

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

سینوش همت‌زاده دستگردی^۱، محمد حجت‌الاسلامی^۲، اورنگ عیوض‌زاده^۳

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ورامین

۲- نویسنده مسئول: استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرکرد. پست الکترونیکی: mohojat@iaushk.ac.ir

۳- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین

تاریخ پذیرش: ۹۱/۳/۲۳

تاریخ دریافت: ۹۰/۱۱/۱۳

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 ۲۵°C انجام گرفت. مدل رئولوژیکی هرشل بالکلی بر داده‌های تجربی به دست آمده برآش داده شد و تأثیر عوامل مورد مطالعه بر شاخص‌های مدل تعیین شد.

یافته‌ها: تغییرات pH بر جذب و میان‌کنش‌های کاتیون‌ها بر رشتۀ‌های 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

۰ مقدمه

و pH بسیار پایدار است. محلول‌های صمغ زانتان، رفتار روان‌شونده با پرش (Shear-thinning) نشان می‌دهند^(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 تری ساکاریدی 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 املح بر گرانروی محلول‌های صمغ‌های یونی (مانند زانتان) و غیریونی هم نشان داده است در محلول

واژه هیدروکلوفیدها به گستره وسیعی از پلی‌ساکاریدها و بروتغین‌های 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 بیخ 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 *Xanthomonas campestris* ترشح می‌شود. زانتان در آب سرد محلول است و ویسکوزیته آن در گستره وسیعی از دما

انتهاي زنجيره‌های ژلان ايجاد می‌شود و اتصالات جانبي بین زنجيره‌ها کمتر است(۱۳). نتایج مطالعه Nickerson و همکاران نشان داد که افزایش ويسکوزیته ظاهري محلول صمغ ژلان، به نسبت یون‌های کلسیم و گروه‌های کربوکسیل موجود در ساختمان صمغ بستگی دارد و افزودن کلسیم بيشتر، سبب کاهش گرانزوی ظاهري و تعريف يا شکستن ساختار ژل اوليه می‌شود (۱۴). در مطالعه‌اي که روی صمغ‌های زانتان و ژلان صورت گرفت، در اثر افزودن کلرید سدیم به محلول ۱٪ زانتان رفتار روان‌شونده با برش تشدید شد. محلول ۰/۱٪ ژلان نيز بدون افزودن نمک گرانزوی پايانى داشت و رفتار نيوتنی نشان داد، ولی افزودن کلرید کلسیم سبب افزایش قابل توجه در گرانزوی ظاهري و تعريف رفتار به غيرنيوتني شد. رفتار رئولوژيك محلول‌های ژلان در اين تحقيق با مدل هرشل بالکلي مطابقت داشت Tecante و Rodriguez-Hernandez (۱۵). در مطالعات مشخص شد در مخلوط ژلان با کاراگينان و زانتان، وقتی ميزان کاراگينان يا زانتان افزایش می‌پايد، ميزان کاتيون برای اتصال زنجيره‌های ژلان كافی نیست. اين موضوع رقابت بین صمغ‌ها برای جذب کاتيون‌ها را نشان می‌دهد (۱۶).

بررسی مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که هر يك از صمغ‌ها بسته به ساختار شيميايی، زنجيره‌های جانبي و شكل ملکولي، در شرایط مختلف محیطي از نظر pH وجود املاح رفتارهای متفاوتی نشان می‌دهند. هم‌چنان، نتایج مطالعات پیشين نشان می‌دهد که در غلظت يکسان نمک‌ها، اثر کاتيون‌های دوظرفيتی بر ميان‌کنش‌های هيdroکلونيدها و خواص رئولوژيكی آن‌ها بسيار بيشتر از کاتيون‌های تک‌ظرفیتی است (۱۷، ۱۸). به همين دليل، در اين تحقيق اثر نمک دوظرفيتی کلسیم که به طور طبيعي در بسياري از مواد غذائي وجود دارد، بر ويژگي‌های رئولوژيكی مخلوط صمغ‌های زانتان و ژلان بررسی شد. در بيشتر مطالعات پیشين، اثر افزودن نمک بر محلول صمغ‌ها بدون در نظر گرفتن pH محلول، بررسی شده بود (۱۲، ۱۴، ۱۶، ۱۸)، در حالی که تغيير pH نقش بسيار مهمی در پيوند پلimerهای یونی با نمک دارد. با توجه به اين که در مطالعات پیشين اثر همزمان عامل pH و نمک بر گرانزوی ظاهري و رفتار رئولوژيك مخلوط صمغ‌ها بررسی نشده است، هدف از انجام اين تحقيق، بررسی اثر افزودن نمک کلسیم بر ويژگي‌های رئولوژيك مخلوط صمغ‌های زانتان و ژلان در pHهای مختلف بود.

