مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال هفتم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۱، صفحات ۱۱۹-۱۰۹

تأثیر تغییرات توأم pH و نمک کلسیم بر رفتار جریانی مخلوط صمغ‌های زانتان و ژلان

سینوش همت‌زاده دستگردی[۱]، محمد حجت الاسلامی[۲] ، اورنگ عیوض زاده[۳]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ورامین
۲- نویسنده مسئول: استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرکرد. پست الکترونیکی: mohojjat@iaushk.ac.ir
۳- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین

تاریخ دریافت: ۹۰/۱۱/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۱/۳/۲۳

چکیده

سابقه و هدف: تاکنون، مطالعات زیادی در زمینه بررسی اثر عوامل مختلف بر رفتار جریانی صمغ‌های مختلف صورت گرفته است. صمغ‌ها به دلیل ویژگی‌های عملکردی در صنایع غذایی مطرح هستند. این ویژگی‌ها تحت تأثیر شرایط فیزیکی و شیمیایی محلول و تغییرات یونی قرار دارند. pH و قدرت یونی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر این ویژگی‌ها است که تأثیر آن‌ها بر رفتار جریانی صمغ‌ها موضوع مطالعات متعدد بوده است. هدف از این مطالعه، بررسی اثر همزمان تغییرات pH و نمک کلسیم بر رفتار رئولوژیک مخلوط صمغ‌های زانتان و ژلان بود.

مواد و روش‌ها: به محلول مخلوط صمغ‌های زانتان و ژلان در pHهای ۷، ۵ و ۳ نمک کلسیم به میزان ۱ و ۵ میلی‌مولار اضافه شد. آزمون‌های رئولوژیکی با استفاده از رئومتر برنامه‌پذیر بروکفیلد مدل LV DV III در دمای $25^{\circ}C$ انجام گرفت. مدل رئولوژیکی هرشل بالکلی بر داده‌های تجربی به دست آمده برازش داده شد و تأثیر عوامل مورد مطالعه بر شاخص‌های مدل تعیین شد.

یافته‌ها: تغییرات pH بر جذب و میان‌کنش‌های کاتیون‌ها بر رشته‌های صمغ مؤثر بود. کاهش pH تا ۳ سبب کاهش تغییرات گرانروی ظاهری نمونه‌ها در اثر افزودن نمک شد. مشخص شد که غلظت صمغ‌ها، نسبت اختلاط آن‌ها و غلظت نمک کلسیم نیز بر رفتار رئولوژیکی مخلوط صمغ‌ها مؤثر است.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که تغییرات pH و غلظت نمک بر رفتار رئولوژیکی مخلوط صمغ‌های زانتان و ژلان تأثیر معنی‌داری دارد. بنابراین، دستیابی به یک عملکرد مناسب برای مخلوط زانتان و ژلان در یک ماده غذایی تحت تأثیر اثر توأم pH و قدرت یونی ماتریکس غذایی است و مطالعه تأثیر نمک‌ها و اسیدهای دیگر پیشنهاد می‌شود.

واژگان کلیدی: صمغ زانتان، صمغ ژلان، رئولوژی پایا، نمک کلسیم

• مقدمه

واژه هیدروکلوئیدها به گستره وسیعی از پلی‌ساکاریدها و پروتئین‌هایی اطلاق می‌شود که امروزه به طور گسترده‌ای در بخش‌های متنوع صنعتی برای قوام‌دهندگی و ایجاد ژل در محلول‌های آبی، پایدارسازی کف‌ها، امولسیون‌ها و محلول‌ها، جلوگیری از تشکیل کریستال‌های یخ و شکر به کار می‌روند (۱). بررسی ویژگی‌های مخلوط صمغ‌ها و بررسی اثر عوامل مختلف بر رفتار آن‌ها برای چگونگی کاربرد آن‌ها در شرایط گوناگون و در فراورده‌های غذایی مختلف اطلاعات مفیدی را به دست می‌دهد (۲).

صمغ زانتان یک پلی‌ساکارید خارج سلولی است که توسط میکروارگانیسم *گزانتوموناس کامپستریس* (*Xanthomonas campestris*) ترشح می‌شود. زانتان در آب سرد محلول است و ویسکوزیته آن در گستره وسیعی از دما و pH بسیار پایدار است. محلول‌های صمغ زانتان، رفتار روان‌شونده با برش (Shear- thinning)نشان می‌دهند(۳، ۱). ویژگی‌های غیرمعمول و بسیار مفید زانتان در اثر پایداری ساختار ملکولی باز این صمغ است که ناشی از حفاظت زنجیره اصلی سلولزی و خطی آن توسط زنجیره‌های فرعی تری‌ساکاریدی آنیونی است (۱). بررسی نشان داده است که محلول‌های زانتان یک تنش حد اولیه دارند که برای جریان یافتن محلول باید بر آن غلبه شود (۳). بررسی اثر تغییرات pH بر گرانروی محلول‌های زانتان نشان داده است که تغییرات pH اثر کمی بر گرانروی محلول‌های زانتان دارد و اثر این عامل در غلظت‌های کم زانتان بیشتر مشهود است(۴). بررسی اثر املاح بر گرانروی محلول‌های صمغ‌های یونی (مانند زانتان) و غیریونی هم نشان داده است در محلول

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2024-04-19]

صمغ زانتان که یک صمغ یونی است، نمک‌ها در غلظت‌های کمتر از ۰/۲۵ درصد، سبب کاهش گرانروی صمغ می‌شوند (۵). در حقیقت ملکول‌های زانتان در محلول بدون نمک در اثر بارهای منفی روی زنجیره‌های فرعی به صورت باز و گسترده هستند؛ درحالی که پس از افزودن نمک، پیوند نمک با گروه‌های آنیونی سبب جمع‌شدگی زنجیره‌های جانبی روی زنجیره اصلی، کاهش حجم هیدرودینامیکی و گرانروی محلول صمغ می‌شود (۶). صمغ لوبیای لوکاست (LBG) که یک صمغ غیریونی است، به نمک واکنش چندانی نشان نمی‌دهد و نمک اثر زیادی بر حجم هیدرودینامیکی آن ندارد (۶). *Dario* و همکاران نیز نشان دادند که نمک‌های محلول مانند کلرید کلسیم و نیترات کلسیم در غلظت‌های ۱ و ۱۰ گرم بر لیتر، ضریب قوام محلول زانتان را کاهش می‌دهند (۷).

صمغ ژلان یک پلی‌ساکارید خارج سلولی از میکروارگانیسم *اسفینگوموناس الودئا* (*Sphingomonas elodea*) است. صمغ ژلان با گروه‌های آسیل زیاد (High Acyle) برای تشکیل ژل به حضور کاتیون‌ها نیاز ندارد، ولی صمغ ژلان با گروه‌های آسیل کم (Low Acyle) در غلظت‌های پایین، وقتی که محلول‌های داغ آن در حضور کاتیون‌ها سرد شوند، تشکیل ژل می‌دهد (۱). در حضور کاتیون‌های دوظرفیتی، میان‌کنش‌های قوی‌تری بین کربوکسیلات- کاتیون-کربوکسیلات ایجاد می‌شود(۸). در مطالعه‌ای که روی ویژگی‌های رئولوژیک ژلان انجام گرفت، محلول ۱/۵٪ ژلان در دمای ۴۵°C رفتار نیوتنی نشان داد، در حالی که رفتار جریانی محلول‌های ۲٪ ژلان با مدل قانون توان مطابقت داشت (۹). مطالعه شبکه‌های ژلی ژلان نیز نشان داد که تشکیل شبکه ژلی در غلظت‌های کم ژلان به میزان یون‌ها و تراکم شبکه به غلظت ژلان بستگی دارد(۱۰).

