

## بررسی ویژگی‌های رئولوژیکی مخلوط صمغ دانه ریحان با صمغ‌های گوار و ثعلب

سعید میرعرب رضی<sup>۱\*</sup> و علی معتمدزادگان<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۹۴/۷/۲۸ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱/۱۴

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری علوم و صنایع غذایی، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

<sup>۲</sup> دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

\*مسئول مکاتبه: Email: saeed.mirarab86@yahoo.com

### چکیده

هیدروکلوئیدها به عنوان ترکیباتی با وزن مولکولی بالا تعریف می‌شوند که می‌توانند در آب حل شوند و ایجاد محلول‌های ویسکوز نمایند. در این پژوهش تاثیر صمغ‌های ثعلب و گوار در غلظت‌های مختلف (۰/۱، ۰/۳ و ۰/۵ درصد) بر خصوصیات رئولوژیکی محلول صمغ دانه ریحان (۰/۰۵ و ۰/۱ درصد) توسط رئومتر چرخشی در دامنه سرعت برشی ۰/۳۰۰-۰۱ بر ثانیه و دمای ۲۵ °C مطالعه شد. نتایج نشان داد در همه محلول‌ها با افزایش سرعت برشی، ویسکوزیته ظاهری کاهش یافت که نشان دهنده رفتار شل شونده با برش (سودوپلاستیک) مخلوط صمغ‌ها بود. نتایج حاصل از برازش داده‌ها با مدل‌های رئولوژیکی مختلف نشان داد که مدل کراس با داشتن  $R^2$  بالا بهترین مدل جهت توصیف رفتار جریان مخلوط صمغ‌ها بود. افزایش غلظت صمغ‌ها باعث افزایش ویسکوزیته مخلوط شد و بالاترین ضریب قوام مربوط به نمونه B2S3 بود (۹/۹۱ pa.s). میزان هیسترسیس نیز با افزایش غلظت صمغ‌ها افزایش یافت. بالاترین میزان هیسترسیس مربوط به نمونه S2G3 بود (۲۹۰/۳۸ پاسکال بر ثانیه).

واژگان کلیدی: ثعلب، صمغ دانه ریحان، گوار

### مقدمه

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٪ استفاده می‌شوند اما قادرند اثر معنی داری بر خواص بافتی و ارگانولپتیکی مواد غذایی داشته باشند (صالحی و کاشانی نژاد، ۱۳۹۳).

پلی ساکاریدها از بیوپلیمرهای مهمی هستند که در امولسیون‌های غذایی جهت کنترل بافت، ریز ساختار و پایداری مورد استفاده قرار می‌گیرند. همچنین این ترکیبات برای افزایش ویسکوزیته می‌توانند به سیستم غذایی افزوده شوند (موسشاکیس و همکاران، ۲۰۱۰). هیدروکلوئیدها به طور گسترده در صنایع مختلف با عملکردهایی نظیر تغلیظ کنندگی، حفظ و بهبود بافت محصولات غذایی، تشکیل ژل، تشکیل فیلم، تثبیت کف،

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 (رزم خواه و همکاران، ۲۰۱۰). همچنین تاثیر استفاده از موسیلاژ دانه ریحان بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، حسی و رئولوژیکی ماست کم چرب نیز بررسی شده است (امیری عقدایی و همکاران، ۲۰۱۰).

ویژگی‌های رئولوژیکی صمغ‌ها زمانی که در فرمولاسیون غذا استفاده می‌شوند حائز اهمیت می‌باشد زیرا روی ویژگی‌های بافتی آن تاثیر گذار است. فاکتورهای زیادی نظیر غلظت صمغ‌ها، دما، حلالیت، بار الکتریکی، تیمارهای دمایی و مکانیکی و حضور الکترولیت‌ها روی غذاهای مایع حاوی صمغ‌ها تاثیر گذار می‌باشد. استفاده از دو یا بیشتر از دو صمغ در فرمولاسیون غذاها در صنعت به دلیل اثر سینرژیستی آنها رایج است. کیفیت محصولات می‌تواند با اثر سینرژیستی صمغ‌ها بهبود یافته و فواید اقتصادی نیز حاصل گردد (والکنستروم و همکاران، ۲۰۰۳). چندین مطالعه بر روی برهمکنش بین صمغ‌ها انجام پذیرفته است. والکنستروم و همکاران (۲۰۰۳) رفتار رئولوژیکی ژل‌های مخلوط آلژینات و پکتین را بررسی نمودند. کایاسیر و دوگان (۲۰۰۶) ویژگی‌های رئولوژیکی مخلوط ثعلب را با صمغ‌های گوار، آلژینات و زانتان بررسی نمودند. استادینگ و هرمانسون (۱۹۹۳)؛ لاندین و هرمانسون (۱۹۹۷)؛ آرناند و همکاران (۱۹۸۹)؛ دانستان و همکاران (۲۰۰۱)، ویژگی‌های رئولوژیکی ژل‌های مخلوط کاپا کاراگینان و صمغ لوکاست را بررسی نمودند. لی و همکاران (۲۰۰۳) رفتار جریان محلول مخلوط ژلان/ژلاتین را بررسی نمودند.

با توجه به رفتار شبه ژل صمغ دانه ریحان حتی در غلظت‌های کم احتمال دست یابی به مخلوط هیدروکلوئیدی صمغ دانه ریحان با صمغ‌های گوار و