صمغ زانتان که يك صمغ یونی است، نمک‌ها در غلظت‌های کمتر از ۰/۲۵ درصد، سبب کاهش گرانزوی صمغ می‌شوند (۵). در حقيقت ملکول‌های زانتان در محلول بدون نمک در اثر بارهای منفی روی زنجيره‌های فرعی به صورت باز و گستره‌ده هستند؛ در حالی که پس از افزودن نمک، پيوند نمک با گروه‌های آنيونی سبب جمع شدگی زنجيره‌های جانبي روی زنجيره اصلی، کاهش حجم هيdroديناميکي و گرانزوی محلول صمغ می‌شود (۶). صمغ لوبيای لوکاست (LBG) که يك صمغ غيريونی است، به نمک واکنش چندانی نشان نمی‌دهد و نمک اثر زیادي بر حجم هيdroديناميکي آن ندارد (۶). و همکاران نيز 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 يك پلی‌ساکاريد خارج سلولی از ميكروارگانيسم/سفينگوموناس الودئا (Sphingomonas elodea) است. صمغ ژلان با گروه‌های آسييل زياد (High Acyle) برای تشکيل ژل به حضور کاتيون‌ها نياز ندارد، ولی صمغ ژلان با گروه‌های آسييل کم (Low Acyle) در غلظت‌های پايان، وقتی که محلول‌های داغ آن در حضور کاتيون‌ها سرد شوند، تشکيل ژل می‌دهد (۱). در حضور کاتيون‌های دوظرفيتی، ميان‌کنش‌های قوي‌تری بين کربوکسيلات- کاتيون-کربوکسيلات ايجاد می‌شود (۸). در مطالعه‌اي که روی ويژگي‌های رئولوژيك ژلان انجام گرفت، محلول ۱/۵٪ ژلان در دماي ۴۵°C رفتار نيوتنی نشان داد، در حالی که رفتار جريانی محلول‌های ۰/۲٪ ژلان با مدل قانون توان مطابقت داشت (۹). مطالعه شبکه‌های ژلي ژلان نيز نشان داد که تشکيل شبکه ژلي در غلظت‌های کم ژلان به ميزان يون‌ها و تراكم شبکه به غلظت ژلان بستگی دارد (۱۰). بررسی اثر مقادير مختلف pH بر آرایش زنجيره‌های ژلان در سистем‌های آبي توسط Horinaka و همکاران نشان داد که pH بر آرایش زنجيره‌های مارپيچي ژلان اثر می‌گذارد. هم‌چنان، اثر pH با تغيير در ماهيت آنيونی زنجيره‌های اين صمغ مرتبط است (۱۱). Moritaka و همکاران نيز وجود واکنش متقابل بين یون‌های کلسیم و گروه‌های کربوکسیل در ملکول‌های ژلان را تأييد کردند (۱۲). مطالعه ويژگي‌های رئولوژيك نمونه‌های صمغ ژلان با ميزان آسييل متفاوت در حضور نمک پتاسيم توسط Noda و همکاران نشان داد که در حضور پتاسيم، ساختمان شبکه بيشتر توسط اتصالات

• مواد و روش‌ها

آزمون‌ها در دمای ۲۵°C انجام گرفت. به این منظور از Ben Mاری 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)، K ضریب قوام سیال ($\text{dyne s}^n/\text{cm}^2$)، 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 گرانزوی ظاهری در هر نرخ برش، رفتار جریانی مربوط به تیمارهای مورد آزمون تعیین شد. کلیه آزمون‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی و با سه تکرار انجام گرفت. نتایج حاصل با نرم افزار SPSS¹⁷ 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 صمغ‌ها، از آزمون دانک در سطح ۵٪ استفاده شد. همچنین، اطلاعات به دست آمده از آزمایش‌های رئولوژیکی با استفاده از نرم‌افزارهای Rheocalc و Excel و جهت تعیین مدل رئولوژیکی مناسب پردازش شد.

