اثر اینولین را بر رفتار رئولوژیکی ماست مورد ارزیابی قرار دادند. آن‌ها نتیجه‌گیری کردند که نمونه‌ها رفتار ضعیف‌شوندگی با برش از خود نشان داده که با ضریب تصحیح بالایی، منطبق با مدل هرشل بالکی بود. Fizman و همکاران (1999) اثر افزودن ژلاتین و مواد جامد شیر را در ماست بررسی کردند. نتایج حاصل از آزمون استحکام (بافت)، نشان دهنده بافت نسبتاً سفتی در غلظت 1/5 درصد ژلاتین بود. مطالعات رئولوژیکی دینامیکی نشان داد که با افزایش غلظت ژلاتین، ماست رفتار جامد ماندی را نسبت به نمونه فاقد ژلاتین از خود نشان داد. همچنین با افزودن ژلاتین سینرزیس کاهش یافت. Mullineux و Simmons (2008) تأثیر دو مدل رئولوژیکی توان و هرشل - بالکی را در توصیف رفتار جریان ماست بررسی کردند. نتایج هر دو مدل قانون توان و هرشل - بالکی بسیار نزدیک به هم بدست آمد. گیاه شاهی¹ با نام علمی *Lepidium sativum* (Lepidium sativum)، از خانواده *Cruciferae* بوده و در انگلیسی عموماً تحت عنوان "شاهی باغی"² نامیده می‌شود. شاهی یک گیاه کوچک، علفی و بدون کرک یک ساله و به ارتفاع 50 سانتی‌متر است. این گیاه بومی کشورهای جنوب و جنوب غربی آسیا می‌باشد. هنگامی که دانه‌ها در آب خیسانده می‌شوند، به سرعت آب را جذب می‌کنند و مایع چسبناک و بی‌مزه‌ای را تولید می‌کنند. مشخص شده است که دانه‌ها حاوی مقدار بسیار زیادی ترکیبات موسیلاژی هستند (Karazhiyan et al., 2009; Razavi et al., 2007).

از این رو می‌توان بازار مناسبی برای عصاره هیدروکلوئیدی دانه شاهی جهت جایگزینی بعضی از هیدروکلوئیدهای موجود فراهم نمود. از آن جایی که آگاهی بسیار خوبی از موارد کاربرد دارویی این دانه (از قبیل ضد سرطانی، درمان کم‌خونی، کاهش دهنده چربی خون) وجود دارد، بدیهی است مواد غذایی فرموله شده با صمغ دانه شاهی هم به خوبی توسط مصرف‌کنندگان مورد پذیرش قرار می‌گیرند (کاراژیان،

بودن، برای بسیاری از مصرف‌کنندگان از مطلوبیت بیشتری برخوردار هستند (Lai et al., 2000)؛ اخیراً تقاضا برای هیدروکلوئیدها با خواص کارکردی ویژه افزایش یافته است، بنابراین یافتن منابع جدید صمغ‌های گیاهی با خواص مناسب جهت استفاده در صنعت، اهمیت ویژه‌ای دارد و محققان صنعت غذا همواره به دنبال یافتن منابع جدید پلی‌ساکاریدی می‌باشند. صمغ‌های حاصل از دانه‌ها، افزودنی‌های غذایی مهمی در صنایع غذایی به شمار می‌روند (Williams et al., 2000; Yadav, 2007). موسیلاژهای دانه‌ای و پلی‌ساکاریدهای گیاهی به آسانی در دسترس می‌باشند و به دلیل قیمت مناسب اهمیت ویژه‌ای دارند و اکثر آن‌ها در فرمولاسیون‌های غذایی قابل استفاده هستند (کاراژیان، 1389).

در پژوهشی Jimoh و Kolapo (2007) اثرات سه پایدار کننده نشاسته ذرت، نشاسته کاساوا و ژلاتین را بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی ماست سویا بررسی کردند. هر سه پایدار کننده، از جداسازی فاز مایع و جامد، جلوگیری می‌کنند. برای pH و اسیدیته قابل تیتراسیون، تفاوت معنی‌داری در تمام تیمارها و در مدت نگهداری دیده شد که نشان دهنده فعالیت تخمیری استارترهای ماست می‌باشد. رزمخواه شریانی و همکاران (1389) تأثیر هیدروکلوئیدهایی مانند پکتین و صمغ دانه‌های مرو و ریحان را بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی ماست چکیده بدون چربی مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه، مشخص شد افزودن هیدروکلوئیدها، تأثیر مثبتی بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی ماست دارند، اما ویسکوزیته در نمونه‌های حاوی صمغ نسبت به نمونه شاهد کمتر بود؛ همچنین بیان کردند که میزان آب‌اندازی نمونه‌ها در طول دوره نگهداری افزایش یافت. Khalifa و همکاران (2011) اثر اینولین در سطح 4 و 6 درصد و موسیلاژ در سطح 0/2 درصد را بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی ماست بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد که مقادیر pH، کاهش معنی‌داری با افزایش زمان نگهداری در تمام تیمارهای ماست داشت؛ همچنین کاهش لاکتوز با افزایش زمان نگهداری مشاهده شد. کاهش پدیده نامطلوب آب‌اندازی (جدا شدن فاز جامد از مایع)، در اینولین 6 درصد بیشتر از موسیلاژ بود. با

1- Cress seed

2- Garden cress (water cress)

تنظیم شده در دمای 42 درجه سانتی‌گراد قرار داده و به مدت تقریباً 4 ساعت تا رسیدن به pH 4/6 نگهداری شدند. سپس نمونه‌ها در یخچال در دمای 4 درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

آزمون‌ها

اندازه‌گیری pH و اسیدیتته

مطابق با استاندارد ملی به شماره 2852 تعیین شدند.