صمغ دانه ریحان<sup>۱</sup> از جمله هیدروکلوئیدهای بومی ایران می‌باشد که می‌توان از آن در اکثر فرمولاسیون‌های غذایی استفاده نمود. ریحان یک گیاه یک ساله با شاخه های کوچک و آرومای مطلوب بوده که در ایران رشد می‌کند. دانه‌های این گیاه با موسیلاژ پوشانده شده و به عنوان پماد بر روی زخم استفاده می‌شوند. این گیاه در بسیاری از مناطق دنیا به خصوص مناطق گرمسیری آسیا، آفریقا و آمریکای جنوبی و مرکزی رشد می‌کند (سیارینی و همکاران، ۲۰۰۹). دانه های ریحان در داروهای سنتی برای درمان بیماری‌های گوارشی استفاده می‌شود. علاوه بر این در ایران و بسیاری از مناطق آسیا در نوشیدنی‌ها و دسرهای یخی به منظور ایجاد ظاهر مناسب و همچنین فیبر رژیمی به کار می‌رود. دانه ریحان به رنگ سیاه و به شکل بیضی بوده و دارای ابعادی به طول  $2.9 \pm 0.11$  میلی‌متر و عرض  $1.82 \pm 0.26$  میلی‌متر و ارتفاع  $1.9 \pm 0.34$  میلی‌متر می‌باشد (حسینی پرور و همکاران ۲۰۱۰). وقتی که دانه ریحان در آب خیسانده می‌شود به دلیل وجود مواد پلی ساکاریدی، پریکارپ بیرونی متورم شده و به یک ماده ژلاتین ماندنی تبدیل می‌شود (آزوما و ساکاموتو، ۲۰۰۳). تحقیقات نشان داده اند که پلی ساکارید استخراج شده از دانه ریحان شامل دو بخش اصلی گلوکومانان (۲۳ درصد) با اتصالات عرضی (۲→۱) و گزیلان (۲۲/۲۲ درصد) و همچنین دارای بخش کوچکی از گلوکان (۳۱/۲ درصد) می‌باشد. علاوه بر این حضور آرابینو گالاکتان بسیار منشعب همراه با گلوکومانان و گزیلان گزارش شده است (آزوما و ساکاموتو، ۲۰۰۳). دانه ریحان 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 (رضوی و همکاران، ۲۰۱۲؛ رزم خواه و همکاران، ۲۰۱۰). استفاده از این صمغ در

<sup>۱</sup> Ocimum basilicum

آوری و با آسیاب برقی پودر شده و در ظروف درب دار ریخته شده و تا زمان مصرف در یخچال نگهداری گردید.

دو نمونه از محلول صمغ دانه ریحان (۰/۰۵ و ۰/۱ درصد) به عنوان نمونه شاهد در نظر گرفته شد. به منظور بررسی تاثیر صمغ‌های گوار و ثعلب بر روی ویژگی‌های رئولوژیکی صمغ دانه ریحان سه غلظت (۰/۱، ۰/۳ و ۰/۵ درصد) از صمغ‌های ذکر شده به صمغ دانه ریحان افزوده شد. بدین منظور ابتدا نمونه‌های مورد نظر مطابق جدول ۱ توزین و در آب دیونیزه توسط همزن مغناطیسی به مدت ۲ ساعت حل گردید، سپس جهت آبیگری کامل به مدت ۲۴ ساعت نگهداری شد.

رفتار جریان به وسیله دستگاه رئومتر (رئومتر چرخشی physica MCR 301 ساخت شرکت Anton Paar اتریش) اندازه گیری شد. برای تنظیم دما سیستم Peltier plate با حساسیت  $\pm 0.1$  مجهز به سیرکولاتور آب (Viscotherm VT2) به کار رفت. ویسکوزیته در سرعت برشی  $10^{-1}$  تا  $300$  اندازه گیری شد (در دمای  $25^{\circ}\text{C}$ ). به منظور مدل سازی خواص جریان مخلوط صمغ‌ها از مدل‌های رایجی که جهت مطالعات جریان مستقل از زمان کاربرد دارند، استفاده شد. با توجه به کاهش ویسکوزیته با افزایش درجه برش در کلیه آزمون‌های رئولوژیکی اعمال شده و در نتیجه رفتار غیر نیوتنی نمونه‌های صمغ، ۶ مدل غیر نیوتنی (وابسته به درجه برش) بر داده‌های آزمایش (تنش برشی-سرعت برشی) برازش شد. این ۶ مدل عبارتند از: پاورلا، هرشل بالکلی، کاسون، کراس، کارو و بینگهام.

رابطه (۱)

$$\tau = \tau_0 + k(\dot{\gamma}^0)^n$$

رابطه (۲)

$$\tau = \tau_0 + \eta_p \dot{\gamma}^0$$

رابطه (۳)

ثعلب با ویسکوزیته بالاتر وجود دارد. هدف این پژوهش تعیین رفتار رئولوژیکی مخلوط صمغ دانه ریحان با صمغ‌های گوار و ثعلب بوده و بررسی امکان تولید مخلوط این صمغ‌ها برای استفاده در فرآورده‌های غذایی می باشد.

## مواد و روش‌ها

### استخراج صمغ دانه ریحان

برای استخراج صمغ، ابتدا دانه‌های ریحان به دقت تمییز شده و بعد از جداسازی ناخالصی‌ها بصورت دستی، دانه‌ها از الک عبور داده شدند تا گرد و غبار و ضایعات در آن‌ها جدا شوند. بر اساس روش رضوی و همکاران (۲۰۰۹) از دمای  $70^{\circ}\text{C}$ ، پی اچ ۷، زمان خیساندن ۲۰ دقیقه و نسبت آب به دانه ۱:۶۵ جهت استخراج صمغ استفاده شد. در مرحله اول استخراج، دانه‌ها در نصف مقدار آب دیونیزه لازم خیسانده و به مدت ۲۰ دقیقه تا متورم شدن کامل در بن ماری  $70^{\circ}\text{C}$  (همراه با همزدن در فواصل کوتاه) گذاشته شدند. جداسازی صمغ از دانه‌های متورم به وسیله عبور دانه‌ها از استخراج کننده (پارس خزر  $p700$ ) که سطح چرخان آن تراش خورده و صاف شده بود انجام گردید. این صفحه چرخان موجب تراشیدن لایه صمغ سطح دانه شد. صمغ جداسازی شده در این مرحله جمع آوری و مابقی صمغ چسبیده به دانه‌ها با غوطه ور کردن دانه‌ها در نصف آب باقی مانده و عبور دادن از اکستراکتور جدا شدند. در مرحله سوم بقیه آب اضافه شده و استخراج همانند مرحله دوم تکرار گردید. صمغ جمع آوری شده از مراحل مختلف با هم مخلوط شده و سپس از یک پارچه ای (از جنس حریر با منافذ ریز) با فشار گذرانده شد تا ذرات ریز و ناخالصی‌های موجود در آن کاملاً صاف شوند. سپس در ظروف یک بار مصرف با حجم مشخصی ریخته شده و به مدت ۲۴ ساعت در آون فن دار با دمای  $50^{\circ}\text{C}$  قرار گرفت تا کاملاً آب از دست داده و خشک شود. صمغ خشک شده در پایان کار جمع

اطمینان ۹۵ درصد توسط نرم افزار SPSS ویرایش ۱۶ انجام شد. برای ترسیم گراف‌ها نیز از نرم افزار اکسل ۲۰۰۷ استفاده شد.