• یافته‌ها

اثر نمک کلسیم بر رفتار رئولوژیکی محلول صمغ زانتان در pH‌های مختلف: تغییرات گرانزوی 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. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، کاهش مقادیر گرانزوی ظاهری با افزایش نرخ برش، نمایانگر

صمغ زانتان (G1253) از شرکت سیگما (Sigma) و صمغ ژلان (Fluka No 17332) از شرکت فلوكا (Fluka Chemika) تهیه شد. با توجه به این که در این تحقیق، بررسی ساختار ژل‌ها مورد نظر نبود و هدف، بررسی ویژگی‌های قوام‌دهنگی صمغ‌ها و تغییرات گرانزوی ظاهری در شرایط مختلف بود، غلظت ۰/۱٪ برای صمغ زانتان و غلظت ۰/۰٪ 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 دوبار تقطیر دیونیزه و هم زدن مدام 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 ۱۰۰:۱۰۰، ۷۵:۷۵، ۵۰:۵۰ و ۷۵:۲۵ و ۱۰۰:۰ 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 pH متر (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 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 Adapter (UL Adapter) انجام گرفت. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Rheocalc V 3.2 Build 47-۱) پردازش شد. اسپیندل ULA بر اساس ژئومتری استوانه هم محور است که میزان چرخش استوانه داخلی بر حسب 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 گرانزوی ظاهری و تنش برشی برای مقادیر مختلف نرخ برش تعیین شد. کلیه

افزایش یافت($pH < 0.05$). ولی در $pH = 3$ 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.

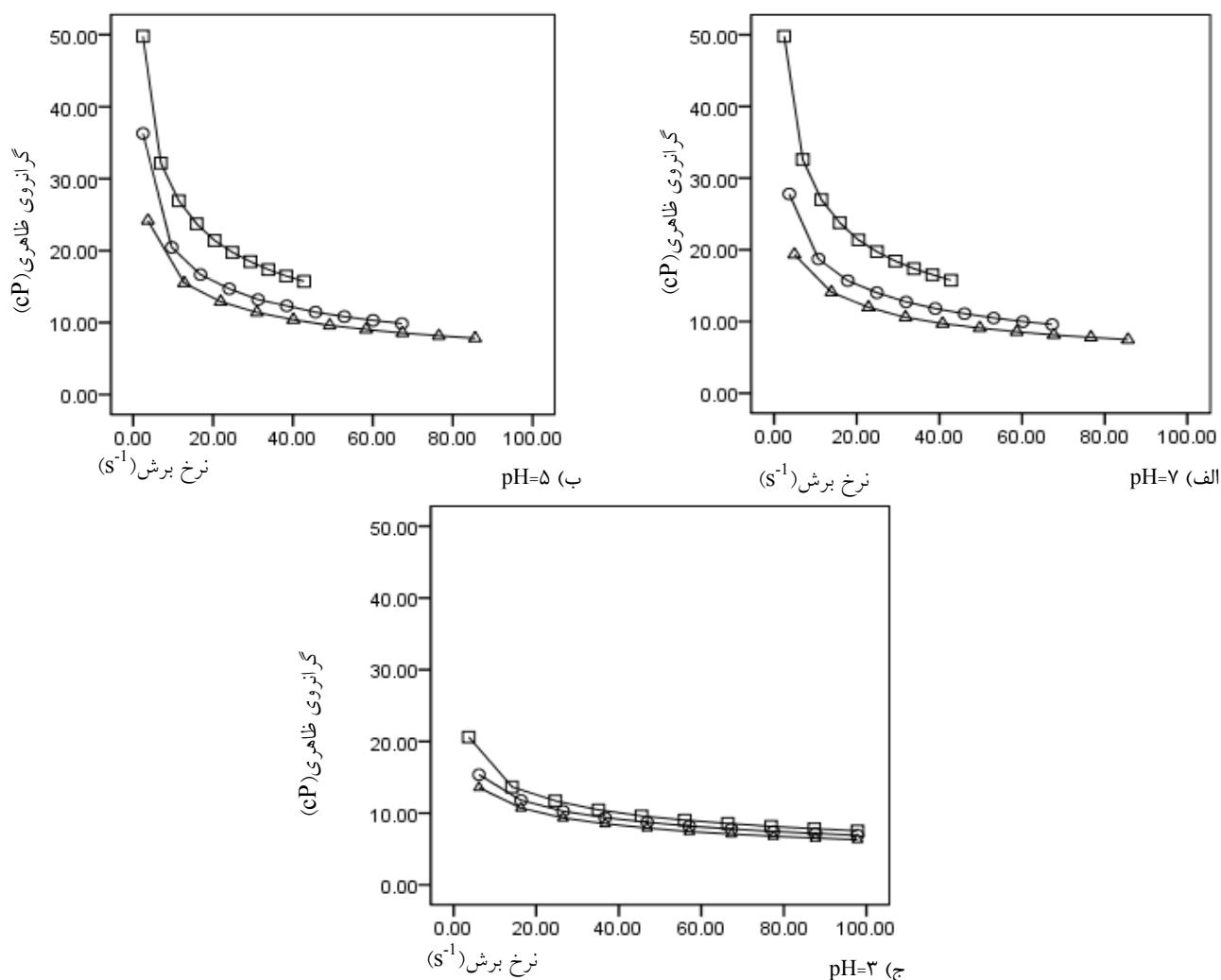
اثر نمک کلسیم بر رفتار رئولوژیک محلول صمغ ژلان در pHهای مختلف: تغییرات گرانروی ظاهری محلول صمغ ژلان در مقابل نرخ برش در pHهای ۳، ۵ و ۷ و در حضور نمک کلسیم (۱ و ۵ میلی‌مولار) در شکل ۲ نشان داده شده است. در محلول‌های صمغ ژلان با افزایش نرخ برش، گرانروی افزایش یافت و رفتار جزئی سفت‌شونده (Shear-thickening) در همه pH در همها 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 $pH = 3$ افزودن کلسیم به میزان ۱ یا ۵ میلی‌مولار گرانروی ظاهری را به میزان اندکی کاهش داد.

