

بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و رئولوژیکی صمغ حاصل از برگ پنیرک (*Malva Neglecta*)

آزاده حسن پور امنیه^a، حسین جوینده^{b*}، محمد حجتی^b، بهزاد ناصحی^b

^a دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان، خوزستان، ایران
^b دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان، خوزستان، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۵/۵

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۹/۲۴

چکیده

مقدمه: صمغ‌ها گروهی از ترکیبات پلی‌ساکاریدی با وزن مولکولی بالا هستند که به راحتی و تحت شرایط مناسب در آب پراکنده می‌شوند و کاربردهای گسترده‌ای مانند تثبیت کنندگی، اصلاح بافت، عامل ژل کننده، قوام‌دهندگی و امولسیفایری دارند. هدف از این پژوهش شناسایی خواص فیزیکوشیمیایی و رئولوژیکی صمغ جدید برگ پنیرک می‌باشد.

مواد و روش‌ها: صمغ حاصل از برگ گیاه پنیرک با آب گرم استخراج و با کمپلکس باریم خالص‌سازی شد. صمغ خالص‌سازی شده از لحاظ ترکیبات شیمیایی تشکیل دهنده بررسی شد. همچنین خصوصیات رئولوژیکی صمغ نیز در محدوده سرعت برشی ۱/۰۰۰-۰/۱ بر ثانیه، با ویسکومتر بروکفیلد بررسی و رفتار جریان و تأثیر دما غلظت صمغ بر ویسکوزیته مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها: ترکیبات شیمیایی صمغ شامل $۸/۱۲ \pm ۰/۴۳$ درصد رطوبت، $۷۷/۰۴ \pm ۰/۸۳$ درصد کربوهیدرات، $۸/۵۶ \pm ۰/۶۲$ درصد پروتئین، $۲/۴۹ \pm ۰/۳$ درصد خاکستر و $۵/۳۳ \pm ۰/۲۹$ درصد اسید اورونیک بر اساس وزن خشک بود. در میان مدل‌های رئولوژیک، مدل قانون توان به خوبی رفتار این صمغ را توصیف کرد. مدل آرنیوس برای مطالعه وابستگی ویسکوزیته صمغ به دما به کار گرفته شد و به خوبی توانست خصوصیات صمغ را نشان دهد. سه مدل نمایی، چندجمله‌ای و توان برای توصیف اثر غلظت بر ویسکوزیته در سرعت برشی ۱۰ بر ثانیه بکار گرفته شد.

نتیجه‌گیری: این صمغ به توجه به رفتار رقیق شونده با برش می‌تواند در صنعت غذا مورد استفاده قرار گیرد. در غلظت‌های بالا صمغ حساسیت بالاتری نسبت به افزایش دما از خود نشان داد و مدل پاورلا به عنوان بهترین مدل برای ارزیابی تأثیر غلظت بر ویسکوزیته تعیین گردید.