### بحث و نتیجه گیری

شکل ۱ (a و b) رابطه تنش برشی- سرعت برشی را در غلظت‌های مختلف مخلوط صمغ دانه ریحان و صمغ‌های گوار و ثعلب نشان می‌دهد. شکل‌های ۲ و ۳ نیز رابطه بین ویسکوزیته و سرعت برشی را نشان می‌دهد. در سرعت‌های برشی پایین (پایین‌تر از ۱ بر ثانیه)، افت اولیه در مقدار ویسکوزیته مشاهده می‌شود که به تغییر شکل ذرات و نابودی برهم کنش‌های ضعیف بین آن‌ها، در نتیجه اعمال نیروی برشی، می‌تواند مربوط باشد (خوش منظر و همکاران، ۱۳۹۱). بر طبق نتایج بدست آمده رفتار نیوتنی در سرعت‌های برش کم مشاهده نشد که نشان می‌دهد ویسکوزیته برشی صفر<sup>۲</sup> در نرخ‌های برشی بسیار پایین وجود دارد. حسینی پرور و همکاران (۲۰۱۰) این رفتار را برای صمغ دانه ریحان گزارش کردند. در واقع مولکول‌های پلی ساکارید با کنفورماسیون سفت دارای ویسکوزیته برشی صفر بالایی هستند و خصوصیات رقیق شونده با برش قوی دارند. علت این پدیده مولکول‌های پلیمری سفت است که با افزایش نرخ برشی به سرعت در جهت جریان قرار می‌گیرند و در نتیجه برهمکنش‌های فیزیکی بین زنجیره های پلیمری مجاور کاهش می‌یابد (حسینی پرور و همکاران، ۲۰۱۰).

شکل ۲a ویسکوزیته ظاهری مربوط به غلظت ۰/۰۵ صمغ دانه ریحان با غلظت‌های ۰/۱، ۰/۳ و ۰/۵ درصد صمغ گوار می‌باشد. نتایج نشان داد که بیشترین ویسکوزیته ظاهری مربوط به غلظت ۰/۵ گوار بود. افزایش غلظت گوار سبب افزایش ویسکوزیته در مخلوط صمغ دانه ریحان-گوار گردید. شکل ۲b ویسکوزیته ظاهری مربوط به غلظت ۰/۱ صمغ دانه ریحان با

$$\tau = \tau_k (\dot{\gamma}^0)^n$$

رابطه (۴)

$$\tau_{\text{کاسون}} = 0.5 \tau_0 (\eta_{p1} + \eta_0)^{0.5}$$

رابطه (۵)

$$\frac{\eta - \eta(\infty)}{\eta(0) - \eta(\infty)} = \frac{1}{1 + K\dot{\gamma}^m}$$

که در این مدل‌ها  $\tau$ ، تنش برشی (pa) و  $\dot{\gamma}^0$  سرعت برشی ( $s^{-1}$ )،  $\tau_0$  تنش تسلیم (pa) و  $\eta_p$  ویسکوزیته پلاستیک (pa.s)،  $\eta_{p1}$  ویسکوزیته کاسون (pa.s)،  $n$  اندیس رفتار جریان،  $k$  ضریب قوام (pa.s)<sup>n</sup> است. در مدل کراس K یک پارامتر ثابت و با بعد زمان و m ثابت بدون بعد است (صالحی و کاشانی نژاد، ۱۳۹۳؛ حسینی پرور و همکاران، ۲۰۱۰، سرابی اقدم، ۱۳۹۲).

جدول ۱- مقادیر صمغ‌ها در مخلوط (بر حسب درصد)

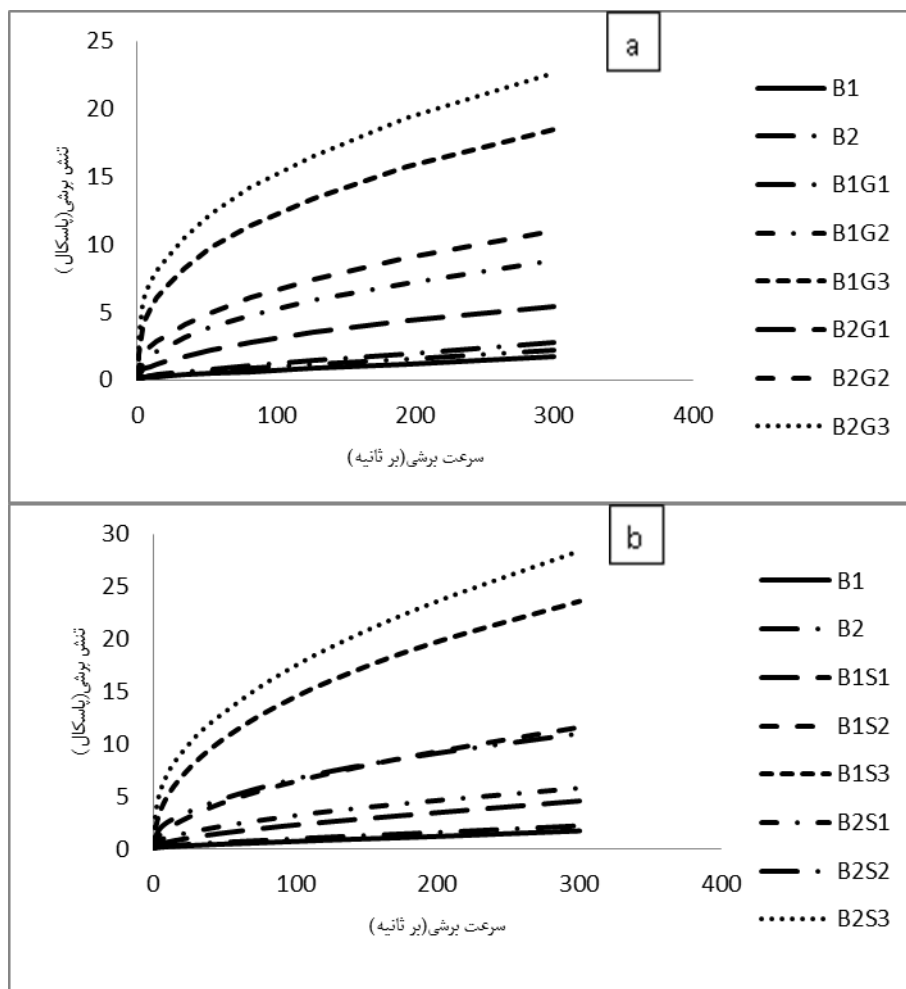
نمونه	غلظت ریحان	غلظت ثعلب	غلظت گوار
B1	۰/۰۵	.	.
B2	۰/۱	.	.
B1G1	۰/۰۵	.	۰/۱
B1G2	۰/۰۵	.	۰/۳
B1G3	۰/۰۵	.	۰/۵
B2G1	۰/۱	.	۰/۱
B2G2	۰/۱	.	۰/۳
B2G3	۰/۱	.	۰/۵
B1S1	۰/۰۵	۰/۱	.
B1S2	۰/۰۵	۰/۳	.
B1S3	۰/۰۵	۰/۵	.
B2S1	۰/۱	۰/۱	.
B2S2	۰/۱	۰/۳	.
B2S3	۰/۱	۰/۵	.