بررسی اثر مقادیر مختلف pH بر آرایش زنجیره‌های ژلان در سیستم‌های آبی توسط *Horinaka* و همکاران نشان داد که pH بر آرایش زنجیره‌های مارپیچی ژلان اثر می‌گذارد. هم‌چنین، اثر pH با تغییر در ماهیت آنیونی زنجیره‌های این صمغ مرتبط است (۱۱). *Moritaka* و همکاران نیز وجود واکنش متقابل بین یون‌های کلسیم و گروه‌های کربوکسیل در ملکول‌های ژلان را تأیید کردند (۱۲). مطالعه ویژگی‌های رئولوژیک نمونه‌های صمغ ژلان با میزان آسیل متفاوت در حضور نمک پتاسیم توسط *Noda* و همکاران نشان داد که در حضور پتاسیم، ساختمان شبکه بیشتر توسط اتصالات انتهایی زنجیره‌های ژلان ایجاد می‌شود و اتصالات جانبی بین زنجیره‌ها کمتر است(۱۳). نتایج مطالعه *Nickerson* و همکاران نشان داد که افزایش ویسکوزیته ظاهری محلول صمغ ژلان، به نسبت یون‌های کلسیم وگروه‌های کربوکسیل موجود در ساختمان صمغ بستگی دارد و افزودن کلسیم بیشتر، سبب کاهش گرانروی ظاهری و تضعیف یا شکستن ساختار ژل اولیه می‌شود (۱۴). در مطالعه‌ای که روی صمغ‌های زانتان و ژلان صورت گرفت، در اثر افزودن کلرید سدیم به محلول ۰/۱ ٪ زانتان رفتار روان‌شونده با برش تشدید شد. محلول ۰/۱٪ ژلان نیز بدون افزودن نمک گرانروی پایینی داشت و رفتار نیوتنی نشان داد، ولی افزودن کلرید کلسیم سبب افزایش قابل توجه در گرانروی ظاهری و تغییر رفتار به غیرنیوتنی شد. رفتار رئولوژیک محلول‌های ژلان در این تحقیق با مدل *هرشل بالکلی* مطابقت داشت (۱۵). در مطالعات *Rodriguez-Hernandez* و *Tecante* مشخص شد در مخلوط ژلان با کاراگینان و زانتان، وقتی میزان کاراگینان یا زانتان افزایش می‌یابد، میزان کاتیون برای اتصال زنجیره‌های ژلان کافی نیست. این موضوع رقابت بین صمغ‌ها برای جذب کاتیون‌ها را نشان می‌دهد (۱۶).

بررسی مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که هر یک از صمغ‌ها بسته به ساختار شیمیایی، زنجیره‌های جانبی و شکل ملکولی، در شرایط مختلف محیطی از نظر pH و وجود املاح رفتارهای متفاوتی نشان می‌دهند. هم‌چنین، نتایج مطالعات پیشین نشان می‌دهد که در غلظت یکسان نمک‌ها، اثر کاتیون‌های دوظرفیتی بر میان‌کنش‌های هیدروکلوئیدها و خواص رئولوژیکی آن‌ها بسیار بیشتر از کاتیون‌های تک‌ظرفیتی است (۱۸، ۱۷، ۶). به همین دلیل، در این تحقیق اثر نمک دوظرفیتی کلسیم که به طور طبیعی در بسیاری از مواد غذایی وجود دارد، بر ویژگی‌های رئولوژیکی مخلوط صمغ‌های زانتان و ژلان بررسی شد. در بیشتر مطالعات پیشین، اثر افزودن نمک بر محلول صمغ‌ها بدون در نظر گرفتن pH محلول، بررسی شده بود (۱۸، ۱۶، ۱۴، ۱۲، ۷، ۶). در حالی که تغییر pH نقش بسیار مهمی در پیوند پلیمرهای یونی با نمک دارد. با توجه به این‌که در مطالعات پیشین اثر همزمان عامل pH و نمک بر گرانروی ظاهری و رفتار رئولوژیک مخلوط صمغ‌ها بررسی نشده است، هدف از انجام این تحقیق، بررسی اثر افزودن نمک کلسیم بر ویژگی‌های رئولوژیک مخلوط صمغ‌های زانتان و ژلان در pHهای مختلف بود.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2024-04-19]

• مواد و روش‌ها

صمغ زانتان (G1253) از شرکت *سیگما* (Sigma Chemical Co) و صمغ ژلان (Fluka No 17332) از شرکت *فلوکا* (Fluka Chemika) تهیه شد. با توجه به این‌که در این تحقیق، بررسی ساختار ژل‌ها مورد نظر نبود و هدف، بررسی ویژگی‌های قوام‌دهندگی صمغ‌ها و تغییرات گرانروی ظاهری در شرایط مختلف بود، غلظت ۰/۱٪ برای صمغ زانتان و غلظت ۰/۰۲ درصد برای صمغ ژلان در نظر گرفته شد.

آماده‌سازی محلول‌های صمغ زانتان و ژلان: محلول‌های صمغ زانتان و ژلان توسط افزودن آرام پودر صمغ به آبِ دو بار تقطیر دیونیزه و هم زدن مداوم توسط دستگاه همزن مغناطیسی به مدت یک ساعت تهیه شدند. محلول‌های تهیه شده به منظور حل شدن کامل صمغ و بهبود جذب آب به مدت یک ساعت در بن ماری ۸۰°C قرارداده شدند. به منظور تکمیل هیدراتاسیون به مدت ۱۶ ساعت در یخچال (دمای ۴°C) قرار داده شدند و سپس مورد آزمون قرار گرفتند. برای تهیه تیمارهای مختلف از مخلوط صمغ‌های مذکور، پس از رسیدن دمای محلول‌ها به ۲۵°C مخلوط‌های صمغی به نسبت‌های حجمی ۱۰۰:۰، ۷۵:۲۵، ۵۰:۵۰، ۲۵:۷۵ و ۰:۱۰۰ تهیه و به مدت ۱۰ دقیقه با استفاده از همزن مغناطیسی مخلوط شدند. pH هریک از محلول‌های فوق توسط افزودن محلول‌های اسید کلریدریک و هیدروکسید سدیم یک نرمال و با استفاده از دستگاه pHمتر (مدل Metrohm 741، سوئیس) در مقادیر ۳، ۵ و ۷ تنظیم شد و رفتار جریانی محلول‌ها در pHهای مذکور مورد بررسی قرار گرفت. جهت بررسی اثر نمک کلسیم بر رفتار جریانی هریک از محلول‌ها در pHهای مختلف، هریک از محلول‌های فوق پس از افزودن نمک $CaCl_2$ به میزان ۱ و ۵ میلی‌مولار، مورد آزمون رئولوژیکی قرار گرفتند.

