

## اثر نمک‌های کلرید سدیم و کلسیم بر ویژگی‌های صمغ دانه ریحان

فخرالدین صالحی<sup>a\*</sup>، مهدی کاشانی نژاد<sup>b</sup>

<sup>a</sup> دانشجوی دکتری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گروه علوم و صنایع غذایی، گرگان، ایران  
<sup>b</sup> دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گروه علوم و صنایع غذایی، گرگان، ایران

### چکیده

**مقدمه:** هیدروکلوئیدها یا صمغ‌ها به عنوان ترکیباتی با وزن مولکولی بالا تعریف می‌شوند که می‌توانند در آب حل یا پخش شوند و ایجاد محلول‌های ویسکوز و ژل‌ها نمایند. در این پژوهش اثر نمک‌ها در غلظت‌های مختلف بر خصوصیات رئولوژیکی محلول صمغ دانه ریحان مطالعه شد.

**مواد و روش‌ها:** اثر کلرید سدیم و کلسیم در غلظت‌های ۰/۱، ۰/۲۵، ۰/۵ و ۱ درصد بر خصوصیات رئولوژیکی محلول صمغ دانه ریحان (۰/۲٪) بررسی شد. خصوصیات رئولوژیکی محلول‌ها توسط یک ویسکومتر چرخشی بروکفیلد اندازه‌گیری گردید.

**یافته‌ها:** در همه محلول‌ها با افزایش سرعت برشی، ویسکوزیته ظاهری کاهش می‌یافت، که نشان دهنده رفتار شل شونده با برش (سودوپلاستیک) صمغ دانه ریحان می‌باشد. برهمکنش بین صمغ و نمک باعث کاهش ویسکوزیته محلول‌ها شد و مقدار تغییر ویسکوزیته به نوع نمک مصرفی بستگی دارد. با افزایش غلظت کلرید سدیم از ۰/۱ به ۱ درصد، ویسکوزیته ظاهری محلول صمغ از ۸/۱ mPa.s به ۱/۹mPa.s کاهش یافت (سرعت برشی برابر  $61/2 S^{-1}$ ).

**نتیجه‌گیری:** مدل قانون توان به خوبی رفتار غیر نیوتنی صمغ دانه ریحان در حضور نمک‌ها را توصیف می‌کند. برآزش داده‌ها با این مدل نشان داد که نوع و مقدار نمک باعث تغییر ضریب قوام ( $k_p$ ) و شاخص رفتار جریان ( $n_p$ ) می‌شوند. افزودن کلرید سدیم و کلسیم باعث افزایش شاخص رفتار جریان و کاهش خاصیت سودوپلاستیک محلول‌ها می‌شوند.

**واژه‌های کلیدی:** کلرید سدیم، کلرید کلسیم، ویسکوزیته، هیدروکلوئید

اثر نمک‌های کلرید سدیم و کلسیم بر ویژگی‌های صمغ دانه ریحان

## مقدمه

صمغ‌ها هیدروکلوئیدهایی هستند که با جذب آب سبب افزایش ویسکوزیته و در نتیجه پایداری سیستم‌های غذایی می‌شوند و از این نظر کاربرد گسترده‌ای در بسیاری از فرآورده‌های غذایی دارند. هیدروکلوئیدها به طور گسترده در صنایع مختلف با عملکردهایی نظیر تغلیظ کنندگی، حفظ و بهبود بافت محصولات غذایی، تشکیل ژل، تشکیل فیلم، تثبیت کف، امولسیون‌ها، دیسپرسیون‌ها، ممانعت از تشکیل کریستال‌های یخ و شکر و همچنین آزاد سازی کنترل شده طعم‌ها به کار می‌روند. این ترکیبات اگر چه در غلظت کمتر از ۱٪ به کار می‌روند، اما قادرند اثر معنی‌داری بر خواص بافتی و ارگانولپتیکی مواد غذایی داشته باشند (Mirhosseini & Amid, 2012; Amiri Aghdaei et al., 2010).

بررسی خصوصیات رئولوژیکی و ویسکوزیته مواد قبل از طراحی فرآیندهایی شامل انتقال سیالات، پمپ‌ها، استخراج، فیلتراسیون، پاستوریزاسیون، تبخیر و خشک کردن ضروری می‌باشد (Marcotte et al., 2001). ویسکوزیته صمغ‌ها به ساختار ملکولی هیدروکلوئید، غلظت هیدروکلوئید، pH، دما و واکنش هیدروکلوئید با سایر ترکیبات ماده غذایی (نمک‌ها، کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها، پروتئین و...) وابسته می‌باشد (Kar & Arslan, 1999; Yanes et al., 2002). اثر قندها، ال-آسکوربیک اسید، آمونوم پرسولفات و نمک‌ها را بر ویسکوزیته محلول‌های پکتین پوست پرتقال توسط محققان بررسی و افزایش ویسکوزیته صمغ توسط گلوکز و مالتوز به دلیل کاهش ثابت دی الکتریک حلال، عمل آبیگری توسط قند و تشکیل باندهای هیدروژنی نسبت داده شده است (Arslan & Kar, 1999). در مطالعه دیگری گزارش شده است که قندهایی مانند ساکاروز، گلوکز و شربت ذرت باعث افزایش ویسکوزیته محلول زایلوگلوکان دانه تمبر هندی<sup>۱</sup> می‌شود و مقدار اثر سینرژیستی به نوع قند وابسته می‌باشد (Nishinari et al., 2000).