آنالیز داده‌های رفتار جریان و مدلینگ و نیز محاسبه مساحت حلقه هیسترسیس توسط نرم افزار رثوپلاس ویرایش ۳/۴ انجام شد. آنالیز واریانس و نیز مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن و در سطح

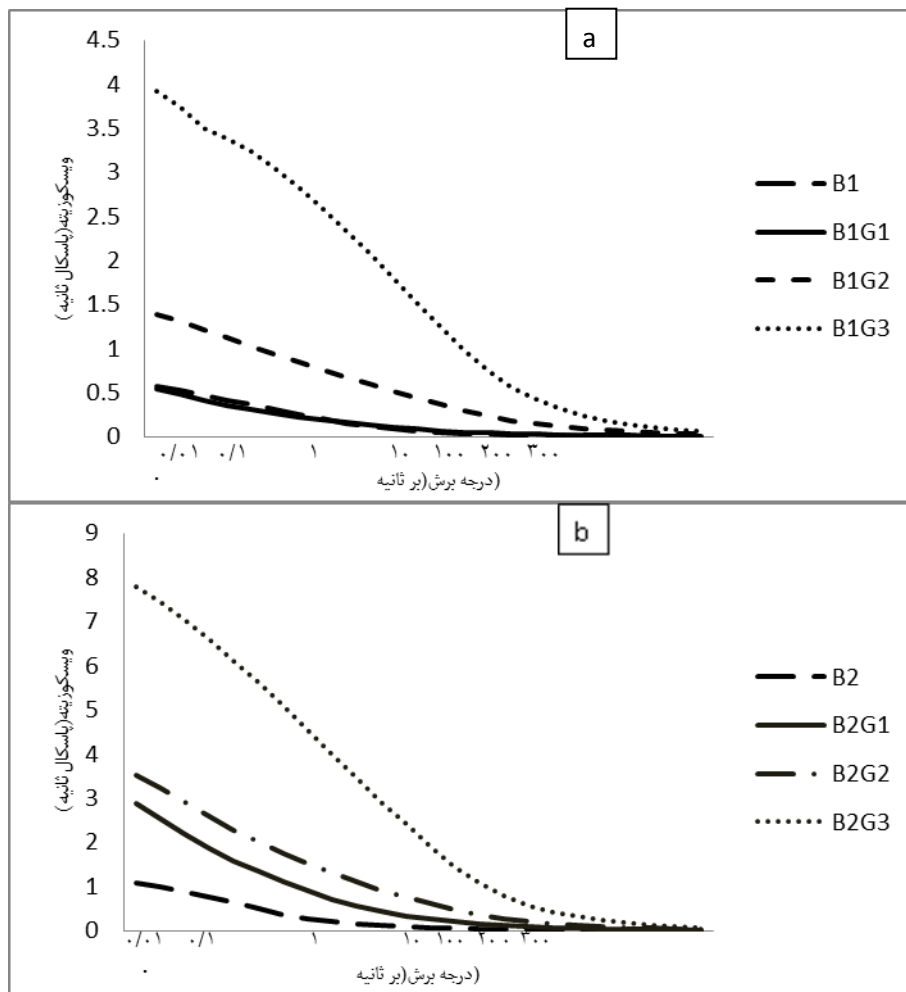
<sup>2</sup> Zero shear viscosity

روند آن مشابه سایر نمونه‌ها بود. به طور کلی ویسکوزیته صمغ دانه ریحان-گوار بیشتر از ثعلب-ریحان بود. میزان ویسکوزیته ظاهری با افزایش غلظت صمغ‌ها افزایش یافت. تمامی محلول‌ها رفتار غیر نیوتنی داشتند که در آن ویسکوزیته ظاهری با افزایش سرعت برشی، کاهش یافت. با افزایش میزان صمغ‌های گوار و ثعلب میزان ویسکوزیته ظاهری افزایش یافت. همیشه در دمای ثابت، رابطه مستقیم غیر خطی بین غلظت مواد محلول و ویسکوزیته وجود دارد و با افزایش غلظت مواد، ویسکوزیته افزایش می‌یابد (خوش منظر و همکاران، ۱۳۹۱).