آزمون‌های رئولوژیک: آزمون‌های رئولوژیک با استفاده از رئومتر برنامه‌پذیر *بروکفیلد* (مدل LV DV III ، آمریکا و اسپیندل ULA (UL Adapter) انجام گرفت. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Rheocalc (Rheocalc V 3.2 Build 47-1) پردازش شد. اسپیندل ULA بر اساس ژئومتری استوانه هم محور است که میزان چرخش استوانه داخلی برحسب دور بر دقیقه به دستگاه داده می‌شود. بنا به توصیه سازنده دستگاه، محدوده سرعت چرخشی طوری تنظیم شد که گشتاور بین ۱۰ تا ۹۰ درصد باشد. مقادیر گرانروی ظاهری و تنش برشی برای مقادیر مختلف نرخ برش تعیین شد. کلیه آزمون‌ها در دمای ۲۵°C انجام گرفت. به این منظور از بن‌ماری *بروکفیلد* مجهز به سیرکولاتور (مدل Brookfield TC 502) استفاده شد. برای توصیف رفتار رئولوژیک محلول صمغ‌ها از مدل رئولوژیکی *هرشل بالکلی*(معادله ۱) استفاده شد. میزان مطابقت رفتار جریانی هریک از تیمارها با این مدل توسط محاسبه ضریب همبستگی تعیین شد.

معادله ۱:

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

در این معادله، σ بیانگر تنش برشی ($dyne/cm^2$)، $\dot{\gamma}$ نرخ برش (s^{-1})، K ضریب قوام سیال($dyne\ s^n/cm^2$)، n اندیس جریان(بدون واحد) و σ_0 تنش حد ($dyne/cm^2$) می‌باشد.

کلیه تیمارها در محدوده نرخ‌های برش مورد مطالعه، برازش خوبی با این مدل رئولوژیکی نشان دادند و در نرخ‌های برش مورد مطالعه در همه تیمارها ضریب همبستگی با این مدل، بیشتر از ۰/۹۹ به دست آمد (R^2>0/99). تأثیر تغییرات pH و غلظت نمک کلسیم بر متغیرهای رئولوژیک در این مدل بررسی شد.

روش‌های آماری: با استفاده از داده‌های آزمون‌ها و تعیین مقادیر گرانروی ظاهری در هر نرخ برش، رفتار جریانی مربوط به تیمارهای مورد آزمون تعیین شد. کلیه آزمون‌ها در قالب طرح کاملا تصادفی و با سه تکرار انجام گرفت. نتایج حاصل با نرم افزار $SPSS_{17}$ تجزیه و تحلیل شد. میانگین داده‌های هریک از آزمون‌ها به همراه انحراف معیار ارائه شد و برای مقایسه میانگین تیمارها در هر یک از نسبت‌های اختلاط صمغ ها، از آزمون دانکن در سطح ۵٪ استفاده شد. هم‌چنین، اطلاعات به دست آمده از آزمایش‌های رئولوژیکی با استفاده از نرم‌افزارهای Rheocalc و Excel جهت تعیین مدل رئولوژیکی مناسب پردازش شد.

• یافته‌ها

اثر نمک کلسیم بر رفتار رئولوژیکی محلول صمغ زانتان در pHهای مختلف: تغییرات گرانروی ظاهری محلول صمغ زانتان در مقابل نرخ برش در pHهای ۳، ۵ و ۷ و در حضور نمک کلسیم (۱ و ۵ میلی‌مولار) در شکل ۱ نشان داده شده است. همان گونه که مشاهده می‌شود، کاهش مقادیر گرانروی ظاهری با افزایش نرخ برش، نمایانگر

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2024-04-19]

رفتار روان‌شونده با برش، در تیمارهای مورد بررسی می‌باشد. کاهش pH از ۷ به ۵ تأثیر چندانی بر مقادیر گرانروی ظاهری نداشت، ولی کاهش بیشتر pH سبب کاهش مقادیر گرانروی ظاهری شد. در هر سه pH، افزودن نمک سبب کاهش مقادیر گرانروی ظاهری شد و با افزایش غلظت نمک نیز کاهش بیشتری در مقادیر گرانروی ظاهری مشاهده شد.

بررسی مقادیر ضریب قوام در جدول ۱ نشان می‌دهد که در اثر کاهش pH محلول زانتان از ۷ به ۵ ضریب قوام به میزان بسیار کمی افزایش یافت، ولی با کاهش بیشتر pH (تا ۳) کاهش قابل ملاحظه‌ای در مقادیر ضریب قوام مشاهده شد($p<۰/۰۵$). افزودن نمک کلسیم نیز سبب کاهش ضریب قوام در همه pHها شد. این کاهش در pHهای ۷ و ۵ بیشتر و در pH =۳ کمتر بود. هم‌چنین، با تغییر pH از ۷ به ۵ تغییری در اندیس جریان مشاهده نشد، ولی با کاهش pH به ۳ میزان اندیس جریان به طور معنی‌داری افزایش یافت ($p<۰/۰۵$). افزودن نمک در همه pHها منجر به افزایش اندیس جریان شد که این افزایش در pHهای ۷ و ۵ معنی‌دار بود. با افزایش غلظت کلسیم نیز مقادیر اندیس جریان افزایش یافت($p<۰/۰۵$). ولی در pH =۳ افزودن نمک و افزایش غلظت آن اثر معنی‌داری بر اندیس جریان نداشت. هم‌چنین، تغییر pH و افزودن نمک تغییر معنی‌داری در مقادیر تنش حد ایجاد نکرد.