واژه‌های کلیدی: پنیرک، خواص فیزیکوشیمیایی، رئولوژی، صمغ

مقدمه

هیدروکلوئیدها مولکول‌های با وزن مولکولی بالا هستند که به راحتی و تحت شرایط مناسب در آب پراکنده می‌شوند (Lai & Lin, 2004). هیدروکلوئیدها به‌طور فزاینده‌ای در صنایع غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرند که علت آن کاربردهای مختلف آن، مانند کنترل رطوبت محصولات، قوام‌دهندگی، تثبیت‌کننده انواع دیسپرسیون، در نقش فیبرهای رژیم غذایی، مهارکننده‌های تبلور و حتی به‌عنوان امولسیفایر است (Williams & Phillips, 2009; Dickinson, 2003). علاوه بر صنایع غذایی، هیدروکلوئید محلول در آب برنامه‌های کاربردی بسیاری در کشاورزی، شیمی، تولید لوازم آرایشی، داروسازی، نساجیو صنعت چسب دارد (Braun & Rosen, 2010; Williams & Phillips, 2009). زمینه بسیاری از این مصارف به‌طور فزاینده‌ای به فشار مصرف‌کنندگان برمی‌گردد چراکه در مورد ماهیت "طبیعی" مواد مورد استفاده در فرمولاسیون نهایی حساس هستند و باعث شده است که یکی از اهداف اصلی شرکت‌های مواد غذایی افزایش تعداد مواد تشکیل‌دهنده طبیعی و کاهش افزودنی‌های غیر طبیعی در مواد غذایی تجاری باشد (Rincón et al., 2014). هیدروکلوئیدهای پلی‌ساکاریدی دسته‌ای از مواد خام فراوان موجود در طبیعت هستند و محققان به علت خواص سازگار با محیط زیست، قابل تجزیه و بی‌خطر بودن از لحاظ زیستی به‌طور فراوان آن‌ها را مورد مطالعه قرار داده‌اند (Rana et al., 2011). هیدروکلوئیدهای گیاهی عموماً پذیرش بیشتری نسبت به انواع میکروبی آن در بین مردم دارند (Abbastabar et al., 2014). در سال‌های اخیر، تقاضا برای صمغ گیاهی در سیستم‌های مواد غذایی، داروها و سیستم انتقال دارو به‌طور قابل توجهی افزایش یافته است چرا که آن‌ها جزء برجسته‌ای در مواد غذایی مایع و نیمه جامد می‌باشند (Williams & Phillips, 2009). با توجه به مزایای استفاده از موادی که به‌طور طبیعی از گیاهان مشتق می‌شود، گیاهان به‌منظور کسب توانایی‌های بالقوه‌ی خود به‌عنوان منابع صمغ‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته‌اند مانند: دانه خرنوب، گوار، دانه بزرک و خردل سفید و سهم حجم آن از مواد تشکیل‌دهنده بستگی به امنیت عرضه، کیفیت و قیمت آن‌ها دارد (Koocheki et al., 2013). رفتار رئولوژیکی

هیدروکلوئیدها زمانی که از آن‌ها برای تغییر ویژگی‌های بافت مواد غذایی استفاده می‌شود از خصوصیات مهم است. اینکه خواص رئولوژیکی نقش مهمی در فرآیند طراحی، ارزیابی و مدل‌سازی ایفا می‌کند به خوبی شناخته شده است. این خواص گاهی به‌عنوان شاخص اندازه‌گیری کیفیت محصول در نظر گرفته می‌شود. اطلاعات رئولوژیکی برای محاسبات فرآیندهای حامل جریان سیال نظیر پمپ کردن، استخراج، فیلتراسیون و تصفیه مورد نیاز است و نقش مهمی در تجزیه و تحلیل شرایط جریان در فرآیند مواد غذایی مانند پاستوریزه کردن، تبخیر کردن، خشک کردن و پردازش آسپتیک بازی می‌کند (Marcotte et al., 2001).

پنیرک با نام علمی *Malva neglecta* متعلق به تیره *Malvaceae* گیاهی است با ساقه نیمه خوابیده به طول ۱۰ تا ۴۰ سانتی متر، گل‌های کوچک مایل به بنفش و برگ‌های مدور با مصارف دارویی و از جمله گیاهانی است که در نواحی مختلف ایران از جمله اطراف تهران، گیلان، آذربایجان، اصفهان، خوزستان، خراسان، بندرعباس، کرمان و سیستان و بلوچستان به‌صورت خودرو می‌روید (زرگری، ۱۳۷۱). در طب سنتی از آن برای درد معده، بهبود زخم، درد عضلانی، التهاب دستگاه تنفس، سرطان، دیابت و ضعف عمومی استفاده می‌شود (Dalar et al., 2012). این گیاه بومی دارای فعالیت‌های ضد باکتری خوبی است که می‌تواند برای کنترل عفونت و درمان استفاده شود و همچنین به‌عنوان منبع جدید آنتی‌بیوتیک در درمان عفونت مورد استفاده قرار گیرد (Seyyednejad et al., 2010). همچنین عصاره آبی این گیاه ظرفیت آنتی‌اکسیدانی قوی به‌نمایش گذاشته و گل، میوه و برگ این گیاه دارای سطح بالایی از فلاونوئیدها و اسیدهای هیدروکسی سینامیک است (Dalar et al., 2012). با توجه به اینکه هنوز هم نیاز به یافتن هیدروکلوئیدهای طبیعی جدید با خواص عملکردی عالی و قیمت مناسب برای جایگزینی مناسب برای برخی از صمغ‌های تجاری احساس می‌شود، این پژوهش با هدف شناسایی و معرفی یک صمغ جدید اجرا شد.

