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

**فخرالدین صالحی [a]*، مهدی کاشانی نژاد [b]**

*[a] دانشجوی دکتری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گروه علوم و صنایع غذایی، گرگان، ایران*
*[b] دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گروه علوم و صنایع غذایی، گرگان، ایران*

Archive of SID



تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۲/۱۰/۲۵ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۱۲/۱۴

## چکیده

**مقدمه:** هیدروکلوئیدها یا صمغ ها به عنوان ترکیباتی با وزن مولکولی بالا تعریف می شوند که می توانند 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 غلظت های 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 ۶۱/۲ $S^{-1}$).

**نتیجه‌گیری:** مدل قانون توان به خوبی رفتار غیر نیوتنی صمغ دانه ریحان در حضور نمک‌ها را توصیف می‌کند. برازش داده ها 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*

* نویسنده مسئول مکاتبات email: fs1446@yahoo.com



www.SID.ir

## 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، آمونیوم 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 آبگیری 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[1] 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 آبگیری صمغ گزانتان می‌شود و بنابراین توصیه می‌شود آبگیری 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 می شود، کاهش می‌یابد (Nussinovitch, 1997).

صمغ دانه ریحان از جمله هیدروکلوئیدهای بومی ایران می باشد که می‌توان از آن در اکثر فرمولاسیون‌های غذایی استفاده نمود. دانه ریحان (*Ocimum basilicum*)، گیاهی از تیره نعناعیان، 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 ار 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 اختصاربه آنها اشاره شود

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

## 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

[1] Tamarind seed xyloglucan solution





Archive of SID

www.SID.ir

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 (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**

محلول های 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 محلول های 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 آبگیری 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 شد. بر اساس بررسی‌های انجام شده، مدل‌های قانون توان[1] (معادله ۱) و هرشل بالکلی[2] (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).

$$\tau = k_p \dot{\gamma}^{n_p} \qquad \text{معادله (۱)}$$

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

$$\tau = \tau_{0H} + k_H \dot{\gamma}^{n_H} \qquad \text{معادله (۲)}$$

در این معادله، $\tau$ تنش برشی (Pa)، $\tau_{0H}$ تنش تسلیم (Pa)، $k_H$ ضریب قوام ($Pa.s^n$)، $\gamma$ سرعت برشی ($s^{-1}$) 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 mPa.s ۸/۱ به mPa.s ۱/۹ کاهش می‌یابد (سرعت برشی برابر $S^-$ [1] ۶۱/۲).

[1] Power law model

[2] Herschel-Bulkley's model



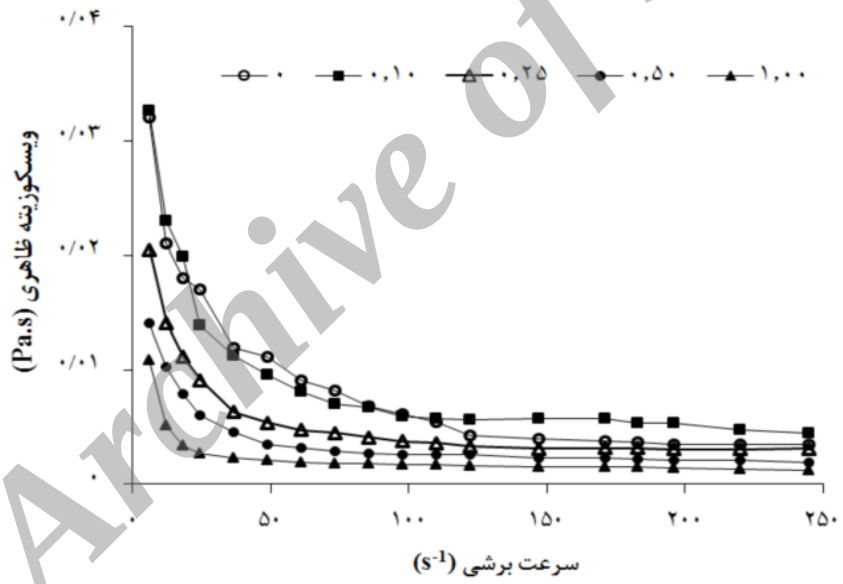
Archive of SID

www.SID.ir

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 ۰/۰۰۹–۰/۱۴۳ 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 می باشد. 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 می کرد. با افزودن کلرید سدیم به محلول، شاخص رفتار جریان افزایش می‌یابد که نشان دهنده کاهش خصوصیات سودوپلاستیکی محلول می باشد.