مقدار تاثیر نمک‌ها بر ویسکوزیته محلول صمغ‌ها به غلظت صمغ و نمک وابسته می‌باشد. غلظت بالای ۲٪ از نمک باعث کاهش آبیگری صمغ گزانتان می‌شود و بنابراین

توصیه می‌شود آبیگری این صمغ در محیط بدون نمک انجام شود (Sworn et al., 2000). ویسکوزیته محلول‌های رقیق پکتین با افزودن کاتیونی‌های تک ظرفیتی به دلیل بلوکه کردن بار گروه‌های کربوکسیل که باعث تضعیف دافعه بین زنجیرهای مجاور و ارتباط نزدیک آنها می‌شود، کاهش می‌یابد (Nussinovitch, 1997).

صمغ دانه ریحان از جمله هیدروکلوئیدهای بومی ایران می‌باشد که می‌توان از آن در اکثر فرمولاسیون‌های غذایی استفاده نمود. دانه ریحان (*Ocimum basilicum*)، گیاهی از تیره نعنائیان، به شکل بیضی کشیده می‌باشد. این دانه در هنگام قرار گرفتن در آب به راحتی متورم شده و مقدار زیادی موسیلاژ (صمغ محلول در آب) ایجاد می‌کند که در طب سنتی کاربرد گسترده‌ای دارد (Razmkhah et al., 2010; Razavi et al., 2012). استفاده از این صمغ در فرمولاسیون مواد غذایی توسط محققان در حال بررسی است. اثر پکتین، صمغ دانه ریحان و مرو بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی ماست چکیده بدون چربی توسط گروهی از محققان مورد بررسی قرار گرفته است (Razmkhah et al., 2010). همچنین تاثیر استفاده از موسیلاژ دانه ریحان بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، حسی و رئولوژیکی ماست کم چرب نیز بررسی شده است (Amiri Aghdaei et al., 2010).

تحقیقات بیشتری در ایران و جهان در مورد این صمغ و سایر موسیلاژها انجام شده است که ضروری است به اختصار به آنها اشاره شود

بررسی منابع انتشار یافته نشان می‌دهد که تا کنون مطالعه‌ای در خصوص بررسی اثر نمک‌های مختلف بر خصوصیات رئولوژیکی صمغ دانه ریحان انجام نشده است. لذا هدف از این پژوهش بررسی اثر غلظت‌های مختلف از نمک‌های کلرید سدیم و کلسیم بر خصوصیات رئولوژیکی صمغ دانه ریحان می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

## - استخراج صمغ

جهت استخراج صمغ، ابتدا دانه‌های ریحان به مدت ۲۰ دقیقه درون آب مقطر با دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد، در pH

<sup>1</sup> Tamarind seed xyloglucan solution

شد. بر اساس بررسی‌های انجام شده، مدل‌های قانون توان<sup>۱</sup> (معادله ۱) و هرشل بالکلی<sup>۲</sup> (معادله ۲) جهت بررسی خصوصیات رئولوژیکی صمغ دانه ریحان مناسب تشخیص داده شدند و از این دو مدل برای بررسی خصوصیات مستقل از زمان استفاده گردید (Rao & Kenny, 1975).

$$\tau = k_p \dot{\gamma}^{n_p} \quad (1) \text{ معادله}$$

در این معادله،  $\tau$  تنش برشی (Pa)،  $k_p$  ضریب قوام (Pa s<sup>n</sup>)،  $\dot{\gamma}$  سرعت برشی (s<sup>-1</sup>) و  $n_p$  شاخص رفتار جریان برای مدل قانون توان می‌باشد.

$$\tau = \tau_{0H} + k_H \dot{\gamma}^{n_H} \quad (2) \text{ معادله}$$

در این معادله،  $\tau$  تنش برشی (Pa)،  $\tau_{0H}$  تنش تسلیم (Pa)،  $k_H$  ضریب قوام (Pa.s<sup>n</sup>)،  $\dot{\gamma}$  سرعت برشی (s<sup>-1</sup>) و  $n_H$  شاخص رفتار جریان برای مدل هرشل بالکلی می‌باشند. و به منظور مدل کردن داده‌های تجربی تنش برشی در برابر سرعت برشی، و بدست آوردن ثابت‌های مدل‌های رئولوژیکی، از نرم‌افزار Curve Expert ویرایش ۱/۳۴ استفاده شد.