اندازه‌گیری درصد آب‌اندازی

مطابق روش Al-kadamany و همکاران (2003)، مقدار 25 گرم نمونه روی کاغذ صافی واتمن گسترده شد و روی قیف بوختر قرار داده شد. میزان آب‌اندازی نمونه‌ها تحت خلأ به مدت 20 دقیقه در دمای اتاق از رابطه زیر محاسبه شدند:

رابطه (1)

$$100 \times \frac{\text{وزن نمونه بعد از فیلتر کردن} - \text{وزن اولیه نمونه}}{\text{وزن اولیه نمونه}} = \text{درصد آب‌اندازی}$$

اندازه‌گیری ویسکوزیته

ویسکوزیته نمونه‌های تولیدی با استفاده از ویسکومتر چرخشی بروکفیلد DV-III ULTRA مدل RV اندازه‌گیری شد. کلیه آزمون‌ها در درجه حرارت 25 درجه سانتی‌گراد و با شرایط یکسان انجام شد به طوری که منحنی جریان نمونه‌ها در دامنه سرعت برشی 0 تا 85 بر ثانیه اندازه‌گیری شد. برای بررسی رفتار رئولوژیکی نمونه‌ها از سه مدل تحت عناوین مدل توان، مدل هرشل - بالکلی و مدل کاسون (روابط 2، 3 و 4) استفاده گردید.

رابطه (2)

$$\sigma = K(\dot{\gamma})^n$$

مدل قانون توان

رابطه (3)

$$\sigma = \sigma_0 + K(\dot{\gamma})^n$$

مدل هرشل - بالکلی

رابطه (4)

$$\sigma^{1/2} = \sigma_0^{1/2} + K(\dot{\gamma})^{1/2}$$

مدل کاسون

که در این روابط σ بیانگر تنش برشی (پاسکال)، σ_0 تنش تسلیم (پاسکال)، $\dot{\gamma}$ سرعت برشی (برثانیه)،

1389). هدف از این پژوهش، بررسی تأثیر استفاده از صمغ دانه شاهی بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی، رئولوژیکی و بافتی در ماست کم‌چرب می‌باشد.

مواد و روش‌ها

شیر پس‌چرخ با 0/5٪ چربی و استارتر ماست (ترکیبی از دو باکتری لاکتوباسیلوس دلبروکی زیرگونه بولگاریکوس و استرپتوکوکوس ترموفیلوس) از کارخانه پگاه روزانه (مشهد، ایران) تهیه شد. دانه شاهی نیز از یک عطاری در مشهد تهیه شد. عصاره هیدروکلوئیدی دانه شاهی با توجه به روش ارائه شده در پژوهش Karazhiyan و همکاران (2011) تهیه شد. به طور خلاصه، صمغ دانه شاهی از دانه کامل و با استفاده از آب مقطر با نسبت آب به دانه 30 به 1 و pH معادل 10 (با استفاده از محلول 0/1 مولار سود) استخراج شد. مخلوط آب و دانه به مدت 15 دقیقه در درجه حرارت 35 درجه سانتی‌گراد، به طور مداوم همزده شد. جداسازی صمغ از دانه‌های متورم، با عبور دادن دانه‌ها از یک اکستراکتور مجهز به صفحه چرخنده صورت گرفت. محلول بدست آمده پس از عبور از صافی خلأ، به منظور حذف ذرات اضافی، صاف شد و سپس در آن تنظیم شده در دمای 60 درجه سانتی‌گراد، خشک گردید. در انتها، توده استخراجی خشک‌شده آسیاب شد و پس از بسته بندی در شرایط خشک و خنک نگهداری شد. در این پژوهش، نمونه‌های ماست کم‌چرب از افزودن غلظت‌های مختلفی از صمغ دانه شاهی 0/05، 0/07، 0/1 و 0/15 درصد به شیر پس‌چرخ تهیه شد. نمونه شاهد، از شیر پس‌چرخ بدون افزودن هیدروکلوئید تهیه گردید. برای تیمارهای حاوی صمغ، شیر با صمغ مخلوط شده و پس از هم‌زدن مخلوط و اطمینان از انحلال کامل صمغ در شیر پس‌چرخ در دمای 85 درجه سانتی‌گراد، به مدت 30 دقیقه پاستوریزه شد. سپس تا دمای 43 درجه سانتی‌گراد، سرد شده و با استارتر ماست (یک میلی‌لیتر از مخلوط حاصل از 10 گرم استارتر افزوده شده به 100 میلی‌لیتر شیر پس‌چرخ برای کشت 100 میلی‌لیتر ماست کافی است) تلقیح گردید. در انتها، مخلوط حاصله درون ظروف پلاستیکی توزیع شده و سپس نمونه‌ها درون آن

K شاخص قوام ($Pa \cdot s^n$) و n شاخص رفتار جریان (بدون بعد) می‌باشد.

تغییرات اسیدیته

اسیدیته نسبت به نمونه شاهد افزایش معنی‌داری یافت. البته این افزایش در نمونه‌های حاوی 0/05 درصد صمغ دانه شاهی مشاهده نشد. در طول دوره نگهداری نیز افزایش معنی‌دار اسیدیته مشاهده شد (شکل 2). تغییرات اسیدیته با pH رابطه عکس دارد، بدین‌صورت که با افزایش غلظت صمغ در نمونه‌های ماست در طول دوره نگهداری، اسیدیته افزایش و pH کاهش یافت. Supavititpatana و همکاران (2008) گزارش کردند که با افزایش غلظت ژلاتین، اسیدیته محصول به طور معنی‌داری افزایش یافت.

تغییرات درصد آب‌اندازی

یکی از معایب عمده ماست آب‌اندازی است که در واقع به ظهور سرم یا آب پنیر در سطح ماست اطلاق می‌شود. آب‌اندازی در ماست به دلیل تغییرات pH و چروکیدگی ساختار سه بعدی شبکه پروتئینی رخ می‌دهد که منجر به کاهش قدرت اتصال پروتئین‌های آب پنیر و خروج آن از ماست می‌گردد. همان‌طور که در شکل 3 مشاهده می‌شود با افزایش غلظت صمغ، میزان آب‌اندازی نمونه‌ها کاهش یافته است. البته در غلظت 0/05 درصد آب‌اندازی افزایش یافت که این افزایش در سطح آماری 5 درصد معنادار نبود. کمترین میزان آب‌اندازی در نمونه حاوی غلظت 0/15 درصد صمغ مشاهده شد که به طور معنی‌داری نسبت به نمونه شاهد کاهش یافت. در طول دوره نگهداری 21 روزه در نمونه‌های حاوی 0/1 و 0/15 درصد آب‌اندازی کاهش معنی‌داری نشان داد. ولی در نمونه شاهد و دو غلظت دیگر آب‌اندازی افزایش یافت. رزمخواه و همکاران (1389) گزارش کردند که میزان آب‌اندازی نمونه‌های حاوی پکتین، صمغ دانه‌های مرو و ریحان در طی نگهداری نمونه‌ها افزایش یافت که این نتایج در مورد نمونه شاهد نیز صادق بود که می‌تواند به دلیل تأثیر زمان باشد زیرا زمان عامل بسیار مهمی در آب‌اندازی شبکه‌های ژلی می‌باشد. Al-kadamany و همکاران (2003) نتایج مشابهی در مورد تأثیر منفی زمان نگهداری بر میزان آب‌اندازی ماست چکیده سنتی مشاهده نمودند.