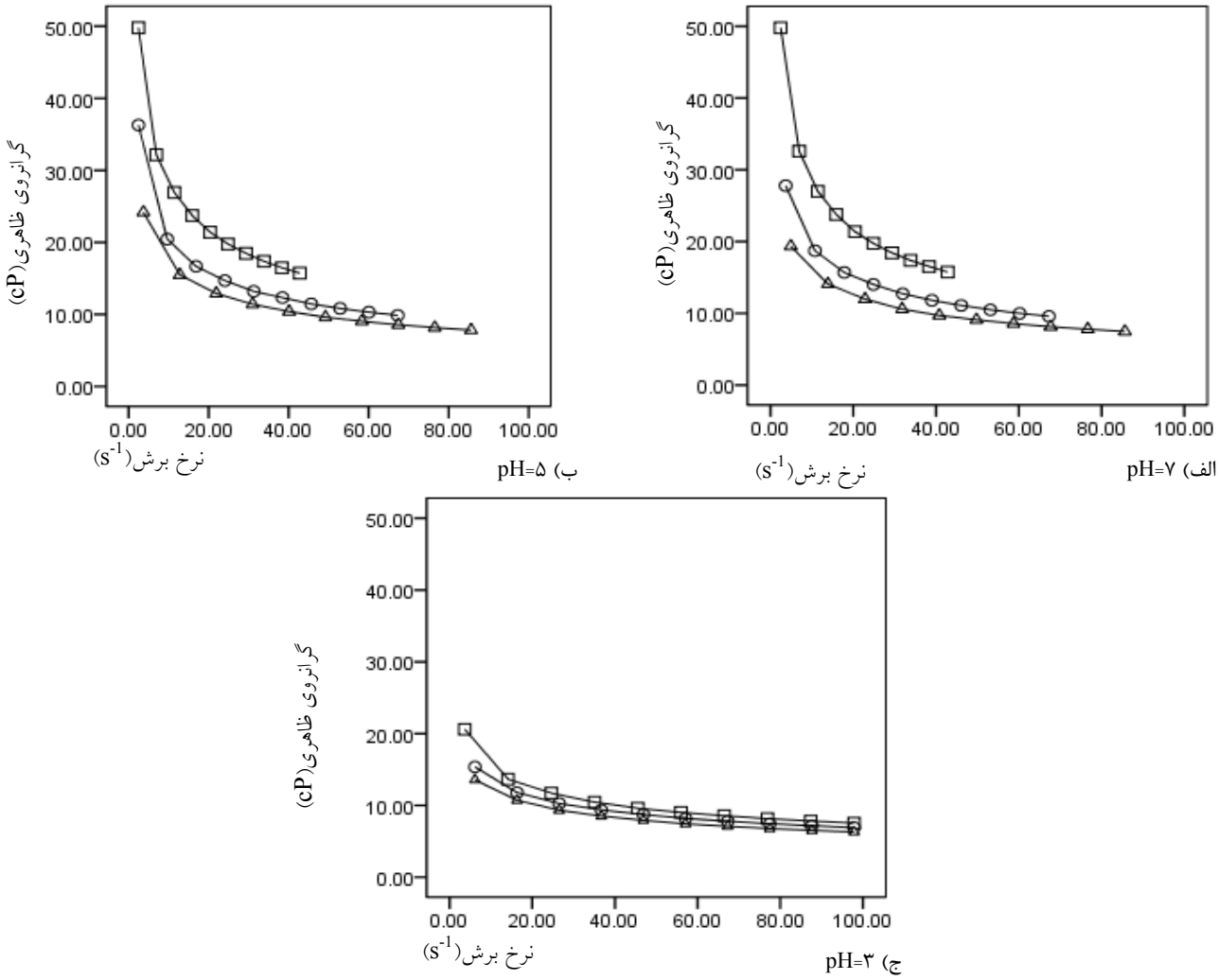
اثر نمک کلسیم بر رفتار رئولوژیکی محلول صمغ ژلان در pHهای مختلف: تغییرات گرانروی ظاهری محلول صمغ ژلان در مقابل نرخ برش در pHهای ۳، ۵ و ۷ و در حضور نمک کلسیم (۱ و ۵ میلی‌مولار) در شکل ۲ نشان داده شده است. در محلول‌های صمغ ژلان با افزایش نرخ برش، گرانروی افزایش یافت و رفتار جزئی سفت‌شونده (Shear- thickening) در همه pHها مشاهده شد. افزودن غلظت نمک به میزان ۵ میلی‌مولار در pHهای ۵ و ۷ سبب افزایش مقادیر گرانروی و ایجاد رفتار روان‌شونده به خصوص در نرخ‌های برش پایین شده است. ولی در pH=۳ افزودن کلسیم به میزان ۱ یا ۵ میلی‌مولار گرانروی ظاهری را به میزان اندکی کاهش داد.

جدول ۱. تأثیر تغییرات pH و غلظت نمک کلسیم بر متغیرهای رئولوژیک محلول ۰/۱ درصد صمغ زانتان در مدل هرشل بالکلی

تیمار	pH	غلظت یون کلسیم (میلی‌مولار)	تنش حد (σ_0)	ضریب قوام (K)	اندیس جریان (n)
محلول صمغ زانتان	۷	۰	۰/۰۲±۰/۰۱	۷۹/۲±۰/۸	۰/۵۸±۰/۰۲
		۱	۰/۰۱±۰/۰۱	۴۷/۹±۰/۶	۰/۶۲±۰/۰۳
		۵	۰/۰۱±۰/۰۰۸	۳۸/۲±۰/۷	۰/۶۴±۰/۰۲
	۵	۰	۰/۰۱±۰/۰۰۵	۷۹/۴±۰/۹	۰/۵۸±۰/۰۶
		۱	۰/۰۱±۰/۰۱	۴۸/۱±۰/۵	۰/۶۲±۰/۰۴
		۵	۰/۰۲±۰/۰۰۶	۳۹/۸±۰/۷	۰/۶۴±۰/۰۷
	۳	۰	۰/۰۲±۰/۰۱	۳۲/۵±۰/۸	۰/۶۸±۰/۰۵
		۱	۰/۰۱±۰/۰۰۷	۲۸/۹±۰/۶	۰/۶۹±۰/۰۰۸
		۵	۰/۰۱±۰/۰۱	۲۵/۹±۰/۸	۰/۶۹±۰/۰۷

نتایج به صورت میانگین± انحراف معیار(mean ± SD) در محدوده نرخ برش (s^{-1} ۱۰۰تا ۵) و در دمای $^{\circ}C$ ۲۵ گزارش شده است.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2024-04-19]