مواد و روش‌ها

- استخراج صمغ

- آزمون‌های شیمیایی

محتوی رطوبتی پلی‌ساکارید استخراج شده از برگ گیاه پنیرک بر طبق روش امین و همکاران (Amin *et al.*, 2007) با استفاده از خشک کردن نمونه در دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد تعیین گردید. میزان خاکستر کل پلی-ساکارید استخراج شده از برگ گیاه پنیرک بر طبق استاندارد AOAC به شماره ۹۳۳/۰۳ تعیین گردید (AOAC, 1990). به این ترتیب که میزان خاکستر نمونه‌ها با سوزاندن کامل ۵ گرم نمونه در کوره و در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ ساعت اندازه‌گیری شد. میزان ازت موجود در پلی‌ساکارید استخراج شده به کمک روش کلدال انجام گرفت (Anderson & Farquhar, 1982). قند کل با روش فنول سولفوریک اسید با استفاده از دی‌گلوکز به عنوان استاندارد در ۴۹۰ نانومتر تعیین شد (Dubois *et al.*, 1956). از آنجایی که ساختار اسید اورونیک موجب باردار بودن صمغ شده و میزان این بارها به دلیل آزاد شدن یون هیدرونیوم از گروه‌های کربوکسیل سبب افزایش دافعه میان آن‌ها می‌گردد، ساختار صمغ گسترده و باز شده و در نهایت گرانیوی صمغ افزایش می‌یابد (زرگران و همکاران، ۱۳۸۷). بنابراین در این تحقیق مقدار اسید اورونیک نیز با روش m-هیدروکسی دی‌فنیل با استفاده از اسید گالاتورونیک به عنوان استاندارد مشخص شد (Blumenkrantz & Asboe-Hansen, 1973).

- آزمون‌های رئولوژیکی

ویژگی‌های رئولوژیکی پلی‌ساکارید استخراجی از برگ گیاه پنیرک با استفاده از ویسکومتر قابل برنامه‌ریزی مجهز به کنترل سرعت برشی (ویسکومتر بروکفیلد دیجیتال، مدل DV-III Ultra) و بکارگیری اسپیندل مخروط-صفحه^۱ شماره CP-40 مورد بررسی قرار گرفت. یک سیستم گرم‌کننده و سردکننده دیجیتالی این امکان را فراهم نمود تا دماهای مورد نیاز برای آزمایشات فراهم گردد. همچنین دستگاه به رایانه متصل گردید. نرم افزار مخصوص کنترل دستگاه و پردازش اطلاعات این ویسکومتر (نرم افزار Rheocal V3.1) بر روی رایانه نصب شد و این امکان را فراهم نمود تا بر اساس برنامه مناسب

گیاه پنیرک گونه *Malva neglecta* از مراتع اهواز تهیه شد و برگ‌های آن خشک و تا انجام فرآیند استخراج در فریزر نگهداری شد. فرآیند استخراج از برگ‌های پنیرک بر اساس روش سمواتی و منوچهری‌زاد (Samavati & Manoochehrizade, 2013) انجام شد. ابتدا برگ به صورت پودر در آورده شد و پودر بدست آمده به منظور حذف چربی، مواد رنگی، الیگوساکاریدها و برخی مواد مولکولی کوچک با اتانول ۸۰ درصد در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ ساعت در حمام آب قرار گرفت. نمونه تیمار با سانتریفوژ ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه از حلال‌های آلی جداسازی و مواد جامد باقی‌مانده در ۵۰ درجه سانتی‌گراد خشک شد. عمل استخراج از نمونه تیمار خشک شده توسط آب در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد، زمان ۳ ساعت و نسبت آب به مواد اولیه ۳۰ درصد انجام شد. محلول آبی استخراج شده با استفاده از کاغذ واتمن ۴۰ از مواد نامحلول باقی‌مانده جدا شده و در نهایت از اتانول با غلظت ۸۰ درصد حجمی برای ته‌نشین کردن پلی‌ساکارید استفاده شد. پلی‌ساکارید ته‌نشین شده، تحت خشک‌کن با دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد خشک شد.