غلظت‌های ۰/۱، ۰/۳ و ۰/۵ درصد صمغ گوار می‌باشد. نمونه B2G3 نسبت به دیگر نمونه‌ها ویسکوزیته بالاتری داشت و به طور کلی نمونه‌های حاوی ۰/۱ درصد صمغ ریحان ویسکوزیته ظاهری بالاتری نسبت به نمونه‌های حاوی ۰/۰۵ درصد از این صمغ را دارا بودند. شکل ۳a ویسکوزیته ظاهری مربوط به غلظت ۰/۱ صمغ دانه ریحان با غلظت‌های ۰/۱، ۰/۳ و ۰/۵ درصد صمغ ثعلب می‌باشد. افزایش غلظت ثعلب سبب افزایش ویسکوزیته مخلوط ثعلب-ریحان شد. شکل ۳b نیز بیانگر ویسکوزیته ظاهری مخلوط ۰/۱ درصد صمغ دانه ریحان و غلظت‌های ۰/۱، ۰/۳ و ۰/۵ ثعلب بود و



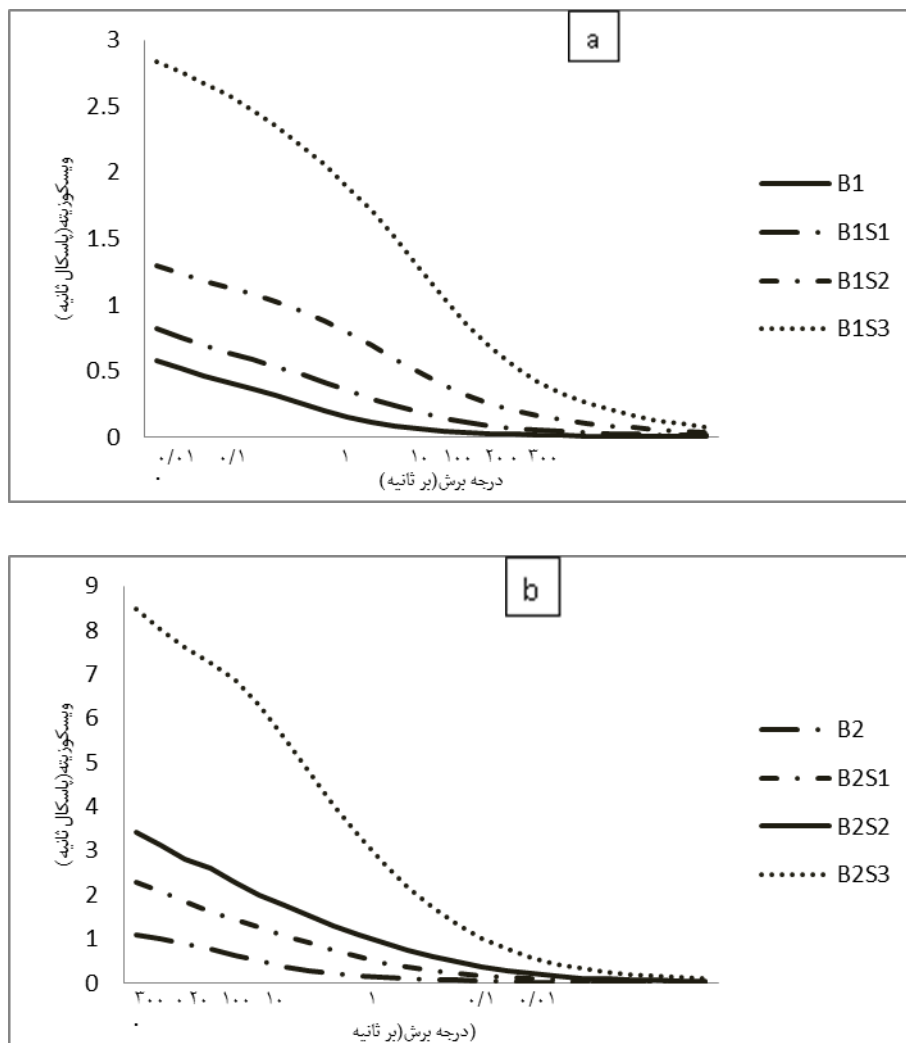
شکل ۱- نمودار تنش برشی- سرعت برشی برای نمونه‌های a: صمغ ریحان- گوار و b: صمغ ریحان-ثعلب



شکل ۲- ویسکوزیته ظاهری (a) محلول ۰/۰۵ درصد صمغ دانه ریحان- گوار و (b) ۰/۱ درصد صمغ دانه ریحان- گوار

بود. برهمکنش بین صمغ و نمک باعث کاهش ویسکوزیته محلول‌ها شد و مقدار تغییر ویسکوزیته به نوع نمک مصرفی بستگی داشت. 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 یافت. صالحی و کاشانی نژاد (۲۰۱۵) اثر نمک‌ها و شیرین‌کننده‌های مختلف را بر ویژگی‌های رئولوژیکی صمغ دانه ریحان بررسی کردند. نتایج این محققان نشان داد که برهمکنش بین شیرین‌کننده‌ها و صمغ دانه ریحان سبب افزایش ویسکوزیته شد در حالی که نمک‌ها سبب کاهش ویسکوزیته صمغ دانه ریحان شدند.

کایاسیر و دوگان (۲۰۰۶) اثر افزودن صمغ‌های گوار، زانتان و آلژینات را بر ویژگی‌های رئولوژیکی ثعلب بررسی نمودند. این محققان گزارش کردند که ویسکوزیته ظاهری با افزایش میزان صمغ‌ها افزایش یافت و بیشترین میزان ویسکوزیته ظاهری مربوط به محلول‌های آلژینات بود. صالحی و کاشانی نژاد (۱۳۹۳) اثر نمک‌های کلرید سدیم و کلسیم بر ویژگی‌های صمغ دانه ریحان را بررسی نمودند. نتایج نشان داد در همه محلول‌ها با افزایش سرعت برشی، ویسکوزیته ظاهری کاهش یافت، که نشان دهنده رفتار شل‌شونده با برش (سودوپلاستیک) صمغ دانه ریحان



شکل ۳- ویسکوزیته ظاهری (a) محلول ۰/۰۵ درصد صمغ دانه ریحان- ثعلب و (b) ۰/۱ درصد صمغ دانه ریحان- ثعلب

جهت برآزش داده‌ها گزارش کردند. عمادزاده و همکاران (۱۳۸۹) و تقی زاده و رضوی (۲۰۰۹) نیز به دلیل وجود مقادیر منفی تنش تسلیم در رفتار جریان نمونه‌های کره پسته کم کالری، این مدل را نامناسب ارزیابی کردند به همین دلیل در تمامی نمونه‌ها مدل کراس توانایی بالاتری جهت برآزش داده‌ها داشت.