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($pH < 0.05$). افزودن نمک کلسیم نیز سبب کاهش ضریب قوام در همه pHها شد. این کاهش در pHهای ۷ و ۵ بیشتر و در $pH = 3$ کمتر بود. همچنین، با تغییر pH از ۷ به ۵ تغییر در اندیس جریان مشاهده نشد، ولی با کاهش pH به ۳ میزان اندیس جریان به طور معنی‌داری افزایش یافت ($pH < 0.05$). 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

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

تیمار	pH	غلظت یون کلسیم (میلی‌مولار)	تنش حد (σ_0)	ضریب قوام (K)	اندیس جریان (n)
.	.	.	0.02 ± 0.01	$79/2 \pm 0.8$	0.58 ± 0.02
۷	۷	۱	0.01 ± 0.01	$47/9 \pm 0.6$	0.62 ± 0.03
	۵	۵	0.01 ± 0.008	$38/2 \pm 0.7$	0.64 ± 0.02
	۰	.	0.01 ± 0.005	$79/4 \pm 0.9$	0.58 ± 0.06
	۵	۱	0.01 ± 0.01	$48/1 \pm 0.5$	0.62 ± 0.04
محلول صمغ زانتان	۵	۵	0.02 ± 0.006	$39/8 \pm 0.7$	0.64 ± 0.07
	۰	.	0.02 ± 0.01	$32/5 \pm 0.8$	0.68 ± 0.05
	۳	۱	0.01 ± 0.007	$28/9 \pm 0.6$	0.69 ± 0.08
	۵	۵	0.01 ± 0.01	$25/9 \pm 0.8$	0.69 ± 0.07

نتایج به صورت میانگین \pm انحراف معیار($mean \pm SD$) در محدوده نرخ برش (s^{-1}) ۱۰۰ تا ۵ و در دمای $25^{\circ}C$ گزارش شده است.