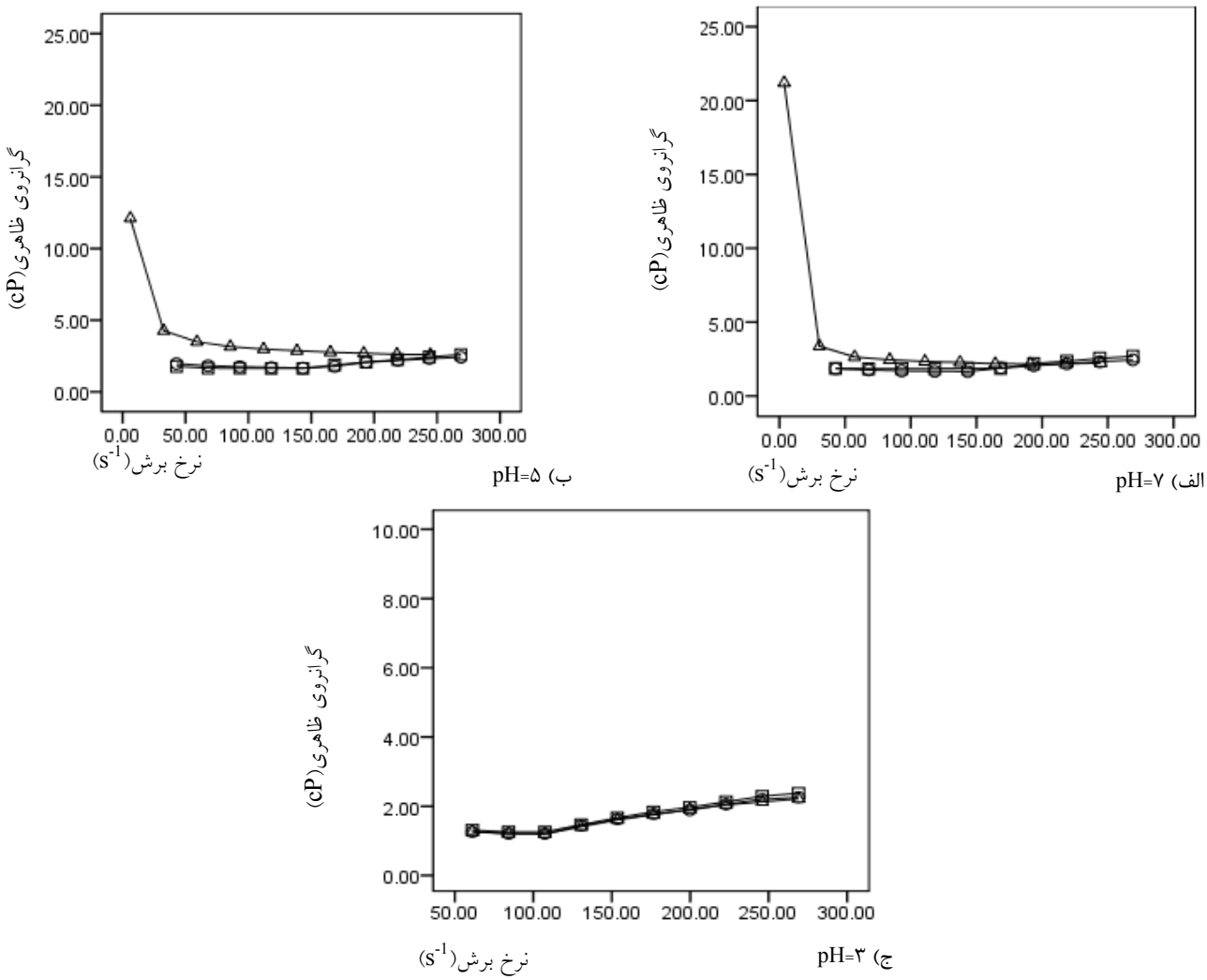


شکل ۱. گرانروی ظاهری محلول‌های صمغ زانتان در مقابل نرخ برش

□ بدون نمک
O کلرید کلسیم به میزان ۱ میلی‌مولار
Δ کلرید کلسیم به میزان ۵ میلی‌مولار

بررسی مقادیر ضریب قوام در جدول ۲ نشان می‌دهد که کاهش pH از ۷ به ۵ تغییری درضریب قوام ایجاد نکرد ولی با کاهش pH تا ۳ ضریب قوام اندکی افزایش یافت. البته این افزایش از نظر آماری معنی‌دار نبود. در تیمارهای با pH ۷ و ۵ افزودن یک میلی‌مولار نمک کلسیم، اثر معنی‌داری بر ضریب قوام نداشت، ولی افزایش غلظت نمک به میزان ۵ میلی‌مولار، سبب افزایش ضریب قوام شد ($p<۰/۰۵$). در pH =۳ هم تغییرات ضریب قوام ناشی از افزودن یون کلسیم بسیار اندک بود و افزودن نمک سبب ایجاد تغییرات معنی‌داری در ضریب قوام نشد. رفتار محلول صمغ ژلان در شرایط مورد مطالعه سفت‌شونده بود ($n>1$). مقادیر اندیس جریان با کاهش pH از ۷ به ۵ افزایش اندکی داشت که از نظر آماری معنی‌دار نبود. ولی کاهش pH تا ۳ سبب کاهش اندیس جریان شد ($p<۰/۰۵$). افزودن نمک به میزان ۱ میلی‌مولار بر اندیس جریان اثر معنی‌داری نداشت، ولی در pH های ۷ و ۵ با افزودن ۵ میلی‌مولار نمک، اندیس جریان به طور معنی‌داری کاهش یافت ($p<۰/۰۵$). بررسی مقادیر تنش حد نیز نشان می‌دهد که کاهش pH سبب کاهش میزان تنش حد شده است. هم‌چنین، افزودن نمک‌ها در pH های ۷ و ۵ به میزان ۵ میلی‌مولار، سبب کاهش معنی‌داری در میزان تنش حد شد($p<۰/۰۵$).

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2024-04-19]



شکل ۲ . گرانروی ظاهری محلول‌های صمغ ژلان در مقابل نرخ برش

□ بدون نمک
O کلرید کلسیم به میزان ۱ میلی‌مولار
Δ کلرید کلسیم به میزان ۵ میلی‌مولار

جدول ۲. تأثیر تغییرات pH و غلظت نمک کلسیم بر متغیرهای رئولوژیک محلول ۰/۰۲ درصد صمغ ژلان در مدل هرشل بالکلی

تیمار	pH	غلظت یون کلسیم (میلی‌مولار)	تنش حد (σ_0)	ضریب قوام (K)	اندیس جریان (n)
محلول صمغ ژلان	۷	۰	۰/۷۴±۰/۰۷	۰/۰۱±۰/۰۰۵	۱/۹۱±۰/۰۶
		۱	۰/۶۶±۰/۰۶	۰/۰۲±۰/۰۰۳	۱/۸۵±۰/۰۳
		۵	۰/۶۴±۰/۰۷	۰/۴۴±۰/۰۰۷	۱/۲۷±۰/۰۷
	۵	۰	۰/۶۷±۰/۰۲	۰/۰۱±۰/۰۰۸	۱/۹۸±۰/۰۴
		۱	۰/۷۳±۰/۰۳	۰/۰۲±۰/۰۰۴	۱/۸۹±۰/۰۳
		۵	۰/۴۸±۰/۱	۲/۸۵±۰/۲	۰/۹۷±۰/۰۵
	۳	۰	۰/۲۸±۰/۰۷	۰/۰۳±۰/۰۰۸	۱/۷۹±۰/۰۶
		۱	۰/۲۵±۰/۰۴	۰/۰۳±۰/۰۱	۱/۷۷±۰/۰۲
		۵	۰/۲۲±۰/۰۵	۰/۰۴±۰/۰۰۷	۱/۷۲±۰/۰۳

نتایج به صورت میانگین± انحراف معیار(mean ± SD) در محدوده نرخ برش ($۲۷۰s^{-1}$ تا ۳۰) و در دمای $^{\circ}C$ ۲۵ گزارش شده است.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2024-04-19]

اثر نمک کلسیم بر رفتار رئولوژیکی مخلوط صمغ‌های زانتان و ژلان در pHهای مختلف: تأثیر تغییرات pH و غلظت نمک کلسیم بر متغیرهای رئولوژیک مخلوط‌های صمغ‌های زانتان و ژلان در مدل *هرشل بالکلی* در جدول ۳ نشان داده شده است. تغییرات این متغیرها در هریک از نسبت‌های اختلاط دو صمغ به این شرح مورد بررسی قرار گرفت.

الف) مخلوط صمغ‌های زانتان و ژلان به نسبت ۷۵ به ۲۵: بررسی تغییرات متغیرهای رئولوژیک مخلوط محلول‌های صمغ زانتان و ژلان به نسبت ۷۵ به ۲۵ در جدول ۳ نشان داد که در اثر کاهش pH ضریب قوام کاهش یافته و اندیس جریان افزایش یافت. افزودن نمک کلسیم نیز باعث کاهش ضریب قوام و افزایش مقادیر اندیس جریان شد که این تغییرات در pHهای ۷ و ۵ معنی‌دار بود ($p<0/05$). رفتار محلول مخلوط صمغ‌های زانتان و ژلان در شرایط مورد مطالعه غیرنیوتنی و روان‌شونده بود که با کاهش pH و افزودن نمک به سمت نیوتنی تغییر کرد. بررسی میزان تنش حد نیز نشان داد که کاهش pH اثر معنی‌داری بر تنش حد نداشت، ولی افزودن نمک آن را افزایش داد. این افزایش در pH=۷ معنی‌دار بود ($p<0/05$).