ضریب قوام و شاخص رفتار جریان نمونه‌های مختلف در جدول ۲ نشان داده شده است. شاخص رفتار جریان و ثابت قوام به وسیله مدلی که بالاترین ضریب تبیین را داشت گزارش شد. مقادیر  $k$  و  $n$  مدل کراس نیز به دلیل اینکه در تمامی مدل‌ها از ضریب تبیین بالایی برخوردار بود گزارش شد. بر طبق این نتایج با افزایش

در جدول ۲ ضریب تبیین حاصل از برآزش داده‌ها با مدل‌های مختلف گزارش شده است. نتایج نشان داد که تغییر غلظت صمغ‌های گوار و ثعلب سبب تغییر مدل‌های مناسب جهت برآزش داده‌ها شد. طبق نتایج بدست آمده در غلظت کم گوار (۰/۱ درصد) مدل مناسب جهت برآزش داده‌ها هرشل بالکی بود اما هر چه غلظت گوار افزایش یافت میزان  $R^2$  هرشل بالکی کاهش یافت. با افزایش غلظت گوار مدل مناسب جهت برآزش داده‌ها کراس بود. روند مشابهی در مورد صمغ دانه ریحان- ثعلب مشاهده شد. یعنی با افزایش غلظت ثعلب، میزان ضریب تبیین مدل کراس افزایش یافت. برخی محققان وجود تنش تسلیم منفی را ناشی از ناکارآمد بودن مدل

جریان صمغ دانه ریحان بررسی نمودند. رفتار رقیق شونده با برش در همه غلظت‌ها و دماها مشاهده شد. مدل هرشل بالکی در سرعت برشی  $S^{-1}$  ۱-۱۰۰۰/۰ به عنوان بهترین مدل انتخاب شد. رفتار سودوپلاستیکی با افزایش غلظت، افزایش یافت. ویسکوزیته ۱٪ صمغ دانه ریحان در سرعت های برشی پایین نسبت به صمغ زانتان و گوار بالاتر بود. سرابی اقدم و همکاران برهمکنش صمغ دانه ریحان با پروتئین‌های آب پنی‌ری را بررسی کردند. این محققان گزارش کردند که بهترین مدل‌های رئولوژیکی برازش داده شده بر داده‌های رفتار جریانی مخلوط، مدل های اسوالد و هرشل بالکی بودند.

غلظت صمغ‌ها میزان ضریب قوام نیز افزایش یافت. به عنوان مثال ضریب قوام نمونه B1G1،  $0.724 \text{ Pa.s}$  و در نمونه B1G3،  $4/01 \text{ Pa.s}$  بود. تحقیقات مشابهی توسط برخی از محققین بر روی صمغ دانه ریحان انجام پذیرفته است. صالحی و کاشانی نژاد (۱۳۹۳) گزارش کردند که مدل قانون توان به خوبی رفتار غیر نیوتنی صمغ دانه ریحان در حضور نمک‌ها را توصیف می‌کند. برازش داده‌ها با این مدل نشان داد که نوع و مقدار نمک باعث تغییر ضریب قوام (k) و شاخص رفتار جریان (n) شد. حسینی پرور و همکاران (۲۰۱۰) تاثیر دما ( $85^{\circ}\text{C}$  -  $5^{\circ}\text{C}$ ) و غلظت (۲/۵-۰ درصد) را بر رفتار

جدول ۲- ویژگی‌های رئولوژیکی مخلوط صمغ‌های مختلف

ضریب قوام و شاخص رفتار جریان در مدل کراس		ضریب تبیین حاصل از برازش مدل‌های مختلف						
N	K	کارو	کراس	استوالد	کاسون	هرشل بالکی	بینگهام	نمونه
۰/۷۷۵	۰/۷۳ <sup>F</sup>	۰/۹۷۴۷	۰/۹۸۹	۰/۹۶۵	۰	۰/۹۳۵	۰/۷۱۷	B1
۰/۷۶۵	۱/۳۷ <sup>F</sup>	۰/۹۷۵۳	۰/۹۵۳	۰/۹۶	۰	۰/۹۳۳	۰/۶۸۹	B2
۰/۶۲۲	۰/۷۲۴ <sup>F</sup>	۰/۹۷۳۶	۰/۹۶۵۸	۰/۹۶۶	۰	۰/۹۸۵	۰/۶۳	B1G1
۰/۵۷۶	۱/۵۸ <sup>F</sup>	۰/۹۶۴۱	۰/۹۹۲۴	۰/۴۰۹	۰	۰/۹۰۶	۰/۵۰۱	B1G2
۰/۷۲۱	۴/۰۱ <sup>C</sup>	۰/۹۶۵۲	۰/۹۹۳۰	۰	۰	۰/۸۱۹	۰/۴۷۹	B1G3
۰/۶۹۲	۳/۶۷ <sup>CD</sup>	۰/۹۵۷	۰/۹۳۸۸	۰/۸۴۶	۰	۰/۹۹۶	۰/۵۷۷	B2G1
۰/۶۵۲	۳/۸۹ <sup>CD</sup>	۰/۹۵۹	۰/۹۶۶۲	۰/۴۲۷	۰	۰/۹۳۷	۰/۵۳۳	B2G2
۰/۷۶۷	۷/۸ <sup>B</sup>	۰/۹۶۰۵	۰/۹۸۱۴	۰	۰	۰/۸۳۳	۰/۴۵۷	B2G3
۰/۶۶۶	۰/۹۶۱ <sup>F</sup>	۰/۹۶۶۷	۰/۹۸۱	۰/۸۱	۰	۰/۹۸۹	۰/۵۸۶	B1S1
۰/۶۴۷	۱/۴۲ <sup>F</sup>	۰/۹۷۴۴	۰/۹۹۲۵	۰/۴۸۸	۰	۰/۹۲۲	۰/۵	B1S2
۰/۶۷۹	۲/۹۸ <sup>DE</sup>	۰/۹۷۵۳	۰/۹۹۵۴	۰	۰	۰/۸۵۱	۰/۴۸	B1S3
۰/۷۱	۲/۶۳ <sup>E</sup>	۰/۹۶۲۴	۰/۹۶۱۳	۰/۷۴۱	۰	۰/۹۸۸	۰/۵۸۲	B2S1
۰/۶۸	۳/۶۴ <sup>CD</sup>	۰/۹۱۷	۰/۹۷۰۳	۰/۵۵۷	۰	۰/۹۵۴	۰/۵۵۷	B2S2
۰/۷	۹/۹۱ <sup>A</sup>	۰/۹۷۲	۰/۹۹۵۸	۰/۲۵۴	۰	۰/۹۰۶	۰/۵۲۳	B2S3