اندازه‌گیری بافت

اندازه‌گیری سفتی و چسبندگی بافت نمونه‌های ماست طبق روش اکستروژن برگشتی با استفاده از دستگاه آنالیز بافت Stable Micro Systems مدل TA-XT plus انجام شد. پروب مورد استفاده در این آزمون از نوع استوانه‌ای آلومینیومی با قطر 20 میلی‌متر بود. سرعت نفوذ پروب به داخل نمونه یک میلی‌متر در ثانیه و عمق نفوذ آن 25 میلی‌متر انتخاب شد.

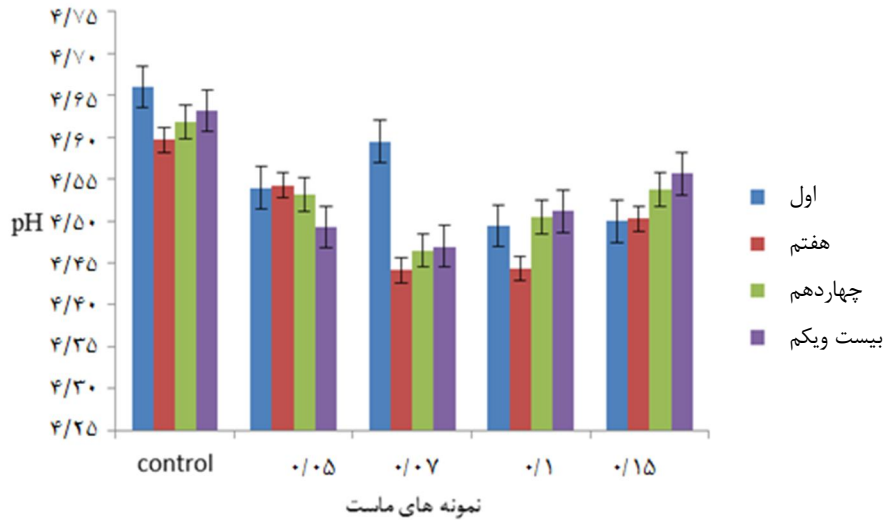
تجزیه و تحلیل آماری

این مطالعه بر پایه طرح کاملاً تصادفی و با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال $P < 0/05$ استفاده گردید. لازم به ذکر است که آزمون‌ها در دو تکرار انجام شد.

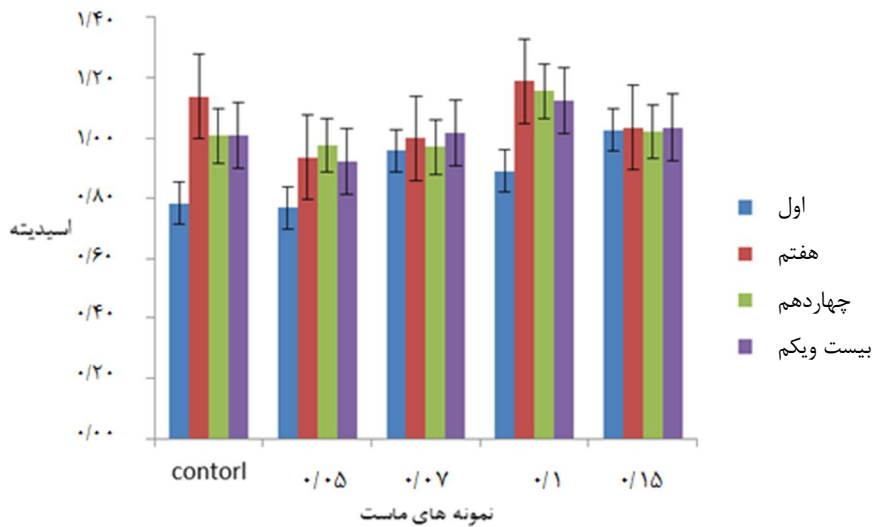
نتیجه و بحث

تغییرات pH و اسیدیته

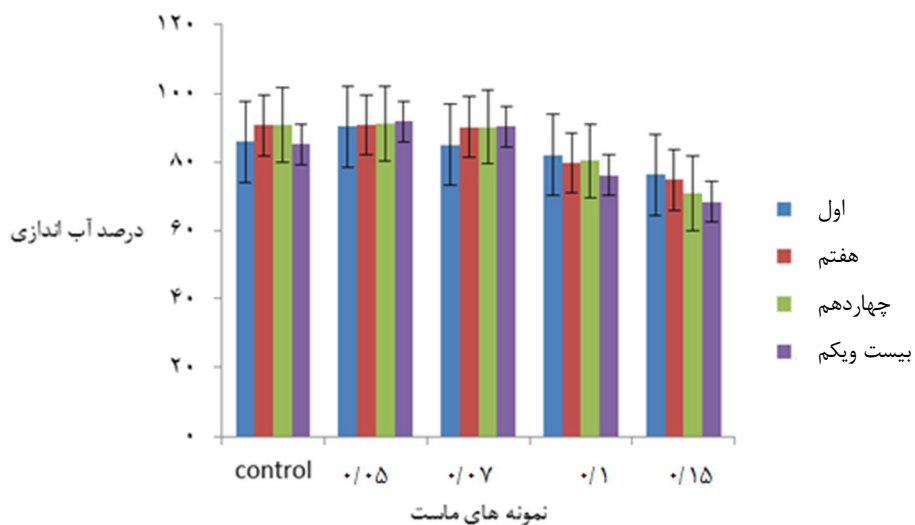
با افزودن صمغ به نمونه‌های ماست کم‌چرب، pH نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد کاهش یافت ($P < 0/05$). در طول دوره نگهداری در نمونه‌های 0/05 و 0/07 درصد همچون نمونه شاهد pH نسبت به روز اول کاهش یافت، کاهش pH نمونه‌ها در طول دوره نگهداری به دلیل فعالیت باکتری‌های ماست و تولید اسید می‌باشد (امیری عقداپی و همکاران، 1389). اما در غلظت‌های 0/1 و 0/15 درصد صمغ دانه شاهی در طول دوره نگهداری افزایش معنی‌دار pH مشاهده شد (شکل 1). McCann و همکاران (2011) گزارش کردند که افزودن ذرات دیواره سلولی هویج مخصوصاً در سطوح بالاتر باعث کاهش pH در مقایسه با نمونه کنترل می‌شود که این سرعت کاهش pH می‌تواند زمان تخمیر را در حدود یک ساعت کاهش دهد.