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

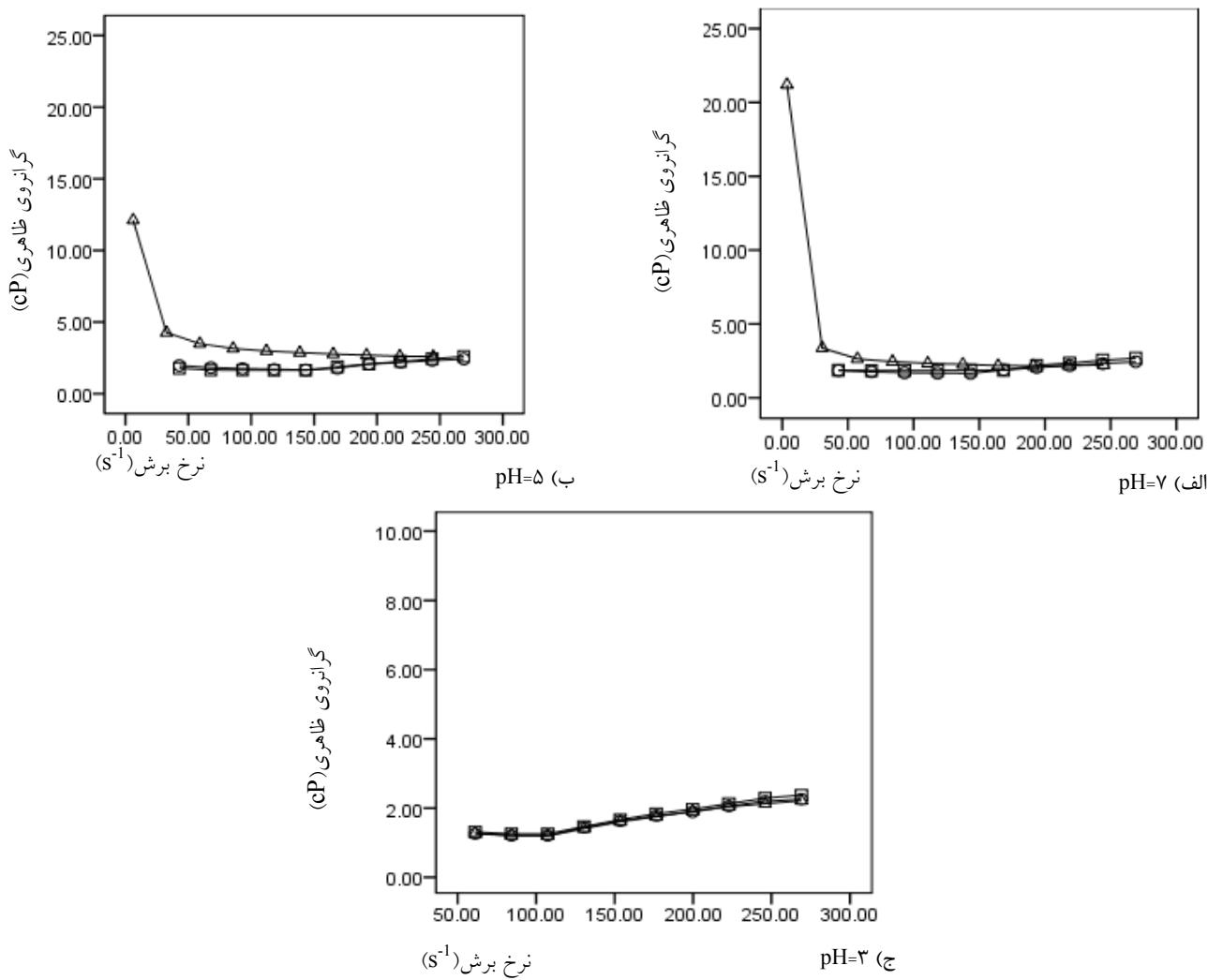
□ بدون نمک

O کلرید کلسیم به میزان ۱ میلی‌مولار

△ کلرید کلسیم به میزان ۵ میلی‌مولار

جريان 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 ($p < 0.05$). 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 ($p < 0.05$). 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 ($p < 0.05$).