Sworn و همکاران (۲۰۰۰) گزارش کردن که در غلظت ۰/۲۵ درصد از صمغ گزانتان، افزودن نمک کلرید سدیم باعث کاهش ویسکوزیته می گردد. اما در غلظت‌های بالاتر 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 می شود، 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 ۰/۲۳– Pa $s^n$ ۰/۰۰۱ بدست آمد. شاخص رفتار جریان گزارش شده در این جدول نیز کمتر از ۱ می باشد، که معرف سیال شل شونده با برش یا سودوپلاستیک می باشد.




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

**جدول۱- پارامترهای برازش شده مدل های قانون توان و هرشل بالکلی برای محلول صمغ دانه ریحان در حضور کلرید سدیم.**

| مدل قانون توان | | | | مدل هرشل بالکلی | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| غلظت کلرید سدیم (٪) | $k_p$ (Pa $s^n$) | $n_p$ | R | $k_H$ (Pa $s^n$) | $n_H$ | $\tau_{0H}$ (Pa) | R |
| ۰ | ۰/۱۴۳ | ۰/۳۱ | ۰/۹۰۴ | ۰/۲۳ | ۰/۲۵ | ۰/۱۲ | ۰/۹۰۸ |
| ۰/۱۰ | ۰/۰۵۵ | ۰/۵۵ | ۰/۹۶۰ | ۰/۰۰۸ | ۰/۸۷ | ۰/۲۱ | ۰/۹۷۸ |
| ۰/۲۵ | ۰/۰۲۸ | ۰/۵۸ | ۰/۹۷۴ | ۰/۰۰۱ | ۰/۹۶ | ۰/۱۶ | ۰/۹۵۱ |
| ۰/۵۰ | ۰/۰۲۲ | ۰/۵۶ | ۰/۹۷۲ | ۰/۰۰۳ | ۰/۸۹ | ۰/۰۹ | ۰/۹۹۲ |
| ۱/۰۰ | ۰/۰۰۹ | ۰/۶۲ | ۰/۹۷۶ | ۰/۰۰۳ | ۰/۸۱ | ۰/۰۳ | ۰/۹۸۴ |





Archive of SID

www.SID.ir

در این جدول همچنین پارامترهای برازش شده مدل هرشل بالکلی برای محلول صمغ دانه ریحان در حضور غلظت های 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 ۰/۲۳ $Pa\ s^n$– ۰/۰۰۱ 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.

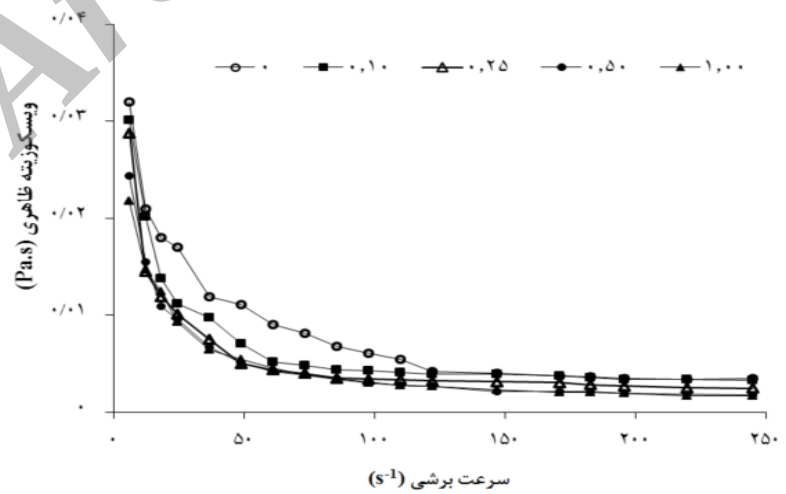
**- اثر کلرید کلسیم بر ویسکوزیته ظاهری**

اثر نمک کلرید کلسیم در غلظت‌های مختلف بر ویسکوزیته ظاهری صمغ دانه ریحان در شکل ۲ به نمایش در آمده 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 ۶/۱۲ به ۲۴۵ بر ثانیه، ویسکوزیته ظاهری برای محلول صمغ حاوی ۰/۲۵ درصد کلرید کلسیم از ۲۸/۸ به ۲/۵ 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 محلول ها به مقدار بیشتری کاهش می‌یابد.