- خالص‌سازی صمغ

خالص‌سازی صمغ به روش امین و همکاران (Amin *et al.*, 2007)، با برخی تغییرات انجام شد. ابتدا محلولی از صمغ به نسبت ۳ درصد وزنی/حجمی با آب مقطر تهیه شد. پس از این که در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ ساعت همزده شد، از محلول هیدروکسید باریم اشباع برای رسوب دادن آن استفاده شد. سپس کمپلکس با سانتریفوژ ۴۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه جداسازی شد. رسوب جمع‌آوری شده تحت تیمار با اسید استیک ۱ مولار قرار گرفت و پس از ۷ ساعت دوباره سانتریفوژ شد. از اتانول ۹۰ درصد برای رسوب دادن مجدد استفاده و سپس رسوب جداسازی شده با اتانول ۹۰ درصد شست و شو شد و به مدت ۴۸ ساعت در آب مقطر قرار گرفت. سپس از کاغذ فیلتر ۰/۴۵ میکرومتر (Millipore) عبور داده شد و در نهایت صمغ خالص‌سازی شده در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد خشک شد.

^۱ Cone-plate

بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و رئولوژیکی صمغ حاصل از برگ پنیرک

سه تکرار انجام شد و به صورت میانگین و انحراف معیار گزارش گردید.

یافته‌ها

مرحله اول شناسایی پلی‌ساکاریدها تعیین خالص بودن آن است که با بررسی ترکیبات شیمیایی آن از جمله اندازه‌گیری قند کل، رطوبت، پروتئین و خاکستر منعکس می‌شود (Brummer & Cui, 2005). جدول ۱ برخی از خواص شیمیایی صمغ حاصل از برگ پنیرک را نشان می‌دهد.

- آزمون‌های رئولوژیکی

خصوصیات رئولوژیکی محلول‌های صمغ استخراج شده از برگ گیاه پنیرک مورد بررسی قرار گرفت. ویسکوزیته هیدروکلوئیدها در محدوده سرعت برشی $1000-0.1 \text{ s}^{-1}$ به عنوان تابعی از غلظت (۱/۵-۱/۵ درصد) در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به دست آمد. رفتار رئولوژیکی با معادلات قانون توان (معادله ۱) و هرشل بالکی (جدول ۲) برازش شدند و با توجه به ضریب تعیین بالاتر قانون توان، این معادله انتخاب گردید.

$$\tau = k\gamma^{0n} \quad (\text{معادله ۱})$$

$$\tau = \tau_0 + k\gamma^{0n} \quad (\text{معادله ۲})$$

τ : تنش برشی^۱ (N/m^2)، K: شاخص قوام سیال
 $(\text{Ns}^n\text{m}^{-2})$ ، n: شاخص رفتار جریان، γ_0 : نرخ برشی (s^{-1}) و
 τ_0 : تنش تسلیم^۲ (N/m^2)

جدول ۱- میزان رطوبت، پروتئین، خاکستر، قند کل و اسید اورونیک صمغ حاصل از برگ پنیرک

پارامتر	مقدار (%) ^A
رطوبت	۸۱۲±۰/۴۳
نیترژن (کلدال)	۱۳۷±۰/۱۱
پروتئین خام (N×6.25)	۸۵۶±۰/۶۲
خاکستر کل	۲۴۹±۰/۳۰
قند کل	۷۷/۰۴±۰/۸۳
اسید اروونیک	۵/۳۳±۰/۲۹