شکل 1- تغییرات pH نمونه‌های ماست‌های تولیدی در طول دوره نگهداری 21 روزه



شکل 2- تغییرات اسیدیته نمونه‌های ماست‌های تولیدی در طول دوره نگهداری 21 روزه



شکل 3- تغییرات درصد آب‌اندازی نمونه‌های ماست‌های تولیدی در طول دوره نگهداری 21 روزه

بررسی خصوصیات رئولوژیکی

کاهش یافته و هیدروکلوئیدهای مصرفی در این غلظت‌ها، ویژگی عملکردی افزایش ویسکوزیته را نشان ندادند. در طی دوره نگهداری، در غلظت 0/15 درصد، ویسکوزیته افزایش یافت و در بقیه غلظت‌ها، نوسان مشاهده شد. افزایش ویسکوزیته در روز 21 نسبت به روز اول در همه غلظت‌ها، به جز 0/07 درصد مشاهده شد که این افزایش ویسکوزیته در طول دوره نگهداری احتمالاً به علت ایجاد تغییرات در اتصالات پروتئین-پروتئین P و همچنین به علت افزایش ظرفیت اتصال به آب صمغ دانه شاهی (خاصیت جذب آب بالای هیدروکلوئیدها) که سبب کاهش جریان‌پذیری و افزایش مقاومت نمونه در برابر جاری شدن یا همان ویسکوزیته ظاهری می‌شوند (عباسی و رحیمی، 1384).

در این پژوهش، ویسکوزیته ظاهری در سرعت برشی 50 بر ثانیه، جهت تعیین رابطه بین ویسکوزیته با غلظت محاسبه شد. سرعت برشی 50 بر ثانیه به این دلیل انتخاب شد که این سرعت برشی به عنوان یک سرعت برشی مؤثر ارزیابی حسی در دهان گزارش شده است (Taylor & Morris, 1982). مطابق جدول 1 نمونه‌های حاوی صمغ دانه شاهی، دارای بیشترین ویسکوزیته در غلظت 0/1 درصد به مقدار 322/1 میلی‌پاسکال بر ثانیه در روز هفتم بودند و کمترین آن 77/82 در غلظت 0/15 درصد در روز اول مشاهده شد. با افزایش غلظت صمغ، ویسکوزیته کاهش یافت. این کاهش احتمالاً به دلیل کاهش درگیری‌های بین مولکولی در فاز جامد نمونه می‌باشد که با افزایش غلظت صمغ‌ها، ویسکوزیته نمونه‌های حاوی صمغ

جدول 1- تغییرات ویسکوزیته ظاهری در سرعت برشی 50 بر ثانیه در بین تیمارهای ماست کم‌چرب

ویسکوزیته	روز اول	روز هفتم	روز چهاردهم	روز بیست و یکم
شاهد	296/4 ^A	288/2 ^A	221/0 ^A	310/4 ^A
0/05	160/6 ^C	298/8 ^A	197/0 ^{AB}	246/7 ^{AB}
0/07	226/8 ^B	184/6 ^B	191/2 ^{AB}	209/4 ^{AB}
0/1	98/51 ^D	322/1 ^A	243/4 ^A	240/9 ^{AB}
0/15	77/82 ^E	101/0 ^B	125/0 ^B	139/9 ^B

اعداد دارای حروف یکسان در یک ستون بیانگر اختلاف بی‌معنی در سطح 95٪ می‌باشد ($P > 0/05$).

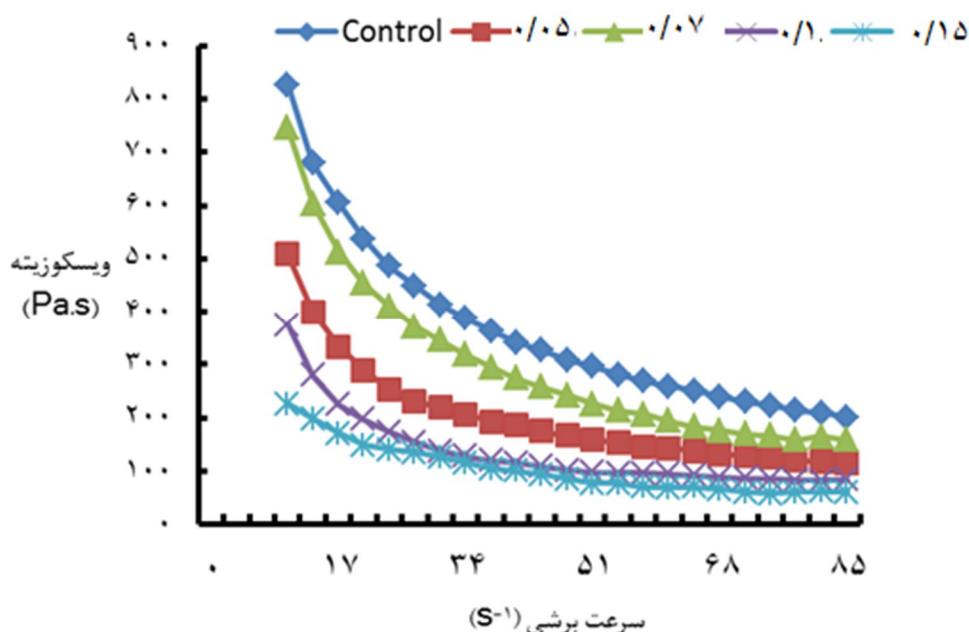
شکستن احتمالی ساختار پلیمرها در محلول بستگی دارد. همان‌طور که در شکل 4 مشاهده می‌شود در سرعت‌های برشی پایین با تغییر در سرعت برش، ویسکوزیته کاهش ناگهانی داشت؛ در حالی که در غلظت‌های بالاتر، این کاهش ملایم‌تر بود. روان شدن در اثر برش به دلیل قرار گرفتن مولکول‌ها در جهت برش است. با افزایش سرعت برش، پلیمر که دارای زنجیره‌های بلند هستند و به صورت تصادفی و به هم ریخته قرار دارند، به صورت ردیفی در جهت جریان قرار گرفته و باعث کاهش اتصالات زنجیره‌های جانبی پلیمر با یکدیگر می‌شوند. مقدار ویسکوزیته در سرعت برش پایین، مسئول ایجاد قوام در فرآورده‌های غذایی است (Morris & Taylor, 1982)، در حالی که مقدار ویسکوزیته در سرعت برشی بالا بیانگر ویسکوزیته