ب) مخلوط صمغ‌های زانتان و ژلان به نسبت ۵۰ به ۵۰: بررسی تغییرات متغیرهای رئولوژیک مخلوط محلول‌های صمغ زانتان و ژلان به نسبت ۵۰ به ۵۰ در جدول ۳ نشان داد که ضریب قوام در اثر کاهش pH به طور معنی‌داری کاهش یافته است($p<0/05$). در تیمارهای با pH های ۷ و ۵ افزودن ۱ میلی‌مولار نمک، ضریب قوام را کاهش داد، ولی با افزایش غلظت نمک، ضریب قوام به طور معنی‌داری افزایش یافت. در pH =۳ افزودن نمک و افزایش غلظت آن سبب کاهش ضریب قوام شد. مقادیر اندیس جریان نیز با کاهش pH به طور معنی‌داری افزایش داشت. در pHهای ۷ و ۵ اندیس جریان با افزودن ۱ میلی‌مولار نمک افزایش یافته و با افزودن ۵ میلی‌مولار نمک کلسیم کاهش یافت($p<0/05$). در pH =۳ نیز افزودن نمک و افزایش غلظت آن، سبب افزایش اندکی در میزان اندیس جریان شد که معنی‌دار نبود. کاهش pH سبب افزایش اندکی در تنش حد شد و افزودن نمک‌ها در pH های ۷ و ۵ آن را افزایش داد. در pH=۳ افزودن نمک‌ها اثر معنی‌داری بر تنش حد نداشت.

ج) مخلوط صمغ زانتان و ژلان به نسبت ۲۵ به ۷۵: بررسی تغییرات متغیرهای رئولوژیک محلول‌های صمغ زانتان و ژلان به نسبت ۲۵ به ۷۵ در جدول ۳ نشان داد که ضریب قوام در اثر کاهش pH، به طور معنی‌داری کاهش یافته است($p<0/05$) و همانند مخلوط صمغ‌ها به نسبت ۵۰:۵۰، در تیمارهای با pH های ۷ و ۵ افزودن ۱ میلی‌مولار نمک سبب کاهش مقادیر ضریب قوام شد، ولی با افزایش غلظت نمک ضریب قوام به طور معنی‌داری افزایش یافت. در pH =۳ افزودن نمک، اثر معنی‌داری بر مقادیر ضریب قوام نداشت. بررسی اثر pH بر اندیس جریان محلول‌های مورد مطالعه نشان داد با کاهش pH مقادیر اندیس جریان به طور معنی‌داری افزایش داشت ($p<0/05$) و تغییر رفتار جریانی از روان شونده تا سفت شونده مشاهده شد. روند تغییرات اندیس جریان و تنش حد نیز نیز مشابه با تیمار مخلوط صمغ زانتان و ژلان به نسبت ۵۰:۵۰ بود.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2024-04-19]

جدول ۳ . تأثیر تغییرات pH و غلظت نمک کلسیم بر متغیرهای رئولوژیک مخلوط‌های صمغ‌های زانتان و ژلان در مدل هرشل بالکلی

تیمار	pH	غلظت یون کلسیم (میلی‌مولار)	تنش حد (σ_0)	ضریب قوام(K)	اندیس جریان(n)
مخلوط صمغ زانتان و ژلان به نسبت ۷۵:۲۵	۷	۰	۰/۰۱±۰/۰۰۵	۵۵/۵±۰/۷	۰/۶۲±۰/۰۲
		۱	۰/۰۵±۰/۰۲	۲۷/۸±۰/۸	۰/۶۸±۰/۰۶
		۵	۰/۱۳±۰/۰۳	۲۵/۵±۰/۳	۰/۶۹±۰/۰۱
	۵	۰	۰/۰۱±۰/۰۰۷	۵۱/۴±۰/۸	۰/۶۲±۰/۰۵
		۱	۰/۰۲±۰/۰۱	۳۶/۴±۰/۵	۰/۶۴±۰/۰۸
		۵	۰/۰۳±۰/۰۱	۳۳/۷±۰/۶	۰/۶۵±۰/۰۳
	۳	۰	۰/۰۱±۰/۰۰۵	۲۴/۷±۰/۵	۰/۷±۰/۰۲
		۱	۰/۰۱±۰/۰۰۹	۲۰/۳±۰/۶	۰/۷۲±۰/۰۴
		۵	۰/۰۱±۰/۰۰۸	۱۷/۳±۰/۴	۰/۷۳±۰/۰۷
مخلوط صمغ زانتان و ژلان به نسبت ۵۰:۵۰	۷	۰	۰/۰۹±۰/۰۲	۱۵/۵±۰/۸	۰/۷۵±۰/۰۰۶
		۱	۰/۱۳±۰/۰۳	۱۱/۳±۰/۵	۰/۷۸±۰/۰۳
		۵	۰/۱۷±۰/۰۵	۱۳/۸±۰/۶	۰/۷۵±۰/۰۵
	۵	۰	۰/۱±۰/۰۲	۱۳/۹۰±۰/۵	۰/۷۷±۰/۰۲
		۱	۰/۱۶±۰/۰۵	۱۱/۲±۰/۴	۰/۷۸±۰/۰۸
		۵	۰/۲۱±۰/۰۳	۱۵/۷±۰/۷	۰/۷۴±۰/۰۵
	۳	۰	۰/۱۳±۰/۰۲	۷/۲۹±۰/۲	۰/۸۵±۰/۰۲
		۱	۰/۱۷±۰/۰۴	۶/۴۱±۰/۳	۰/۸۶±۰/۰۳
		۵	۰/۱۶±۰/۰۳	۵/۷۱±۰/۳	۰/۸۷±۰/۰۳
مخلوط صمغ زانتان و ژلان به نسبت۲۵:۷۵	۷	۰	۰/۱۴±۰/۰۸	۴/۴۷±۰/۲	۰/۹۰±۰/۰۸
		۱	۰/۶۵±۰/۱	۰/۵۶±۰/۴	۱/۲۵±۰/۱
		۵	۰/۳۹±۰/۰۹	۵/۸۶±۰/۳	۰/۸۸±۰/۰۵
	۵	۰	۰/۱۸±۰/۰۲	۳/۲۴±۰/۱	۰/۹۵±۰/۰۳
		۱	۰/۲۲±۰/۱	۵/۳±۰/۳	۰/۹۸±۰/۰۶
		۵	۰/۳۶±۰/۰۰۸	۶/۸۵±۰/۲	۰/۸۶±۰/۰۵
	۳	۰	۰/۹۲±۰/۰۹	۰/۰۱±۰/۰۰۲	۱/۹۶±۰/۰۰۳
		۱	۰/۸۷±۰/۰۶	۰/۰۱±۰/۰۰۳	۱/۹۶±۰/۰۵
		۵	۰/۸۴±۰/۱	۰/۰۱±۰/۰۰۵	۱/۹۴±۰/۰۲

نتایج به صورت میانگین± انحراف معیار(mean ± SD) در محدوده نرخ برش ($۲۵۰s^{-1}$ تا ۱۰) و در دمای $^{\circ}C$ ۲۵ گزارش شده است.