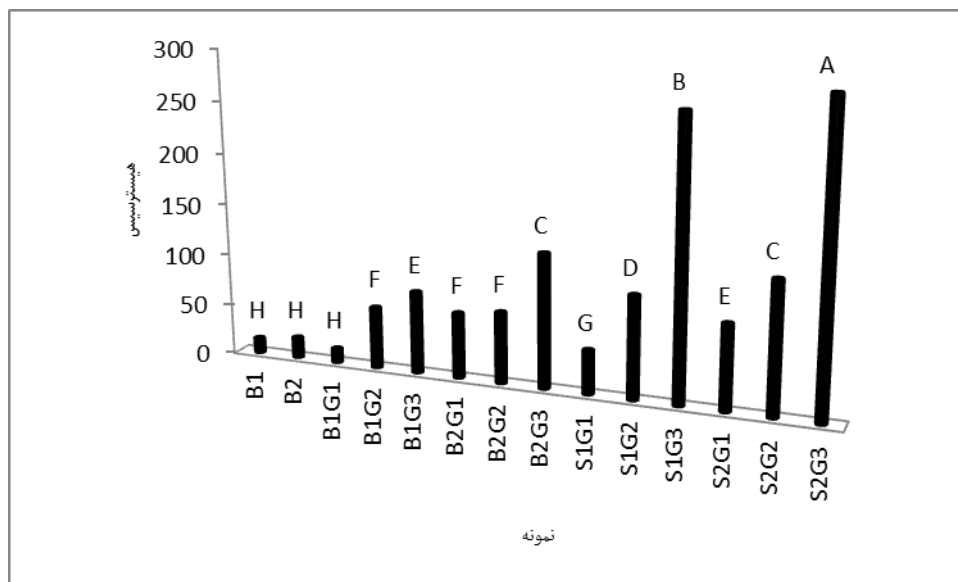
گوار و ثعلب میزان هیسترسیس افزایش یافت. میزان هیسترسیس در برهمکنش صمغ دانه ریحان- ثعلب بیشتر از گوار- صمغ دانه ریحان بود. بالاترین میزان هیسترسیس مربوط به نمونه S2G3 بود (۲۹۰/۳۸). رضوی و کاراژیان در سال ۲۰۰۹ وجود حلقه هیسترسیس را در صمغ‌های ثعلب و دانه بالنگو گزارش نمودند. ویسکوزیته یک سیال تیکسوترپیک در طول

تعیین منحنی جریان مخلوط صمغ‌های دانه ریحان- گوار و دانه ریحان- ثعلب در دو مرحله افزایش سرعت برشی از ۰/۰۱ تا ۳۰۰ بر ثانیه و کاهش سرعت برشی از ۳۰۰ تا ۰/۰۱ بر ثانیه نشان داد که ویسکوزیته مخلوط‌های یاد شده در سرعت برشی ثابت کاهش می‌یابد (پدیده تیکسوترپی). همان طور که در شکل ۴ نشان داده شده است با افزایش غلظت صمغ‌های ریحان،



رفتار وابسته به زمان در آن است (ابو-جدیل و محمد، ۲۰۰۴).

زمان برش کاهش می‌یابد که این پدیده به دلیل شکست تصاعدی ساختار سیال بوده و نشان دهنده وجود



شکل ۴- میزان مساحت حلقه هیسترسیس برای غلظت‌های مختلف صمغ‌های دانه ریحان، گوار و ثعلب

### نتیجه‌گیری

محلول‌ها می‌باشد. افزایش میزان هر کدام از صمغ‌ها سبب افزایش ویسکوزیته مخلوط شد و بر همکنش صمغ‌ها نیز تاثیر مثبتی بر افزایش ویسکوزیته داشت. نتایج حاصل از برآزش داده‌ها نشان داد که مدل کراس بالاترین ضریب تبیین را دارا بود و به عنوان بهترین مدل انتخاب شد. میزان هیسترسیس نیز با افزایش غلظت صمغ‌ها افزایش یافت.

### سپاسگزاری

این پژوهش در آزمایشگاه مرکز رشد واحدهای فناوری طب‌رستان انجام گرفته است. نویسندگان مقاله بدینوسیله از مدیریت و کارشناسان این مرکز قدردانی می‌نمایند.

دانه ریحان حاوی مقادیر زیادی هیدروکلئید با خواص رئولوژیکی قابل توجه می‌باشد که جهت استفاده از آن در فرمولاسیون مواد غذایی، ابتدا می‌بایست اثر سایر ترکیبات را بر آن مورد بررسی قرار داد. شناخت و درک دقیق برهمکنش بیوپلیمرها و خواص عملکردی آن‌ها برای به کار بردن در فرایندهای مختلف غذایی و فرمولاسیون غذاها الزامی است. در این پژوهش بر همکنش بین صمغ دانه ریحان با صمغ‌های گوار و ثعلب در غلظت‌های مختلف اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که ویسکوزیته ظاهری محلول‌ها با افزایش سرعت برشی کاهش یافت که ناشی از رفتار سودوپلاستیک

### منابع مورد استفاده

خوش منظر م، قنبرزاده ب، همیشه کارح، صوتی خیابانی م، رضایی مکرم ر، ۱۳۹۱، بررسی عوامل مؤثر بر اندازه ذرات، پتانسیل زتا و ویژگی‌های رئولوژیک پایا در سامانه کلئیدی حاوی نانو ذرات کاپاکاراگینان- کازئینات سدیم، نشریه پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی، ۲۷۲-۲۵۵.