رزمخواه و همکاران (1389) گزارش کردند که ویسکوزیته نمونه‌های حاوی صمغ ریحان کاهش، اما با افزایش غلظت صمغ از 0/15 به 0/2 درصد ویسکوزیته نمونه‌ها افزایش یافتند. لذا ممکن است در غلظت‌های بالاتر، درگیری‌های بین مولکولی و فرورفتگی‌های داخلی که منجر به افزایش ویسکوزیته و افزایش محدودیت رانش مولکولی در اثر درگیری بین زنجیره‌های پلیمری ویسکوزیته افزایش یابد. در حالی که در پژوهشی غلظت‌های بالاتر از 0/02 درصد صمغ لوبیای اقاچیا سبب کاهش ویسکوزیته ظاهری ماست کم‌چرب شد (Unal et al., 2003).

کاهش ویسکوزیته با افزایش سرعت برشی، به عدم درگیری زنجیره‌های ماکرومولکولی تحت اثر میدان برشی (هم‌راستا شدن با جهت برش) و همچنین

بالکلی (0/95) بیشتر می‌باشد که براساس پژوهش عباسی و رحیمی (1384) امکان تغییر رفتار تحت تأثیر غلظت صمغ وجود دارد که در بسیاری از ترکیبات هیدروکلوئیدی دیده می‌شود. نتایج نشان داد که مقادیر n (شاخص رفتار جریان) به دست آمده کمتر از واحد هستند که تأیید می‌کند که این نمونه‌ها در تمام غلظت‌های مورد مطالعه مواد سودوپلاستیک (رقیق شونده با برش) هستند.

فرآورده در مراحل مختلف فرآیند است. از آنجا که ویسکوزیته محلول با افزایش سرعت برشی کاهش می‌یابد، کارایی پمپ کردن این گونه سیالات با افزایش سرعت جریان پمپ افزایش می‌یابد. مطابق با جدول 2 مدل مناسب برای توصیف رفتار جریان، با توجه به ضریب همبستگی (در محدوده 0/99-0/80)، مدل هرشل-بالکلی می‌باشد. در غلظت 0/05 درصد صمغ در روز 14 نگهداری ضریب همبستگی مدل توان (0/97) نسبت به مدل هرشل-



شکل 4- منحنی ویسکوزیته در برابر سرعت برشی در بین تیمارهای مختلف ماست در روز اول

کم‌چرب تفاوت معنی‌داری را در میزان سفتی نسبت به نمونه شاهد ایجاد نمی‌کند. بیشترین و کمترین مقدار سفتی به ترتیب در نمونه حاوی 0/07 درصد صمغ دانه شاهی در روز هفتم (0/037) و نمونه حاوی 0/05 درصد صمغ در روزهای اول و هفتم (0/028) مشاهده شد. در طول دوره نگهداری با افزایش سفتی در نمونه‌ها مشاهده شد. نمونه حاوی 0/15 درصد صمغ در روز 21، سفتی بیشتری در مقایسه با نمونه شاهد داشت. نمونه 0/05 درصد صمغ دانه شاهی در روز اول و هفتم نسبت به نمونه شاهد، نرمی بیشتری داشت و در روزهای 14 و 21 نمونه حاوی 0/1 درصد صمغ، نرمی بیشتری نسبت به نمونه‌های دیگر و نمونه شاهد داشت.

Farkas و Szczesniak (1962) نشان دادند که محلول صمغ با میزان بالای n تمایل دارد که در دهان حالت لزجی و چسبندگی ایجاد کند. هنگامی که ویسکوزیته بالا و احساس دهانی مطلوب مورد نظر است، نمونه‌ای را باید انتخاب کرد که مقدار n پایینی داشته باشد. بنابراین صمغ هیدروکلوئیدی دانه شاهی برای بکارگیری در فرمولاسیون‌هایی که بافت لزجی کمتر یا احساس دهانی مطلوب‌تر مورد نیاز است، بسیار مناسب است.

بررسی خصوصیات بافتی

همان‌طور که در جدول 3 مشاهده می‌شود، افزودن غلظت‌های مختلف صمغ دانه شاهی به ماست

جدول 2- پارامترهای مدل های قانون توان، هرشل - بالکلی و کاسون برای مخلوط ماست کم چرب حاوی صمغ دانه شاهی