## یافته‌ها

### - اثر کلرید سدیم بر ویسکوزیته ظاهری

وجود کلرید سدیم در محلول‌های غذایی حاوی هیدروکلوئیدها می‌تواند باعث تغییر خصوصیات رئولوژیکی شود. اثر نمک کلرید سدیم در غلظت‌های ۰/۱، ۰/۲۵، ۰/۵ و ۱ درصد بر خصوصیات محلول صمغ دانه ریحان در شکل ۱ به نمایش در آمده است.

همانطور که در این شکل ملاحظه می‌شود، افزودن نمک کلرید سدیم به محلول صمغ دانه ریحان باعث کاهش ویسکوزیته آن شده است و کمترین ویسکوزیته مربوط به نمونه حاوی ۱ درصد کلرید سدیم می‌باشد. نتایج حاکی از این بود که با افزایش غلظت کلرید سدیم از ۰/۱ به ۱ درصد، ویسکوزیته ظاهری محلول صمغ از ۸/۱ mPa.s به ۱/۹ mPa.s کاهش می‌یابد (سرعت برشی برابر S<sup>-1</sup>).<sup>۱</sup>

برابر ۷ و نسبت آب به دانه برابر ۳۰ به ۱ قرار گرفتند. سپس جهت جدا کردن صمغ خارج شده از دانه (موسیلاژ)، از دستگاه اگستراکتور (Panasonic, MJ-J176P, Japan) استفاده گردید. خشک کردن موسیلاژ توسط یک دستگاه خشک کن هوای داغ (Japan Convection oven, Memmert Universal, Schwabach, Germany) در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد انجام پذیرفت. بعد از طی زمان خشک شدن، نمونه‌های خشک شده، آسیاب شده و سپس از الک با مش ۳۵ عبور داده شدند. نمونه‌های تهیه شده جهت انجام آزمایشات رئولوژیکی درون کیسه‌های پلاستیکی در بسته قرار گرفتند.

### - آماده سازی نمونه‌ها

محلول‌های هیدروکلوئیدی از صمغ دانه ریحان در غلظت ۰/۲٪ (وزنی/وزنی) برای آزمایشات ویسکومتری با حل کردن پودر صمغ خشک شده در آب مقطر برای نمونه شاهد و در محلول‌های نمکی با غلظت‌های ۰/۱، ۰/۲۵، ۰/۵ و ۱ درصد (وزنی/وزنی) جهت بررسی اثر نمک‌های مختلف بر ویسکوزیته، با کمک یک همزن مغناطیسی (magnetic stirrer, Falc Stirrer, UK) بدست آمدند. در این مطالعه نمک‌های کلرید سدیم و کلرید کلسیم از شرکت پانراک (Panreac, Barcelona, Spain) تهیه شد. محلول‌های بدست آمده جهت آبیگری کامل صمغ، به مدت ۲۴ ساعت بر روی یک همزن (Memmert Universal, Schwabach, Germany) در دمای اتاق (۲۰ درجه سانتی‌گراد) نگهداری شدند.

### - اندازه‌گیری ویسکوزیته

ویسکوزیته محلول‌ها با استفاده از یک دستگاه ویسکومتر چرخشی بروکفیلد (Brookfield, Model RVDV-II+ pro, USA) در محدوده سرعت برشی ۶/۱۲ تا ۲۵۰ بر ثانیه در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شدند. ۱۶ میلی لیتر از نمونه‌ها درون محفظه استوانه‌ای (ULA-31 Y, Brookfield) ریخته شد و با استفاده از اسپیندل مربوطه (YULA-15) ویسکوزیته ظاهری، سرعت برشی و تنش برشی نمونه‌ها اندازه‌گیری

<sup>1</sup> Power law model

<sup>2</sup> Herschel-Bulkley's model

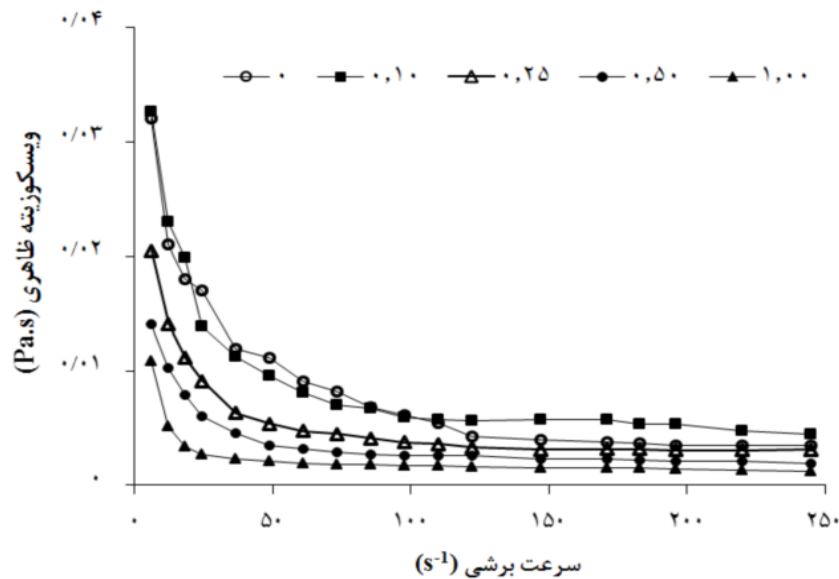
## اثر نمک‌های کلرید سدیم و کلسیم بر ویژگی‌های صمغ دانه ریحان