• بحث

در محلول صمغ زانتان در اثر کاهش pH از ۷ به ۵ تغییر معنی‌داری در گرانروی و ضریب قوام مشاهده نشد که به دلیل پایداری ساختار زانتان است در مطالعات دیگر نیز به این موضوع اشاره شده است (۴). افزایش اندک ضریب قوام در pH=۵ نیز به دلیل کاهش میزان یونیزاسیون گروه‌های آنیونی در ساختمان زانتان و تشکیل پیوندهای هیدروفوب است. ولی با کاهش بیشتر pH کاهش قابل ملاحظه‌ای در مقادیر گرانروی ظاهری و ضریب قوام مشاهده می‌شود که دلیل این موضوع در مطالعات پیشین، جدا شدن گروه‌های استیل و پیرووات از ساختمان ملکولی زانتان ذکر شده است(۳). در اثر افزودن نمک، گرانروی و ضریب قوام محلول صمغ زانتان کاهش یافت که این موضوع به دلیل جلوگیری نمک از ایجاد پیوندهای بین پلی ساکاریدی در محلول صمغ است. در واقع، کاتیون‌های کلسیم باعث انقباض، جمع‌شدگی و کاهش حجم هیدرودینامیکی رشته‌های زانتان می‌شود و بنابراین، گرانروی محلول صمغ کاهش می‌یابد (۶).

اثر یون‌های کلسیم بر گرانروی ظاهری و ضریب قوام محلول زانتان در pHهای ۷ و ۵ بیشتر است. این موضوع به

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2024-04-19]

دلیل یونیزاسیون گروه‌های آنیونی موجود در ساختمان صمغ زانتان در این محدوده pH و امکان ایجاد میان‌کنش و پیوند با کاتیون‌های کلسیم است. در pH =۳ تغییرات ویسکوزیته و ضریب قوام ناشی از افزودن یون‌ها بسیار اندک است دلیل این موضوع را می‌توان به عدم یونیزاسیون گروه‌های آنیونی موجود در ساختمان زانتان و عدم امکان واکنش با کاتیون‌ها نسبت داد. افزایش مقادیر اندیس جریان در اثر کاهش pH و افزودن نمک نیز کاهش شدت رفتار روان‌شونده با برش را در اثر این عوامل نشان می‌دهد که می‌تواند به دلیل افزایش پیوندهای هیدروفوب دراثر عدم یونیزاسیون گروه‌های آنیونی و افزایش قدرت پیوندها در اثر افزودن کاتیون‌ها باشد. در محلول صمغ ژلان نیز کاهش pH از ۷ تا ۵ تغییر چندانی در مقادیر گرانروی ظاهری و ضریب قوام ایجاد نکرد ، ولی با کاهش بیشتر pH تا ۳ غلظت کم ژلان در محلول، سبب کاهش تشکیل پیوندهای هیدروفوب شد و به دلیل کاهش حل شدن ژلان، مقادیر گرانروی ظاهری کاهش یافته است. همان گونه که در مطالعات پیشین نیز ذکر شده است، تراکم شبکه ژلی ژلان به غلظت ژلان بستگی دارد و افزایش غلظت ژلان سبب استحکام شبکه ژلی می‌شود، هم‌چنین، تشکیل شبکه ژلی در غلظت‌های کم ژلان به میزان یون‌ها وابسته است(۱۵).

افزودن کلسیم به میزان ۱ میلی‌مولار تـأثیر چنـدانی بـر افزایش ضریب قوام محلول‌ها نداشت که به دلیل کافی نبودن کاتیون‌ها برای ایجاد اتصالات بین رشته‌ها است، در حالی که با اثر افزودن نمک به میزان ۵ میلی‌مولار در pHهـای ۷ و ۵ گرانروی و ضریب قوام محلول صمغ به دلیل ایجاد پیوندهای ژلان- کاتیون- ژلان افزایش می‌یابد. ایـن موضـوع بـا نتـایج مطالعات پیشین مطابقت دارد (۱۲، ۱۰، ۸). در pHهای ۷ و ۵ افزودن نمک به دلیل ایجاد پیوند میان رشته‌ها و شکستن این پیوندها در اثر اعمال برش، سبب ایجاد رفتار روان‌شـونده با برش به ویژه در نرخ‌های برش پایین مـی‌شـود (شـکل ۲). این رفتار در مطالعات قبلی نیز مشاهده شده اسـت (۱۵). در pH=۵ افزودن نمک به میزان ۵ میلی‌مولار مقـادیر گرانـروی ظـاهری و ضـریب قـوام را بیشـتر افـزایش داد ایـن موضـوع می‌تواند به دلیل کاهش میزان دافعـه بـین رشـته‌هـا در اثـر کاهش گروه‌های یونیزه در این pH باشد. در pH=۳ با توجـه به کاهش یونیزاسیون گروه‌های کربوکسیل، کلسیم نمی‌تواند بین رشته‌ها پیوند تشکیل دهد. همان گونه که در مطالعـات پیشین ذکر شده اسـت، افـزودن نمـک بـه میـزان بیشـتر از گروه‌های کربوکسیل یونیزه، سبب کاهش گرانروی ظاهری و تضعیف یا شکستن ساختار ژل اولیه شده است (۱۴).

با توجه به این که اثر تغییرات pH و افزودن نمک بر رفتار صمغ‌های زانتان و ژلان متفاوت است، در تیمارهای مخلوط این دو صمغ نیز روند متفاوتی مشاهده می‌شود. در تیمارهای مخلوط صمغ‌ها زانتان و ژلان به نسبت ۷۵:۲۵ رفتار جریانی و روند تغییرات ضریب قوام و گرانروی ظاهری، شباهت زیادی با صمغ زانتان دارد؛ به طوری که در اثر کاهش pH و افزودن نمک، گرانروی ظاهری کاهش می‌یابد و این موضوع غالب بودن رفتار زانتان در مخلوط را نشان می‌دهد. در تیمارهای مخلوط صمغ‌های زانتان و ژلان به نسبت ۵۰ به ۵۰ نیز تیمارها رفتار روان‌شونده را نشان می‌دهند. در این تیمارها در pHهای ۷ و ۵، افزودن ۱ میلی‌مولار نمک سبب کاهش ضریب قوام شده و افزایش غلظت نمک سبب افزایش مقادیر ضریب قوام می‌شود. علت آن، ناکافی بودن ۱ میلی‌مولار کلسیم برای ایجاد شبکه ژلی توسط ژلان است. به طوری که صمغ‌ها برای جذب کاتیون رقابت می‌کنند و در این شرایط، کاتیون‌ها جذب صمغ زانتان می‌شوند. در مطالعات پیشین نیز گزارش شده است که در مخلوط صمغ‌های زانتان و ژلان، زانتان در جذب کاتیون‌ها قوی‌تر از ژلان عمل می‌کند(۱۶). بنابراین، کاتیون‌ها با ایجاد انقباض و کاهش حجم هیدرودینامیکی زانتان، سبب کاهش مقادیر گرانروی ظاهری و ضریب قوام می‌شوند. با افزایش غلظت نمک، کاتیون‌ها روی ملکول‌های ژلان جذب می‌شوند و ضریب قوام تاحدی افزایش می‌یابد، ولی به دلیل کم بودن غلظت ژلان در محلول، میزان افزایش تا حدی است که اثر جذب برخی کاتیون‌ها بر رشته‌های زانتان را جبران کند و مقادیر ضریب قوام را اندکی افزایش دهد. در pH=۳ نیز با توجه به غلظت کم ژلان و عدم یونیزاسیون گروه‌های آسیل باز هم زانتان در جذب یون‌های کلسیم قوی‌تر عمل می‌کند و با جذب کاتیون‌ها روی رشته‌های زانتان ضریب قوام کاهش می‌یابد. در تیمارهای مخلوط صمغ‌های زانتان و ژلان به نسبت ۲۵به ۷۵ نیز روند همین روند قابل مشاهده است؛ با این تفاوت که در این تیمارها افزایش نسبت ژلان در مخلوط سبب می‌شود با افزایش غلظت نمک به میزان ۵ میلی‌مولار، ضریب قوام در pHهای ۷ و ۵ نسبت به تیمارهای بدون نمک افزایش یابد.