دوره نگهداری	مدل توان	هرشل - بالکلی			کاسون						
		R ²	K	n	R ²	σ ₀	K				
شاهد	1	0/99	41/39 ^A	0/32 ^A	0/99	22/26 ^B	29/01 ^A	0/37 ^B	0/95	50/30 ^A	0/70 ^A
	7	0/99	31/34 ^{BC}	0/39 ^{AB}	0/99	5/14 ^A	27/91 ^{AB}	0/41 ^B	0/97	6/26 ^{ABC}	0/80 ^{AB}
	14	0/99	32/69 ^A	0/31 ^A	0/99	7/56 ^A	28/14 ^A	0/33 ^B	0/95	6/28 ^A	0/59 ^A
	21	0/99	46/98 ^A	0/31 ^A	0/99	16/45 ^C	36/31 ^A	0/34 ^{AB}	0/93	7/52 ^A	0/68 ^A
%0/05	1	0/97	27/20 ^B	0/28 ^{AB}	0/99	27/19 ^{AB}	7/33 ^B	0/51 ^B	0/98	32/04 ^B	0/46 ^B
	7	0/97	49/65 ^A	0/29 ^{BC}	0/98	15/21 ^A	37/52 ^A	0/33 ^B	0/94	7/69 ^A	0/64 ^B
	14	0/97	33/27 ^A	0/29 ^A	0/95	15/13 ^A	23/11 ^A	0/34 ^B	0/91	6/28 ^A	0/53 ^A
	21	0/98	36/00 ^A	0/32 ^A	0/99	21/08 ^{BC}	20/55 ^B	0/41 ^{AB}	0/97	6/62 ^A	0/62 ^A
%0/07	1	0/98	46/63 ^A	0/23 ^{AB}	0/97	12/63 ^B	34/62 ^A	0/27 ^B	0/92	53/66 ^A	0/47 ^B
	7	0/98	42/77 ^{AB}	0/20 ^{BC}	0/99	44/01 ^A	3/66 ^C	0/50 ^B	0/91	6/93 ^{AB}	0/40 ^{BC}
	14	0/96	44/16 ^A	0/20 ^{BC}	0/98	35/78 ^A	13/47 ^A	0/38 ^B	0/96	6/99 ^A	0/39 ^{AB}
	21	0/99	46/23 ^A	0/22 ^B	0/99	19/77 ^{BC}	28/93 ^{AB}	0/29 ^B	0/96	7/24 ^A	0/44 ^B
%0/1	1	0/73	24/49 ^{BC}	0/20 ^B	0/98	37/66 ^A	0/10 ^B	1/31 ^A	0/84	26/23 ^{BC}	0/31 ^C
	7	0/97	15/86 ^D	0/61 ^A	0/99	49/65 ^A	2/10 ^C	1/02 ^A	0/98	4/63 ^C	1/18 ^A
	14	0/97	44/05 ^A	0/27 ^{AB}	0/99	34/18 ^A	23/62 ^A	0/44 ^B	0/92	7/15 ^A	0/56 ^A
	21	0/93	35/61 ^A	0/33 ^A	0/98	56/76 ^A	2/66 ^C	0/83 ^{AB}	0/97	6/58 ^A	0/66 ^A
%0/15	1	0/91	16/18 ^C	0/24 ^{AB}	0/93	16/56 ^B	3/43 ^B	0/51 ^B	0/93	18/60 ^C	0/29 ^C
	7	0/79	29/75 ^{CD}	0/14 ^C	0/80	21/19 ^A	9/83 ^C	0/27 ^B	0/77	5/63 ^{BC}	0/20 ^C
	14	0/63	34/84 ^A	0/16 ^C	0/80	47/57 ^A	0/04 ^A	1/56 ^A	0/73	6/00 ^A	0/29 ^B
	21	0/81	32/28 ^A	0/21 ^B	0/90	44/67 ^{AB}	0/55 ^C	1/05 ^A	0/89	5/93 ^A	0/36 ^B

حروف غیرمشترک در هر ستون نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار در سطح 5 درصد بر اساس آزمون دانکن می باشد (P<0/05).

جدول 3- تغییرات سفتی در بین تیمارهای ماست

نمونه	روز اول	روز هفتم	روز چهاردهم	روز بیست و یکم
شاهد	0/029 ^A	0/032 ^A	0/037 ^A	0/031 ^A
0/05	0/028 ^A	0/028 ^A	0/034 ^A	0/034 ^A
0/07	0/032 ^A	0/037 ^A	0/036 ^A	0/034 ^A
0/1	0/029 ^A	0/029 ^A	0/030 ^A	0/031 ^A
0/15	0/029 ^A	0/032 ^A	0/033 ^A	0/035 ^A

حروف غیرمشترک در هر ستون نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار در سطح 5 درصد بر اساس آزمون دانکن می باشد (P<0/05).

نگهداری به دلیل ایجاد تغییرات در آرایش و اتصالات پروتئین ها با یکدیگر بود (Burkus & Temelli, 2005).

با گذشت زمان، بر میزان سفتی بافت نمونه ها افزوده شد؛ به طوری که بالاترین میزان سفتی بافت در نمونه های مربوط به روز 15 دوره نگهداری مشاهده شد که این افزایش سفتی بافت در طول دوره

چسبندگی را نمونه حاوی 0/15 درصد صمغ دانه شاهی (0/093-) در روز 21 دارا بود. در ارتباط با چسبندگی نمونه‌های ماست، می‌توان گفت که با توجه به این که نیروی چسبندگی، نیروی لازم جهت غلبه بر نیروی جاذبه سطحی بین ذرات است، لذا هرچه ساختار ژلی و شبکه پروتئینی نمونه‌های ماست از سفتی بیشتری برخوردار باشد، نیروی چسبندگی نیز بیشتر خواهد بود که نتایج حاصل از آزمایش سفتی بافت نیز آن را تأیید می‌کند. افزایش میزان غلظت هیدروکلوئید، منجر به کاهش میزان چسبندگی نمونه‌ها شد که می‌تواند ناشی از ایجاد شبکه سه‌بعدی پروتئینی ضعیف‌تر در این نمونه‌ها باشد. گذشت زمان نیز باعث افزایش چسبندگی نمونه‌ها شد؛ به طوری که بالاترین میزان چسبندگی در نمونه‌های روز 15 دوره نگهداری مشاهده شد (امیری عقداپی و همکاران، 1389).

رزمخواه و همکاران (1389) گزارش کردند که ماست فاقد چربی حاوی 0/2 درصد پکتین و 0/2 درصد مرو به ترتیب سفت‌ترین و نرم‌ترین نمونه‌ها بودند و از نظر آماری بین نمونه‌های شاهد، 0/05 درصد ریحان و غلظت‌های بالاتر از 0/1 درصد مرو تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ($P > 0/05$). Aziznia و همکاران (2008) گزارش کردند، با افزودن صمغ کتیرا در ماست کم‌چرب میزان سفتی بافت کاهش می‌یابد. در حالی که Sahan و همکاران (2008) با افزودن صمغ بتاگلوکان به ماست کم‌چرب، تغییر معنی‌داری در میزان سفتی بافت نمونه‌ها مشاهده نکردند.