بالتر از ۰/۲۵ درصد، افزودن نمک باعث افزایش ویسکوزیته می‌گردد. همچنین غلظت ۰/۱ درصد کلرید سدیم باعث تغییر ویسکوزیته صمغ گزانتان شده است ولی غلظت‌های بالاتر اثری بر ویسکوزیته نداشته‌اند.

در این جدول همچنین پارامترهای برازش شده مدل هرشل بالکلی برای محلول صمغ دانه ریحان در حضور غلظت‌های متفاوت از نمک کلرید سدیم به نمایش درآمده است. همانطور که ملاحظه می‌شود، در تمامی نمونه‌ها تنش تسلیم مشاهده می‌شود. مقدار تنش تسلیم بدست آمده توسط این معادله کم می‌باشد و در محدوده ۰/۰۳ تا ۰/۲۱ پاسکال بدست آمد. ضریب قوام ( $k_H$ ) مربوط به این صمغ با استفاده از این مدل در محدوده  $0.23 \text{ Pa s}^n - 0.001$  بدست آمد. شاخص رفتار جریان گزارش شده در این جدول نیز کمتر از ۱ می‌باشد، که معرف سیال شل شونده با برش یا سودوپلاستیک می‌باشد.

در جدول ۱ پارامترهای برازش شده مدل قانون توان برای محلول صمغ دانه ریحان در حضور کلرید سدیم به نمایش درآمده است. ضریب قوام ( $k_p$ ) مربوط به این صمغ با استفاده از این مدل در محدوده  $0.009 - 0.143 \text{ Pa s}^n$  بدست آمد. همانطور که در شکل ۱ ملاحظه شده، صمغ دانه ریحان دارای رفتار شل شونده با زمان است و شاخص رفتار جریان گزارش شده در این جدول نیز کمتر از ۱ می‌باشد، که معرف سیال شل شونده با برش می‌باشد. مقدار عددی شاخص رفتار جریان در این پژوهش از ۰/۳۱ برای نمونه شاهد تا ۰/۶۲ برای نمونه حاوی ۱ درصد کلرید سدیم تغییر می‌کرد. با افزودن کلرید سدیم به محلول، شاخص رفتار جریان افزایش می‌یابد که نشان دهنده کاهش خصوصیات سودوپلاستیکی محلول می‌باشد.

Sworn و همکاران (۲۰۰۰) گزارش کردن که در غلظت ۰/۲۵ درصد از صمغ گزانتان، افزودن نمک کلرید سدیم باعث کاهش ویسکوزیته می‌گردد. اما در غلظت‌های



شکل ۱- اثر غلظت‌های مختلف کلرید سدیم بر ویسکوزیته ظاهری محلول صمغ دانه ریحان

جدول ۱- پارامترهای برازش شده مدل های قانون توان و هرشل بالکلی برای محلول صمغ دانه ریحان در حضور کلرید سدیم.

مدل هرشل بالکلی			مدل قانون توان			غلظت کلرید سدیم (%)	
R	$\tau_{OH}$ (Pa)	$n_H$	$k_H$ ( $\text{Pa s}^n$ )	R	$n_p$		$k_p$ ( $\text{Pa s}^n$ )
۰/۹۰۸	۰/۱۲	۰/۲۵	۰/۲۳	۰/۹۰۴	۰/۳۱	۰/۱۴۳	۰
۰/۹۷۸	۰/۲۱	۰/۸۷	۰/۰۰۸	۰/۹۶۰	۰/۵۵	۰/۰۵۵	۰/۱۰
۰/۹۵۱	۰/۱۶	۰/۹۶	۰/۰۰۱	۰/۹۷۴	۰/۵۸	۰/۰۲۸	۰/۲۵
۰/۹۹۲	۰/۰۹	۰/۸۹	۰/۰۰۳	۰/۹۷۲	۰/۵۶	۰/۰۲۲	۰/۵۰
۰/۹۸۴	۰/۰۳	۰/۸۱	۰/۰۰۳	۰/۹۷۶	۰/۶۲	۰/۰۰۹	۱/۰۰

Rinaudo و همکاران (۱۹۸۷) گزارش کردند که افزودن یون کلسیم به محلول‌های حاوی صمغ آلزینات و پکتین، باعث تشکیل ژل می‌شود.