بررسی مقادیر ضریب قوام در جدول ۲ نشان می‌دهد که کاهش pH از ۷ به ۵ تغییری در ضریب 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 ($p < 0.05$). 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



شکل ۲. گرانزوی 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)	تش خ (σ₀)	ضریب قوام (K)	اندیس جریان (n)
محلول صمغ ژلان	۷	۱	۰/۶۶±۰/۰۶	۰/۰۲±۰/۰۰۳	۱/۸۵±۰/۰۳
	۵	۱	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
	۵	۱	۰/۷۳±۰/۰۳	۰/۰۲±۰/۰۰۴	۱/۸۹±۰/۰۳
	۵	۰	۰/۲۸±۰/۰۷	۲/۸۵±۰/۰۲	۰/۹۷±۰/۰۵
	۰	۰	۰/۲۸±۰/۰۷	۰/۰۳±۰/۰۰۸	۱/۷۹±۰/۰۶
	۳	۱	۰/۲۵±۰/۰۴	۰/۰۳±۰/۰۰۱	۱/۷۷±۰/۰۲
	۵	۰	۰/۲۲±۰/۰۵	۰/۰۴±۰/۰۰۷	۱/۷۲±۰/۰۳

نتایج به صورت میانگین ± انحراف معیار (mean ± SD) در محدوده نرخ برش (۰/۲۷۰ N·s⁻¹ تا ۰/۳۰ N·s⁻¹) و در دمای ۲۵ °C گزارش شده است.

افزایش غلظت نمک، ضریب قوام به طور معنی‌داری افزایش یافت. در $pH = 3$ افزودن نمک و افزایش غلظت آن سبب کاهش ضریب قوام شد. مقادیر اندیس جریان نیز با کاهش pH به طور معنی‌داری افزایش داشت. در pH های 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 $pH = 3$ نیز افزودن نمک و افزایش غلظت آن، سبب افزایش اندکی در میزان اندیس جریان شد که معنی‌دار نبود. کاهش pH سبب افزایش اندکی در تنفس حد شد و افزودن نمکها در pH های ۷ و ۵ آن را افزایش داد. در $pH = 3$ افزودن نمکها اثر معنی‌داری بر تنفس 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 $pH = 3$ 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 تنفس حد نیز نیز مشابه با تیمار مخلوط صمغ زانتان و ژلان به نسبت ۵۰:۵۰ بود.

ا) اثر نمک کلسیم بر رفتار رئولوژیکی مخلوط صمغ‌های زانتان و ژلان در pH های 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 pH های ۷ و ۵ معنی‌دار بود ($p < 0.05$). رفتار محلول مخلوط صمغ‌های زانتان و ژلان در شرایط مورد مطالعه غیرنیوتی و روان‌شونده بود که با کاهش pH و افزودن نمک به سمت نیوتی تغییر کرد. بررسی میزان تنفس حد نیز نشان داد که کاهش pH اثر معنی‌داری بر تنفس حد نداشت، ولی افزودن نمک آن را افزایش داد. این افزایش در $pH = 7$ 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

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

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

نتایج به صورت میانگین ± انحراف معیار (mean ± SD) در محدوده نوخ برش (25°C تا 10°C) در دمای 25°C گزارش شده است.

بحث

استیل و پیرووات از ساختمان ملکولی زانتان ذکر شده است(۳). در اثر افزودن نمک، گرانزوی 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، جمع شدگی و کاهش حجم هیدرودینامیکی رشته‌های زانتان می‌شود و بنابراین، گرانزوی محلول صمغ کاهش می‌یابد (۶). اثر یون‌های کلسیم بر گرانزوی ظاهری و ضریب قوام محلول زانتان در pHهای ۷ و ۵ بیشتر است. این موضوع به

در محلول صمغ زانتان در اثر کاهش pH از ۷ به ۵ تغییر معنی‌داری در گرانزوی و ضریب قوام مشاهده نشد که به دلیل پایداری ساختار زانتان است در مطالعات دیگر نیز به این موضوع اشاره شده است (۴). افزایش اندازه ضریب قوام در $\text{pH}=5$ 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 گرانزوی ظاهری و ضریب قوام مشاهده می‌شود که دلیل این موضوع در مطالعات پیشین، جدا شدن گروههای