در جدول 4 تغییرات چسبندگی در تیمارهای مختلف ماست کم‌چرب حاوی صمغ دانه شاهی نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می‌شود، افزایش غلظت صمغ موجب کاهش چسبندگی در مقایسه با نمونه شاهد می‌شود. کمترین میزان

جدول 4- تغییرات چسبندگی در بین تیمارهای ماست

نمونه	روز اول	روز هفتم	روز چهاردهم	روز بیست و یکم
شاهد	-0/038 ^A	-0/040 ^A	-0/041 ^A	-0/035 ^A
0/05	-0/060 ^{AB}	-0/076 ^{BC}	-0/080 ^B	-0/080 ^{BC}
0/07	-0/079 ^B	-0/082 ^C	-0/071 ^B	-0/065 ^B
0/1	-0/054 ^{AB}	-0/052 ^{AB}	-0/065 ^{AB}	-0/073 ^{BC}
0/15	-0/060 ^{AB}	-0/072 ^{BC}	-0/073 ^B	-0/093 ^C

حروف غیرمشترک در هر ستون نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح 5 درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشد ($P < 0/05$).

نتیجه‌گیری

می‌کند. کمترین میزان آب‌اندازی در نمونه حاوی غلظت 0/15 درصد از صمغ مشاهده شد که آب‌اندازی آن به طور معنی‌داری نسبت به نمونه شاهد کم‌تر بود. در طول دوره نگهداری 21 روزه نیز در نمونه‌های حاوی 0/1 و 0/15 درصد آب‌اندازی به صورت معنی‌داری کاهش یافت. افزایش غلظت صمغ سبب کاهش معنی‌دار ویسکوزیته شد که البته این کاهش با نوسان در بین غلظت‌های مختلف روبرو بود و در روزهای 7، 14 و 21 نیز ویسکوزیته کاهش یافت. ولی این کاهش ویسکوزیته فقط در غلظت 0/15 درصد معنی‌دار بود. در طی دوره نگهداری، در غلظت 0/15

با افزایش غلظت صمغ دانه شاهی، pH نمونه‌ها به طور معنی‌داری نسبت به نمونه شاهد کاهش یافت. در طول دوره نگهداری در غلظت‌های بالا (0/1 و 0/15 درصد) pH افزایش یافت؛ اما در غلظت‌های دیگر همچون نمونه شاهد pH کاهش یافت. با افزایش غلظت صمغ دانه شاهی، اسیدیته نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت. در طول دوره نگهداری نیز، اسیدیته به طور معنی‌دار افزایش یافت. با توجه به نتایج این پژوهش، صمغ دانه شاهی در کاهش میزان درصد آب‌اندازی به طور معنی‌داری موفقیت‌آمیز عمل

شاهد ایجاد نکرد. افزایش غلظت صمغ موجب کاهش چسبندگی در مقایسه با نمونه شاهد شد. سفتی در نمونه‌ها در طول دوره نگهداری افزایش یافت. نمونه حاوی 0/15 درصد صمغ در روز 21، سفتی بیشتری در مقایسه با نمونه شاهد داشت.

درصد ویسکوزیته افزایش یافت. مدل رئولوژیکی مناسب برای توصیف رفتار جریان با توجه به ضریب همبستگی، مدل هرشل- بالکلی بود. افزودن غلظت‌های مختلف صمغ دانه شاهی به ماست کم‌چرب، تفاوت معنی‌داری را در میزان سفتی با نمونه

منابع

1. آقازاده مشگی، م. محمدی، خ. توتونچی، س. و فراهانیان، ز. 1389. تولید ماست بدون چربی به هم نزنده با استفاده از نشاسته ذرت و ژلاتین. علوم غذایی و تغذیه، سال هفتم، شماره 3: 66-73.
2. امیری عقدایی، س. اعلمی، م. و رضایی، ر. 1389. بررسی تأثیر هیدروکلونید دانه اسفرزه بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی ماست کم‌چرب. نشریه پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران، جلد 6، شماره 3: 209-201.
3. رزمخواه شریانی، س. رضوی، م. بهزاد، خ. و مظاهری تهرانی، م. 1389. بررسی تأثیر استفاده از پکتین، صمغ دانه‌های مرو و ریحان بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی ماست چکیده بدون چربی. نشریه پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران، جلد 6، شماره 1: 27-36.
4. عباسی، س. و رحیمی، س. 1384. بررسی تأثیر غلظت، دما، pH و سرعت چرخشی روی رفتار جریان محلول صمغ کتیرای ایرانی. فصلنامه علوم و صنایع غذایی ایران، دوره 2، شماره 4: 29-42.
5. فرحناکی، ع. صفری، ز. احمدی گورجی، ف. و مصباحی، غ. 139. کاربرد ژلاتین به عنوان هیدروکلونید جایگزین چربی در تولید خامه کم‌چرب. فصلنامه علوم و صنایع غذایی، دوره 8، شماره 31: 45-52.
6. کاراژیان، ح. 1389. طبیعت پلی‌الکترولیتی صمغ دانه شاهی. نشریه پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران، جلد 6، شماره 1: 37-43.
7. Al-kadamany, E., Khattar, M., Haddad, T. & Toufeili, I. 2003. Estimation of shelf life of concentrated yoghurt by monitoring selected microbiological and physiological changes during storage. *Journal of Dairy Science*, 85:1023–1030.
8. Aziznia, S., Khosrowshahi, A., Madadlou, A. & Rahimi, J. 2008. Whey protein concentrate and gum tragacanth as fat replacers in nonfat yogurt: chemical, physical, and microstructural properties. *Journal of Dairy Science*, 91: 2545–2552.
9. Burkus, Z. & Temelli, F. 2005. Rheological properties of barley b-glucan. *Carbohydrate Polymers*, 59:459–465. doi: 10.1016/j.carbpol.2004.10.012.
10. Dickinson, E. 2003. Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems. *Food Hydrocolloids*, 17: 25-39. doi:10.1016/S0268-005X(01)00120-5.
11. Escudier, M. P., Oliveira, P. J. & Pinho, F. T. 2002. Fully developed laminar flow of purely viscous non-Newtonian liquids through annuli, including the effects of eccentricity and inner-cylinder rotation. *International Journal of Heat and Fluid Flow*, 23: 52–73. doi: 10.1016/s0142-727x(01)00135-7
12. Fisman, S. M., Lluch, M. A. & Salvador, A. 1999. Effect of addition of gelatin on microstructure of acidic milk gels and yoghurt and on their rheological properties, *International Dairy Journal*, 9: 895-901. doi: 10.1016/s0958-6946(00)00013-3.