- سرابی اقدام و، ۱۳۹۲، مطالعه اثر صمغ دانه ریحان بر رئولوژی و ساختار دیسپرسون و ژل‌های حاصل از پروتئین‌های شیر، پایان نامه کارشناسی ارشد.
- سرابی اقدام و، حسینی پرور ه، معتمدزادگان ع، ماتیا مرینو ل، ۱۳۹۱، مطالعه برهمکنش صمغ دانه ریحان و پروتئین‌های آب پنیری در محیط آبی، نشریه فرآوری و نگهداری مواد غذایی، ۴، ۱۵-۳۵.
- صالحی ف، کاشانی نژاد م، ۱۳۹۳، اثر نمک‌های کلرید سدیم و کلسیم بر ویژگی‌های صمغ دانه ریحان، علوم غذایی و تغذیه. ۷۵-۸۲
- Amin AM, Ahmad AS, Yin Yin Y, Yahya N and Ibrahim N, 2007. Extraction purification and characterization of durian (*Durio zibethinus*) seed gum. *Food Hydrocolloids* 21: 273-279.
- Arnaud LC, Choplin L and Lacroix C, 1989. Rheological behavior of kappa-carrageenan/locust bean gum mixed gels. *Journal of Textile Studies* 19, 419-430.
- Azoma J and Sakamoto M, 2003. Cellulosic hydrocolloid system present in seed of plants. *Trends in Glycoscience and Glycotechnology* 15: 1-14.
- Dunstan DE, Chen, Y, Liao ML, Salvatore R, Boger DV and Prica M, 2001. Structure and rheology of the carrageenan/locust bean gum gels. *Food Hydrocolloids* 15: 475-484.
- Emadzadeh B, Razavi SMA and Hashemi M, 2011. Viscous flow behavior of low calorie pistachio butter: A response surface methodology, *International Journal of Nuts and Related Sciences* 2: 37-47.
- Hosseini-Parvar SH, Matia-Merino L, Goh K KT, Razavi SMA and Mortazavi SA, 2010. Steady shear flow behavior of gum extracted from *Ocimum basilicum* L. seed: Effect of concentration and temperature. *Journal of Food Engineering* 101: 236-243.
- Kayacier A and Dogan M, 2006. Rheological properties of some gums-salep mixed solutions. *Journal of Food Engineering* 72: 261-265.
- Lee KY, Shim J, Bae IY, Cha J, Park CS and Lee HG, 2003. Characterization of gellan/gelatin mixed solutions and gels. *Lebensmittel-Wissenschaftund Technologie* 36: 795-802.
- Lundin L and Hermansson A, 1997. Rheology and microstructure of Ca- and Na-K-carrageenan and locust bean gum gels. *Carbohydrate Polymers* 34: 365-375.
- Moschakis T, Brent S. Murray and Costas G Biliaderis, 2010. Modifications in stability and structure of whey protein-coated o/w emulsions by interacting chitosan and gum arabic mixed dispersions. *Food Hydrocolloids* 24: 8-17.
- Razavi SMA, Mohammadi Moghaddam T, Emadzadeh B and Salehi F, 2012. Dilute solution properties of wild sage (*Salvia macrosiphon*) seed gum. *Food Hydrocolloids* 29: 205-210.
- Razmkhah S, Razavi SMA, Behzad K H and 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.
- Salehi F and Kashaninejad M, 2015. Static Rheological Study of *Ocimum basilicum* Seed Gum. *International Journal Food Engineering* 11(1): 97-103.
- Sciarini LS, Maldonado F, Ribotta PD, Perez GT and Leon AE, 2009. Chemical composition and functional properties of *Gleditsia triacanthos* gum. *Food Hydrocolloids* 23: 306-313.
- Stading M and Hermansson AM, 1993. Rheological behaviour of mixed gels of -carrageenan-locust bean gum. *Carbohydrate Polymers* 22: 49-56.
- Taghizadeh M and Razavi SMA, 2009. Modeling time independent rheological behavior of pistachio butter, *International Journal of Food Properties* 12: 331-340.
- Walkenstrom P, Kidman S, Hermansson A, Rasmussen PB and Hoegh L, 2003. Microstructure and rheological behaviour of xanthan/pectin mixed gels. *Food Hydrocolloids* 17: 593-603.

## Study rheological properties of the mixed basil seed gum with guar and salep gums

S Mirarab Razi<sup>1\*</sup> and A Motamedzadegan<sup>2</sup>

Received: October 20, 2015 Accepted: March 04, 2017

<sup>1</sup>PhD Student, Department of Food Science and Technology, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

<sup>2</sup>Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

\*Corresponding author: Email: saeed.mirarab86@yahoo.com

### Abstract

Hydrocolloids are defined as compounds with high molecular weight that can be dissolved in water and create a viscous solution. In this study effect of guar and salep gums in different concentrations (0.1, 0.3 and 0.5%) on the rheological properties of basil seed gum (0.05 and 0.1%) was investigate by rotational rheometer at shear rate of 0.01-300 s<sup>-1</sup> and temperature of 25 C °. The results showed that in all solutions with increasing shear rate, the apparent viscosity decreased, which indicates a shear thinning behavior (pseudoplastic) mixed gums. Results of fitted data with different rheological models showed that cross model with a high R<sup>2</sup> was the best model to describe behavior of mixed gums. Increasing gum concentration caused rising the viscosity of mixed and highest was the consistency coefficient was at B2S3sample (9.91 pa.s). Hysteresis also increased with increasing concentrations of gums. Highest hysteresis was related to S2G3 sample (290.38 pa/s).

**Key words:** Basil Seed Gum, Guar, Salep