گروههای کربوکسیل یونیزه، سبب کاهش گرانزوی 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 متفاوت مشاهده می‌شود. در تیمارهای مخلوط صمغها زانتان و ژلان به نسبت ۷۵:۲۵ رفتار جریانی و روند تغییرات ضریب قوام و گرانزوی ظاهری، شباهت زیادی با صمغ زانتان دارد؛ به طوری که در اثر کاهش pH و افزودن نمک، گرانزوی 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 میلی‌مolar نمک سبب کاهش ضریب قوام شده و افزایش غلظت نمک سبب افزایش مقادیر ضریب قوام می‌شود. علت آن، ناکافی بودن ۱ میلی‌مolar 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 گرانزوی 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 ۷۵ به ۲۵ 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 میلی‌molar، 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

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 گرانزوی 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 گرانزوی ظاهری کاهش یافته است. همان‌گونه 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 میلی‌molar تأثیر چندانی بر 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 میلی‌molar در pHهای ۷ و ۵ گرانزوی و ضریب قوام محلول صمغ به دلیل ایجاد پیوندهای ژلان-کاتیون-ژلان افزایش می‌یابد. این موضوع با نتایج 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 روان‌شونده با برش به ویژه در نرخ‌های برش پایین می‌شود (شکل ۲). این رفتار در مطالعات قبلی نیز مشاهده شده است (۱۵). در pH=۵ افزودن نمک به میزان ۵ میلی‌molar مقادیر گرانزوی ظاهری و ضریب قوام را بیشتر افزایش داد این موضوع می‌تواند به دلیل کاهش میزان دافعه بین رشته‌ها در اثر کاهش گروههای یونیزه در این pH باشد. در pH=۳ با توجه به کاهش یونیزاسیون گروههای کربوکسیل، کلسیم نمی‌تواند بین رشته‌ها پیوند تشکیل دهد. همان‌گونه که در مطالعات پیشین ذکر شده است، افزودن نمک به میزان بیشتر از

زنگیره‌های 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

- Phillips GO, Williams PA. Handbook of hydrocolloids. New York: CRC Press; 2000
- Yaseen EI, Herald TJ, Aramouni FM, Alavi S. Rheological properties of selected gum solutions. *Food Res Int* 2005; 38: 111-19.
- Garcia-Ochoa F, Santos VE, Casas JA, Gomez E. Xanthan gum: production, recovery and properties. *Biotech Adv* 2000; 18: 549-79.
- Tako M, Nakamura S. Rheological properties of deacetylated xanthan in aqueous media. *Agric Biol Chem* 1984; 12: 2987-93.
- Milas M, Rinaudo M. Conformational investigation on the bacterial polysaccharide xanthan. *Carbohydr Res* 1979; 76: 189-96.
- 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.
- 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.
- Chandrasekaran R., Radha A. Trends in Food Sci and Tech 1995; 6: 143-48.
- Jampen S, Britt IJ, Tung MA. Gellan polymer solution properties: dilute and concentrated regimes. *Food Res Int* 2000; 3: 579-86.
- Rodríguez-Hernández AI, Durand S, Garnier C, Tecante A, Doublier JL. Rheology-structure of gellan systems: evidence of network formation at low gellan concentration. *Food Hydrocolloids* 2003; 17: 621-28.
- 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.
- 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.
- Noda S, Funami T, Nakamura 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.
- 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.
- 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.
- Rodriguez-Hernandez AI, Tecante A. Dynamic viscoelastic behavior of gellan-t-carrageenan and gellan-xanthan gels. *Food Hydrocolloids* 1999; 13: 59-64.
- 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.
- 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.

زانتان و ژلان میان‌کنشی وجود نداشته و هر پلی ساکارید تنها با ملکول‌های خود میان‌کنش دارد. همچنین، در محلول هیدروکلوفیدهای ژلان و زانتان در حضور میزان کافی از کاتیون‌های کلسیم، ژلان نقش اصلی را در تعیین رفتار رئولوژیکی محلول بازی می‌کند و زنگیره‌های 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 در صورت کم بودن غلظت ژلان، شبکه‌ای تشکیل نمی‌شود و در چنین شرایطی زانتان مسئول رفتار رئولوژیکی محلول خواهد بود و

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

Hemmatzadeh Dastgerdy S¹, Hojjatoleslamy M^{*2}, Eivazzadeh O³

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: mohojat@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