Rinaudo و همکاران (۱۹۸۷) گزارش کردند که افزودن یون کلسیم به محلول‌های حاوی صمغ آلژینات 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 غلظت های 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 ۰/۱۴۳ $Pa\ s^n$ به $Pa\ s^n$ ۰/۰۹۴ کاهش یافت. مقدار عددی شاخص رفتار جریان محلول صمغ دانه ریحان در حضور کلرید کلسیم در محدوده ۰/۳۱ تا ۰/۴۹ 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[1] 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 می باشد. مقدار ضریب تبیین بدست آمده از برازش مدل قانون توان بالا می‌باشد و نشاندهنده مناسب بودن این مدل می باشد.




**شکل ۲- اثر غلظت های مختلف کلرید کلسیم بر ویسکوزیته ظاهری محلول صمغ دانه ریحان**

[1] Coefficient of determination (R)



Archive of SID
www.SID.ir

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 غلظت های 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 ۰/۲۳ Pa $s^n$ به ۰/۰۸ Pa $s^n$ کاهش 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.

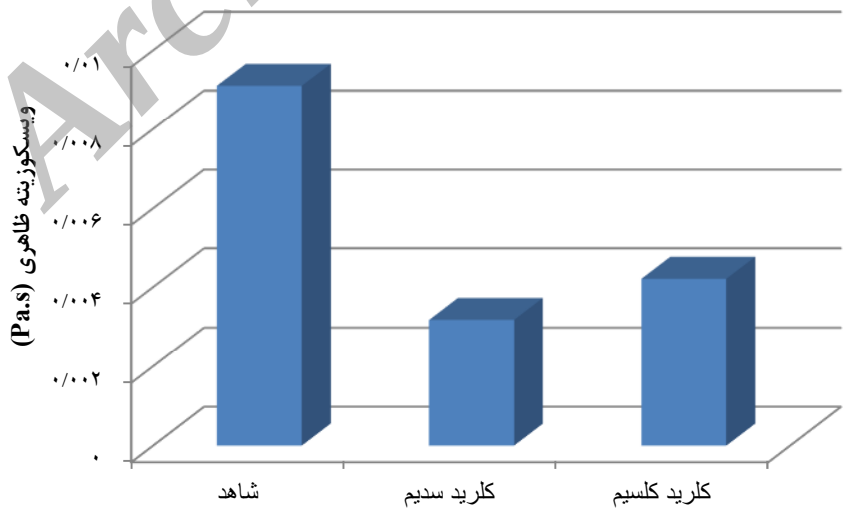
ویسکوزیته ظاهری محلول صمغ دانه ریحان در حضور غلظت ۰/۵ درصد از نمک‌های کلرید سدیم و کلسیم در سرعت برشی برابر ۶۱/۲$s^{-1}$ در شکل ۳ به نمایش در آمده است. در این نمودار تاثیر نوع نمک بر خصوصیات رئولوژیکی صمغ به نمایش در آمده است.

## بحث

اکثر صمغ های 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

**جدول۲- پارامترهای برازش شده مدل‌های قانون توان و هرشل بالکلی برای محلول صمغ دانه ریحان در حضور کلرید کلسیم.**

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




**شکل ۳- ویسکوزیته ظاهری محلول صمغ دانه ریحان در حضور غلظت ۰/۵ درصد از کلرید سدیم و کلسیم (سرعت برشی برابر ۶۱/۲$s^{-1}$).**





Archive of SID

www.SID.ir

(سودوپلاستیک[1]) 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 نمک های پتاسیم، آمونیوم، روبیدیوم و سزیم بسیار حساس می‌باشد. نمک‌ها همچنین بر استحکام زنجیره‌های صمغ‌های میکروبی مانند ژلان اثر می گذارند (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 ۰/۹۶–۰/۲۵ 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 ۴۸/۹ $S^{-1}$). کاهش ویسکوزیته ممکن است به دلیل کاهش تدریجی دافعه بین بارهای مولکولی بر یکدیگر و در نتیجه انقباض مولکول‌های پلی ساکاریدها 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 ۱و 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 می‌هد و این نمک بیشترین اثر کاهشی را بر صمغ دانه ریحان دارد. وقتی هیدروکلوئیدها دارای مولکول‌های پلی الکترولیت 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 می بایست 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 می شود. مدل قانون توان نسبت به مدل هرشل بالکلی، دارای توانایی بیشتری جهت پیشگویی رفتار رئولوژیکی صمغ دانه ریحان در حضور نمک‌ها می باشد و برازش داده ها 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

[1] Pseudoplastic Behavior



Archive of SID

www.SID.ir

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 pplications., 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. & Katthain, 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.



Archive of SID

www.SID.ir