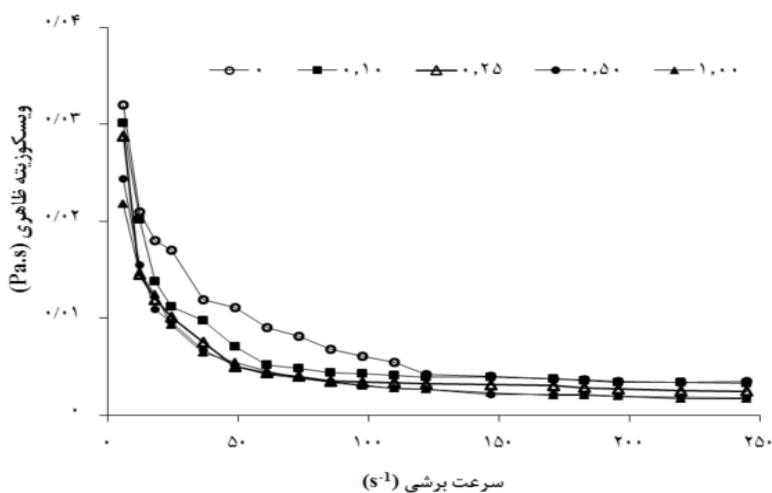
Medina-Torres و همکاران (۲۰۰۰) به بررسی خصوصیات رئولوژیکی صمغ‌ها پرداختند و مشاهده نمودند که یون‌های کلسیم و منیزیم باعث کاهش ویسکوزیته می‌شوند، در حالی که یون‌های سدیم و پتاسیم تاثیری بر تغییر ویسکوزیته ندارند.

در جدول ۲ پارامترهای برازش شده مدل قانون توان برای محلول صمغ دانه ریحان در حضور غلظت‌های مختلف از کلرید کلسیم به نمایش درآمده است. با افزایش غلظت کلرید کلسیم از ۰ به ۱ درصد، ضریب قوام ( $k_p$ ) مربوط به مدل قانون توان از  $0.143 \text{ Pa s}^n$  به  $0.094 \text{ Pa s}^n$  کاهش یافت. مقدار عددی شاخص رفتار جریان محلول صمغ دانه ریحان در حضور کلرید کلسیم محدوده  $0.31$  تا  $0.49$  بدست آمد. با افزودن کلرید کلسیم به محلول، شاخص رفتار جریان افزایش یافت که نشان دهنده کاهش خصوصیات سودوپلاستیکی محلول و وابستگی کمتر ویسکوزیته محلول به تغییر سرعت برشی می‌شود. مقدار ضریب تبیین<sup>۱</sup> بدست آمده از برازش داده‌های تجربی ویسکوزیته محلول‌های حاوی کلرید کلسیم با مدل قانون توان بیشتر از مدل هرشل بالکلی بود که نشان از مناسب بودن این مدل می‌باشد. مقدار ضریب تبیین بدست آمده از برازش مدل قانون توان بالا می‌باشد و نشان‌دهنده مناسب بودن این مدل می‌باشد.

در این جدول همچنین پارامترهای برازش شده مدل هرشل بالکلی برای محلول صمغ دانه ریحان در حضور غلظت‌های متفاوت از نمک کلرید سدیم به نمایش درآمده است. همانطور که ملاحظه می‌شود، در تمامی نمونه‌ها تنش تسلیم مشاهده می‌شود. مقدار تنش تسلیم بدست آمده توسط این معادله کم می‌باشد و در محدوده  $0.3$  تا  $0.21$  پاسکال بدست آمد. ضریب قوام ( $k_H$ ) مربوط به این صمغ با استفاده از این مدل در محدوده  $0.23 \text{ Pa s}^n$  -  $0.01$  بدست آمد. شاخص رفتار جریان گزارش شده در این جدول نیز کمتر از ۱ می‌باشد، که معرف سیال شل شونده با برش یا سودوپلاستیک می‌باشد.

### - اثر کلرید کلسیم بر ویسکوزیته ظاهری

اثر نمک کلرید کلسیم در غلظت‌های مختلف بر ویسکوزیته ظاهری صمغ دانه ریحان در شکل ۲ به نمایش درآمده است. در نمونه شاهد و نمونه‌های حاوی غلظت‌های مختلف کلرید کلسیم با افزایش سرعت برشی، ویسکوزیته ظاهری صمغ‌ها کاهش یافت. با افزایش سرعت برشی از  $6/12$  به  $245$  بر ثانیه، ویسکوزیته ظاهری برای محلول صمغ حاوی  $0.25$  درصد کلرید کلسیم از  $28/8$  به  $2/5$  میلی پاسکال ثانیه کاهش یافت. همانطور که در این شکل ملاحظه می‌شود، برهمکنش بین نمک کلرید کلسیم و صمغ دانه ریحان باعث کاهش ویسکوزیته آن شده است و با افزایش غلظت کلرید کلسیم نیز ویسکوزیته محلول‌ها به مقدار بیشتری کاهش می‌یابد.