به طور کلی بررسی نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که در تیمارهای مخلوط این دو صمغ در شرایط مختلف، بین

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2024-04-19]

زانتان و ژلان میان‌کنشی وجود نداشته و هر پلی ساکارید تنها با ملکول‌های خود میان‌کنش دارد. هم‌چنین، در مخلوط هیدروکلوئیدهای ژلان و زانتان در حضور میزان کافی از کاتیون‌های کلسیم، ژلان نقش اصلی را در تعیین رفتار رئولوژیکی مخلوط بازی می‌کند و زنجیره‌های زانتان که به یون‌ها حساسیت کمتری دارند، می‌توانند در شبکه ژلی تشکیل شده توسط ژلان پراکنده شوند. در حالی که در صورت عدم وجود یون‌ها به میزان کافی یا درصورت کم بودن غلظت ژلان، شبکه‌ای تشکیل نمی‌شود و در چنین شرایطی زانتان مسئول رفتار رئولوژیکی مخلوط خواهد بود و زنجیره‌های ژلان در ماتریکس پیوسته ایجاد شده توسط ملکول‌های زانتان پراکنده می‌شوند. این موضوع با نتایج مطالعات قبلی نیز مطابقت دارد (۱۵).

سپاسگزاری

از مدیریت محترم *اداره کل استاندارد و تحقیقات صنعتی استان چهارمحال و بختیاری* و *آزمایشگاه تحقیقات مواد غذایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرکرد* برای همراهی، مساعدت و در اختیار گذاشتن برخی امکانات آزمایشگاهی جهت انجام این پژوهش سپاسگزاری می‌شود.

• References

1. Phillips GO, Williams PA. Handbook of hydrocolloids. New York: CRC Press; 2000
2. Yaseen EI, Herald TJ, Aramouni FM, Alavi S. Rheological properties of selected gum solutions. Food Res Int 2005; 38: 111-19.
3. Garcia-Ochoa F, Santos VE, Casas JA, Gomez E. Xanthan gum: production, recovery and properties. Biotech Adv 2000; 18: 549-79.
4. Tako M, Nakamura S. Rheological properties of deacetylated xanthan in aqueous media. Agric Biol Chem 1984; 12: 2987-93.
5. Milas M, Rinaudo M. Conformational investigation on the bacterial polysaccharide xanthan. Carbohydr Res 1979; 76: 189-96.
6. Higiro J, Herald TJ, Alavi S, Bean S. Rheological study of xanthan and locust bean gum interaction in dilute solution: effect of salt. Food Res Int 2007; 40: 435-47.
7. Dário AF, Hortêncio LMA, Sierakowski MR, Queiroz Neto JC, Petri DFS. The effect of calcium salts on the viscosity and adsorption behavior of xanthan. Carbohydr Pol 2011; 84: 669-76.
8. Chandrasekaran R., Radha A. Trends in Food Sci and Tech 1995; 6: 143-48.
9. Jampen S, Britt IJ, Tung MA. Gellan polymer solution properties: dilute and concentrated regimes. Food Res Int 2000; 3: 579-86.
10. Rodrı´guez-Herna´ndez AI, Durand S, Garnier C, Tecante A, Doublier JL. Rheology-stracture of gellan systems: evidence of network formation at low gellan concentration. Food Hydrocolloids 2003; 17: 621-28.
11. Horinaka J, Kani K, Hori Y, Maeda Sh. Effect of pH on the conformation of gellan chains in aqueous systems. Biophysical Chem 2004; 111: 223-27.
12. Moritaka H, Kimura S, Fukuba H. Rheological properties of matrix-particle gellan gum gel: effects of calcium chloride on the matrix. Food Hydrocolloids. 2003; 17: 653-60.
13. Noda S, Funami T, Nakauma M, Asai I, Takahashi R, Al-Assaf S, et al. Molecular structures of gellan gum imaged with atomic force microscopy in relation to the rheological behavior in aqueous systems. 1. Gellan gum with various acyl contents in the presence and absence of potassium. Food Hydrocolloids 2008; 22: 1148-59.
14. Nickerson MT, Paulson AT, Speers RA. Rheological properties of gellan solutions: effect of calcium ions and temperature on pre-gel formation. Food Hydrocolloids 2003; 17: 577-83.
15. Martínez-Padilla LP, López-Araiza F, Tecante A. Steady and oscillatory shear behavior of fluid gels formed by binary mixtures of xanthan and gellan . Food Hydrocolloids 2004; 18: 471-81.
16. Rodriguez-Hernandez AI, Tecante A. Dynamic viscoelastic behavior of gellan-ι-carrageenan and gellan-xanthan gels. Food Hydrocolloids 1999; 13: 59-64.
17. Miyoshi E, Takaya T, Nishinari K. Effects of salts on the gel-sol transition of gellan gum by differential scanning calorimetry and thermal scanning rheology . Thermochimica Acta 1995; 267:269-87.
18. Miyoshi E, Takaya T, Nishinari K. Rheological and thermal studies of gel-sol transition in gellan gum aqueous solutions. Carbohydr Pol 1996; 30: 109-19.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2024-04-19]

The effect of pH and calcium salt simultaneous changes on rheological behavior of xanthan- gellan gum blends

Hemmatzadeh Dastgerdy S[1], Hojjatoleslamy M[2], Eivazzadeh O[3]*

1- M.Sc. in Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Varamin Branch, Iran.

*2- *Corresponding author: Assistant Prof, Dept. of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, ShahreKord Branch, Iran. Email: mohojjat@iaushk.ac.ir*

3- Assistant Prof, Dept. of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Varamin Branch, Iran.

Received 2 Feb, 2012 **Accepted 12 Jun, 2012**

Background and Objective: Many studies have been performed on the effect of various parameters on the rheological behavior of gums. Gums are used in food products because of their functional characteristics influenced by physicochemical properties and ionic strength of the solution. Ionic strength and pH are the most important factors and their effects on flow behaviour of gums have been investigated in many studies. The objective of this study was to investigate the effect of the simultaneous changes of pH and calcium salt on rheological behavior of xanthan- gellan gum blends.

Materials and Methods: The salt ($CaCl_2$, 1 and 5mM) was added to gum solutions after adjusting pH values (3, 5 and 7) and rheological measurements were carried out using Brookfield rheometer (LV DV III) at 25 ˚C. Rheological behaviour of gum solutions were adjusted to Herschel–Bulkley model and the effect of the factors on rheological parameters were determined.

Results: Findings showed that pH variations affect the interaction between gum and calcium cations. Adding salt, reduced slightly the apparent viscosity of mixtures with low pH values (pH=3). Gums structures, mixing ratio and salt concentration had important effects on rheological behavior of the mixtures.

Conclusion: Results showed that pH variations and salt concentration affect the rheological behavior of xanthan- gellan gum blends. So the desired function of the gums in the foods is influenced by pH and ionic strength of the food matrix and investigating the effect of other salts and acids is recommended.

Keywords: Xanthan gum, Gellan gum, Steady shear rheology, Calcium salt

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2024-04-19]