13. Jimoh, K. O. & Kolapo, A. L. 2007. Effect of different stabilizers on acceptability and shelf-stability of soy yoghurt. *African Journal of Biotechnology*, 6 (8): 1000-1003.
14. Karazhiyan, H., Razavi, S.M.A., Phillips, G.O., Fang, Y., Al-Assaf, S., Nishinari, K. & Farhoosh, R. 2009. Rheological properties of *Lepidium Sativum* seed extract as a function of concentration, temperature and time. *Food Hydrocolloids*, 23: 2062-2068. doi:10.1016/j.foodhyd.2009.03.019.
15. Karazhiyan, H., Razavi, S. M. A. & Phillips, G. O. 2011. Extraction optimization of a hydrocolloid extract from cress seed (*Lepidium sativum*) using response surface methodology. *Food Hydrocolloids*, 25: 915-920. doi:10.1016/j.foodhyd.2010.08.022.
16. Khalifa, M. E. A., Elgasim, A. E., Zaghoul, A. H. & Mahfouz, M. B. 2011. Application of inulin and mucilage as stabilizers in yoghurt production. *American Journal of Food Technology*, 6: 1:31-39. doi:10.3923/ajft.2011.31.39.
17. Lai, L.S., Tung, J. & Lin, P.S. 2000. Solution properties of hsian-tsoo (*Mesona procumbens* Hemsl) leaf gum. *Food Hydrocolloids*, 14: 287-294. doi: 10.1016/s0268-005x(99)00069-7.
18. McCann, T.H., Fabre, F. & Day, L. 2011. Microstructure, rheology and storage stability of low-fat yoghurt structured by carrot cell wall particles. *Food Research International*, 44: 884-892. doi: 10.1016/j.foodres.2011.01.045.
19. Morris, E.R. & Taylor, L.J. 1982. Oral perception of fluid viscosity. *Progress in Food and Nutrition Science*, 6: 285-296.
20. Mullineux, G. & Simmons, M. J. H. 2008. Influence of rheological model on the processing of yoghurt. *Journal of Food Engineering*, 84:250-257. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2007.05.015
21. Paseephol, T., Small, D. & Sherkt, F. 2008. Rheology and texture of set yogurt as affected by inulin addition. *Journal of Texture Studies*, 39: 617-634. doi: 10.1111/j.1745-4603.2008.00161.x
22. Razavi, S.M.A., Farhoosh, R. & Bostan, A. 2007. Functional properties of hydrocolloid extract of some domestic Iranian seeds. Research project No.1475, Unpublished report, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
23. Sahan, N., Yasar, K. & Hayaloglu, A. 2008. Physical, chemical and flavor quality of nonfat yogurt as affected by a β -glucan hydrocolloidal composite during storage. *Food Hydrocolloids*, 22: 1291-1297. doi: 10.1016/j.foodhyd.2007.06.010.
24. Supavitpatana, P., Wirjantoro, T. I., Apichartsrangkoon, A. & Raviyan, P. 2008. Addition of gelatin enhanced gelatin of corn milk yogurt. *Food Chemistry*, 106 (1): 211-216. doi: 10.1016/j.foodchem.2007.05.058.
25. Szczesniak, A. S. & Farkas, E. 1962. Objective characterization of the mouth feel of gum solutions. *Journal of Food Science*, 27: 381-385. doi: 10.1111/j.1365-2621.1962.tb00112.x.
26. Unal, B., Metin, S. & Isikli, N.D. 2003. Use of response surface methodology to describe the combined effect of storage time, locust bean gum and dry matter of milk on the physical properties of low-fat set yoghurt. *International Dairy Journal*, 13: 909-916. doi: 10.1016/s0958-6946(03)00118-3.
27. Williams, P.A. & Phillips, G.O. 2000. Introduction to food hydrocolloids. In: Phillips, G.O., Williams, P.A. (Eds.), *Handbook of Hydrocolloids*. CRC Press, New York: 1-19.
28. Yadav, M.P., Johnston, D.B., Hotchkiss, A.T. & Hicks, K.B. 2007. Corn fiber gum a potential gum Arabic replacer for beverage flavor emulsification. *Food Hydrocolloids*, 21: 1022-1030. doi: 10.1016/j.foodhyd.2006.07.009.

Effect of Cress seed gum on rheological and textural properties of low-fat yoghurt

Armita Behnia^{1*}, Hojjat Karazhiyan², Razieh Niazmand³, Abdol Reza Mohammadi Nafchi⁴

1. MSc. Graduated Student, Department of Chemical Engineering, Islamic Azad University, Shahrood Branch, Shahrood, Iran
- * Corresponding author (armita.behnia@gmail.com)
2. Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Islamic Azad University, Torbat-Heydarieh Branch, Mashhad, Iran
3. Assistant Professor, Department of Food Chemistry, Research Institute of Food Science and Technology, Mashhad, Iran
4. Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Islamic Azad University, Damghan Branch, Damghan, Iran

Abstract

Nowadays, considering the increasing tendency for consuming low fat or non-fat products, it is preferred to use non-fat milk for yoghurt production. Cress seed has various pharmaceutical applications and for as much as it is known that this plant's seeds have high mucilage compounds, in this study different concentration levels (0.05, 0.07, 0.1, 0.15% w/w) of the gum used. pH, acidity, water loss, viscosity and the texture (hardness, adhesiveness) of produced yogurt during the storage time (1, 7, 14 and 21 days) was evaluated. pH decreased in comparing to control samples by adding hydrocolloid level to low fat yogurt samples. A significant increase in acidity was observed during storage. With increasing gum level water loss of samples decreased. Hardness of the samples increased during storage. The result of this study shows that the cress seed gum has a good potential for being used as a stabilizer in yogurt formulation.

Keywords: Cress seed gum, Low fat yogurt, Physicochemical properties, Textural, Rheological modeling