شکل ۲- اثر غلظت‌های مختلف کلرید کلسیم بر ویسکوزیته ظاهری محلول صمغ دانه ریحان

<sup>1</sup> Coefficient of determination (R)

یافت. مقدار شاخص رفتار جریان مدل هرشل بالکلی از ۰/۹۷ برای غلظت ۰/۱٪ کلرید کلسیم تا ۰/۲۸ برای نمونه حاوی ۱ درصد کلرید کلسیم تغییر می‌کند. ویسکوزیته ظاهری محلول صمغ دانه ریحان در حضور غلظت ۰/۵ درصد از نمک‌های کلرید سدیم و کلسیم در سرعت برشی برابر  $61/25 s^{-1}$  در شکل ۳ به نمایش در آمده است. در این نمودار تاثیر نوع نمک بر خصوصیات رئولوژیکی صمغ به نمایش در آمده است.

### بحث

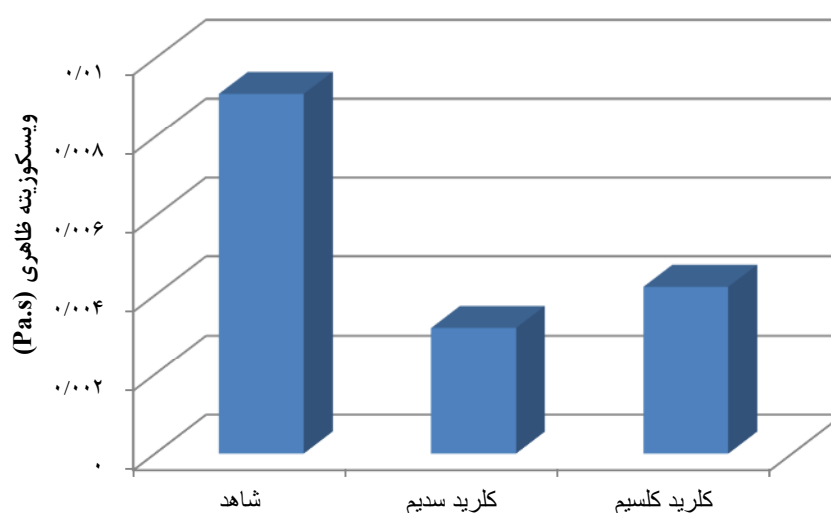
اکثر صمغ‌های دانه ای رفتار شل شونده با زمان از خود نشان می‌دهند (Amin et al., 2007). در تمامی نمونه‌ها با افزایش سرعت برشی، ویسکوزیته ظاهری صمغ کاهش می‌یابد. کاهش ویسکوزیته با سرعت برشی، نشان دهنده خصوصیت رفتار شل شونده با زمان

Sudhakar و همکاران (۱۹۹۶) مشاهده کردند که افزودن کلرید سدیم، کلرید پتاسیم و کلرید کلسیم در غلظت ۲ درصد باعث افزایش ضریب قوام نشاسته می‌شود، در حالی که افزودن سولفات و فسفات سدیم باعث کاهش آن می‌شوند. رفتار مشابهی برای غلظت‌های متفاوت از صمغ گوار مشاهده گردید.

در این جدول همچنین پارامترهای برازش شده مدل هرشل بالکلی برای محلول صمغ دانه ریحان در حضور غلظت‌های متفاوت از نمک کلرید کلسیم به نمایش درآمده است. همانطور که ملاحظه می‌شود، در تمامی محلول‌های هیدروکلوئیدی تنش تسلیم مشاهده می‌شود. مقدار تنش تسلیم بدست آمده توسط این معادله در محدوده ۰/۰۲ تا ۰/۲۲ پاسکال بدست آمد. با افزایش غلظت کلرید کلسیم از ۰ به ۱ درصد، ضریب قوام ( $k_H$ ) مربوط به مدل هرشل بالکلی از  $0/23 Pa s^n$  به  $0/08 Pa s^n$  کاهش

جدول ۲- پارامترهای برازش شده مدل‌های قانون توان و هرشل بالکلی برای محلول صمغ دانه ریحان در حضور کلرید کلسیم.

مدل هرشل بالکلی				مدل قانون توان			غلظت کلرید کلسیم (%)
R	$\tau_{0H}$ (Pa)	$n_H$	$k_H$ (Pa s <sup>n</sup> )	R	$n_p$	$k_p$ (Pa s <sup>n</sup> )	
۰/۹۰۸	۰/۱۲	۰/۲۵	۰/۲۳	۰/۹۰۴	۰/۳۱	۰/۱۴۳	۰
۰/۹۸۲	۰/۲۲	۰/۹۷	۰/۰۰۱	۰/۹۸۸	۰/۴۹	۰/۰۵۱	۰/۱۰
۰/۹۳۹	۰/۱۷	۰/۹۵	۰/۰۰۲	۰/۹۶۸	۰/۴۵	۰/۰۴۹	۰/۲۵
۰/۹۷۶	۰/۱۴	۰/۵۹	۰/۰۱۱	۰/۹۷۸	۰/۳۲	۰/۰۸۴	۰/۵۰
۰/۹۷۶	۰/۰۲	۰/۲۸	۰/۰۸۱	۰/۹۷۶	۰/۳۱	۰/۰۹۴	۱/۰۰



شکل ۳- ویسکوزیته ظاهری محلول صمغ دانه ریحان در حضور غلظت ۰/۵ درصد از کلرید سدیم و کلسیم (سرعت برشی برابر  $61/25 s^{-1}$ ).

دارای مولکول‌های پلی‌الکترولیت بار منفی می‌باشند، افزودن یون‌های با بار مثبت باعث کاهش نیروهای دافعه و انبساط مولکول‌ها می‌شوند و در نتیجه باعث کاهش ویسکوزیته می‌شود (Medina-Torres *et al.*, 2000).

### نتیجه‌گیری

دانه ریحان حاوی مقادیر زیادی هیدروکلوئید با خواص رئولوژیکی قابل توجه می‌باشد که جهت استفاده از آن در فرمولاسیون مواد غذایی، ابتدا می‌بایست اثر سایر افزودنی‌ها را بر آن مورد بررسی قرار داد. در این پژوهش اثر نمک‌های کلرید سدیم و کلسیم بر خصوصیات رئولوژیکی محلول ۰/۲ درصد صمغ دانه ریحان بررسی شد. صمغ دانه ریحان در حضور نمک‌های مختلف از خود رفتار سودوپلاستیک نشان می‌دهد و با افزایش سرعت برشی، ویسکوزیته ظاهری کاهش یافت. با افزایش غلظت نمک‌ها، ویسکوزیته محلول‌های صمغ ریحان کاهش می‌یافت و مقدار تغییر ویسکوزیته به نوع و غلظت نمک مصرفی بستگی دارد. در بین نمک‌های بررسی شده، کلرید سدیم بیشترین اثر را بر صمغ دانه ریحان دارد و باعث کاهش بیشتر ویسکوزیته محلول می‌شود. مدل قانون توان نسبت به مدل هرشل بالکلی، دارای توانایی بیشتری جهت پیشگویی رفتار رئولوژیکی صمغ دانه ریحان در حضور نمک‌ها می‌باشد و برازش داده‌ها با این مدل نشان داد که نوع و مقدار نمک باعث تغییر ضریب قوام ( $k_p$ ) و شاخص رفتار جریان ( $n_p$ ) می‌شوند. با افزودن کلرید سدیم و کلسیم به محلول صمغ، شاخص رفتار جریان افزایش می‌یابد که نشان دهنده کاهش خصوصیات سودوپلاستیکی محلول و وابستگی کمتر ویسکوزیته محلول به تغییر سرعت برشی می‌شود.

### منابع

- Amin, A. M., Ahmad, A. S., Yin Yin, Y., Yahya, N. & Ibrahim, N. (2007). Extraction, purification and characterization of durian (*Durio zibethinus*) seed gum. *Food Hydrocolloids*, 21, 273–279.
- Amiri Aghdaei, S. S., Aalami, M., Khomeiri M. & Rezaei, R. (2010). Effect of

(سودوپلاستیک<sup>۱</sup>) صمغ دانه ریحان می‌باشد. با افزایش سرعت برشی از ۶/۱۲ به ۲۴۵ بر ثانیه، ویسکوزیته ظاهری برای محلول صمغ حاوی ۱ درصد کلرید سدیم از ۱۰/۹ به ۱/۲ میلی پاسکال ثانیه کاهش یافت.

Sudhakar و همکاران (۱۹۹۶) گزارش کردند که الکترولیت‌ها باعث افزایش ویسکوزیته صمغ‌های آلژین و گوار می‌شوند در حالی که باعث کاهش ویسکوزیته صمغ‌های عربی و کاراگینان می‌شوند. همچنین گزارش کردند که صمغ کاراگینان نسبت به نمک‌های پتاسیم، آمونیوم، روبیدیوم و سزیم بسیار حساس می‌باشد. نمک‌ها همچنین بر استحکام زنجیره‌های صمغ‌های میکروبی مانند ژلان اثر می‌گذارند (Kwon *et al.*, 1987).

همچنین با افزودن کلرید سدیم به محلول، شاخص رفتار جریان مدل هرشل بالکلی افزایش می‌یابد. شاخص رفتار جریان با استفاده از این مدل در محدوده ۰/۲۵–۰/۹۶ بدست آمد. Marcotte و همکاران (۲۰۰۱) و Song و همکاران (۲۰۰۶) مقدار شاخص رفتار جریان مدل هرشل بالکلی برای صمغ گزانتان را به ترتیب برابر ۰/۲۴ و ۰/۲۳ گزارش کردند.

نتایج حاکی از این بود که با افزایش غلظت کلرید کلسیم از ۰/۱ به ۱ درصد، ویسکوزیته ظاهری محلول صمغ از ۷/۱ mPa.s به ۵/۴ mPa.s کاهش می‌یابد (سرعت برشی برابر  $S^{-1}$  ۴۸/۹). کاهش ویسکوزیته ممکن است به دلیل کاهش تدریجی دافعه بین بارهای مولکولی بر یکدیگر و در نتیجه انقباض مولکول‌های پلی‌ساکاریدها نسبت داده شود (Mazza & Biliaderis, 1989).

مقدار ضریب تبیین بالای بدست آمده از برازش مدل‌های مورد نظر با داده‌های تجربی، نشان از مناسب بودن این مدل‌ها می‌باشد و با استفاده از داده‌های گزارش شده در جداول ۱ و ۲ می‌توان جهت پیشگویی رفتار صمغ دانه ریحان در حضور نمک‌های کلرید سدیم و کلسیم اتفاده نمود.

همانطور که در شکل ۳ ملاحظه می‌شود در این سرعت برشی محلول صمغ حاوی کلرید سدیم کمترین ویسکوزیته ظاهری را از خود نشان می‌دهد و این نمک بیشترین اثر کاهشی را بر صمغ دانه ریحان دارد. وقتی هیدروکلوئیدها

<sup>۱</sup> Pseudoplastic Behavior



Basil seed mucilage (*Ocimum basilicum L.*) on the physicochemical and sensory characteristics of low fat yogurt. *Electronic Journal of Food Processing and Preservation (EJFPP)*, 2(4):1-17.

Kar, F. & Arslan, N. (1999). Characterization of orange peel pectin and effect of sugars, l-ascorbic acid, ammonium persulfate, salts on viscosity of orange peel pectin solutions. *Carbohydrate Polymers.*, 40, 285–291.

Kwon, B. D., Foss, R. A. & Rha, C. K. (1987). Rheological Characterization of High Viscosity Polysaccharides. In: *Industrial Polysaccharides: Genetic Engineering, Structure/Property Relations and Applications.*, M. Yalpani, edit. Elsevier Science Publishers, B.V., Amsterdam, 253-266.

Marcotte, M., Taherian Hoshahili, A. R. & Ramaswamy, H. S. (2001). Rheological properties of selected hydrocolloids as a function of concentration and temperature. *Food Research International*, 34, 695–703.

Mazza, G. & Biliaderis, C. G. (1989). Functional properties of flax seed mucilage. *Journal of Food Science*, 54, 1302–1305.

Medina-Torres, L., Brito-De La Fuente, E., Torrestiana-Sanchez, B. & Kathain, R. (2000). Rheological properties of the mucilage gum (*Opuntia ficus indica*). *Food Hydrocolloids*, 14, 417–424.

Mirhosseini, H. & Amid, B. T. (2012). A review study on chemical composition and molecular structure of newly plant gum exudates and seed gums, *Food Research International*, 46, 387–398.

Nep, E.I. & Conway, B.R. (2011). Physicochemical characterization of grewia polysaccharide gum: Effect of drying method. *Carbohydrate Polymers*, 84, 446–453.

Nishinari, K., Yamatoya, K., Shirakawa, M. Xyloglucan. Phillips, G. O. & Williams, P. A.

(Eds.). (2000). *Handbook of Hydrocolloids*, CRC Press, Boca Raton, New York, 247–267.

Nussinovitch, A. (1997). *Hydrocolloid applications: gum technology in the food and other industries*. London: Blackie Academic and Professional.

Rao, M. A. & Kenny, J. F. (1975). Flow properties of selected food gums. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, 8 (3), 142–148.

Razavi, S. M. A., Mohammadi Moghaddam, T., Emadzadeh, B. & Salehi, F. (2012). Dilute solution properties of wild sage (*Salvia macrosiphon*) seed gum. *Food Hydrocolloids*, 29, 205-210.

Razmkhah, S., Razavi, S. M. A., Behzad. K. H., & Mazaheri Tehrani, M. (2010). The Effect of Pectin, Sage Seed Gum and Basil Seed Gum on Physicochemical and Sensory Characteristics of Non Fat Concentrated Yoghurt. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 6(1), 27-36.

Rinaudo, M., Milas, M. & Yalpani. M. (1987). *Industrial Polysaccharides, Genetic Engineering, Structure/ property relations and applications*. Elsevier Science Publishers, B.V., Amsterdam, 217-223.

Song, K. W., Kim, Y. S. & Chang, G. S. (2006). Rheology of concentrated xanthan gum solutions: steady shear flow behavior. *Fibers and Polymers*, 7(2), 129-138.

Sudhakar, V., Singhal, R. S. & Kulkarni, P. R. (1996). Effect of salts on interactions of starch with guar gum. *Food Hydrocolloids*, 10 (3), 329-334.

Sworn, G. Xanthan, G., Phillips, G. O. & Williams, P. A. (Eds.). (2000). *Handbook of Hydrocolloids*, CRC Press, Boca Raton, New York, 103–116.

Yanes, M., Duran, L. & Costell, E. (2002). Effect of hydrocolloid type and concentration on flow behavior and sensory properties of milk beverages model systems. *Food Hydrocolloids*, 16, 605–611.