A: بر اساس وزن خشک

¹ Shear Stress

² Yield Stress

جدول ۲- پارامترهای رئولوژیکی حاصل از برازش مدل های قانون توان و هرشل-بالکلی

مدل									
هرشل- بالکی					قانون توان				
R ²	خطا	μ ₀	n	k (Pas.s)	R ²	خطا	n	k (Pas.s)	غلظت
۰/۹۳	۲/۷۷۲	۰/۳۳۷ ^b	۰/۹۴۹ ^a	۰/۱۲۴ ^c	۰/۹۹	۰/۳۱۶	۰/۹۲۹ ^a	۰/۶۰۳ ^c	۰/۵
۰/۹۴	۲/۶۵۱	۰/۳۸۵ ^b	۰/۹۱۱ ^b	۰/۲۲۸ ^b	۰/۹۹	۱/۱۰۹	۰/۸۹۵ ^b	۰/۸۴۴ ^b	۱
۰/۹۴	۲/۶۶۳	۰/۴۲۲ ^a	۰/۸۹۰ ^c	۰/۴۰۷ ^a	۰/۹۹	۱/۲۲۸	۰/۸۶۴ ^c	۰/۹۷۳ ^a	۱/۵

اعداد موجود در یک ستون که دارای حروف یکسانی هستند از لحاظ آماری در سطح ۹۵٪ معنی دار نیستند.

جدول ۳- پارامترهای مدل آرنیوس در بررسی وابستگی ویسکوزیته به دما در دیسپرسیون پلی ساکارید استخراج شده از برگ گیاه پنیرک در نرخ برشی ۱۰ بر ثانیه

R ²	η ₀ (Pa.s)	Ea (KJ/mol)	غلظت (%)
۰/۹۹	۰/۱۱۶ ± ۰/۰۱ ^a	۳/۲۶ ± ۰/۱۱ ^d	۰/۵
۰/۹۷	۰/۱۰۳ ± ۰/۰۲ ^b	۴/۹۷ ± ۰/۰۹ ^c	۱
۰/۹۸	۰/۰۹۲ ± ۰/۰۱ ^c	۶/۳۴ ± ۰/۱۰ ^b	۱/۵
۰/۹۸	۰/۰۷۹ ± ۰/۰۱ ^d	۸/۵۲ ± ۰/۱۲ ^a	۲

اعداد موجود در ستون دارای حروف یکسان از لحاظ آماری در سطح ۹۵٪ معنی دار نیستند.

مدل آرنیوس (معادله ۲) به طور معمول برای توصیف رفتار وابسته به درجه حرارت بسیاری از صمغ‌ها، مانند کاراگینان، زانتان، نشاسته و پکتین به کار برده شده است (Marcotte *et al.*, 2001). مدل آرنیوس برای مطالعه وابستگی ویسکوزیته به دما در دیسپرسیون پلی ساکارید استخراج شده از برگ گیاه پنیرک بکار گرفته شد.

$$\eta = \eta_0 e^{\left(\frac{E_a}{RT}\right)} \quad \text{(معادله ۲)}$$

η = ثابت تناسب ویسکوزیته، E_a = انرژی فعال سازی (KJ/mol)، R = ثابت جهانی گازها (kJ/mol.K)، T_a = دمای مطلق (K)

همچنین وابستگی ویسکوزیته به دما در غلظت‌های ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ درصد صمغ پنیرک در دماهای ۱۰ تا ۵۰ درجه سانتی‌گراد مورد بررسی قرار گرفت (نمودار ۳). وابستگی ویسکوزیته به دما در دیسپرسیون پلی ساکارید استخراج شده از برگ گیاه پنیرک در غلظت‌های متفاوت نشان داد که با افزایش غلظت و همچنین کاهش دما، مقدار ویسکوزیته دیسپرسیون‌ها کاهش می‌یابد.

- بررسی تأثیر غلظت بر ویسکوزیته محلول‌های پلی ساکاریدی

اثر غلظت بر ویسکوزیته ظاهری هیدروکلوئیدها را به طور کلی توسط مدل‌های نمایی، توانی و چندجمله‌ای می‌توان توصیف کرد (Speers & Tung, 1986; Marcotte *et al.*, 2001). اثر غلظت بر ویسکوزیته ظاهری دیسپرسیون پلی ساکارید استخراجی از برگ گیاه پنیرک در سرعت برشی ۱۰ بر ثانیه به وسیله مدل قانون توان با معادلات توانی، نمایی و چند جمله‌ای توصیف شد و

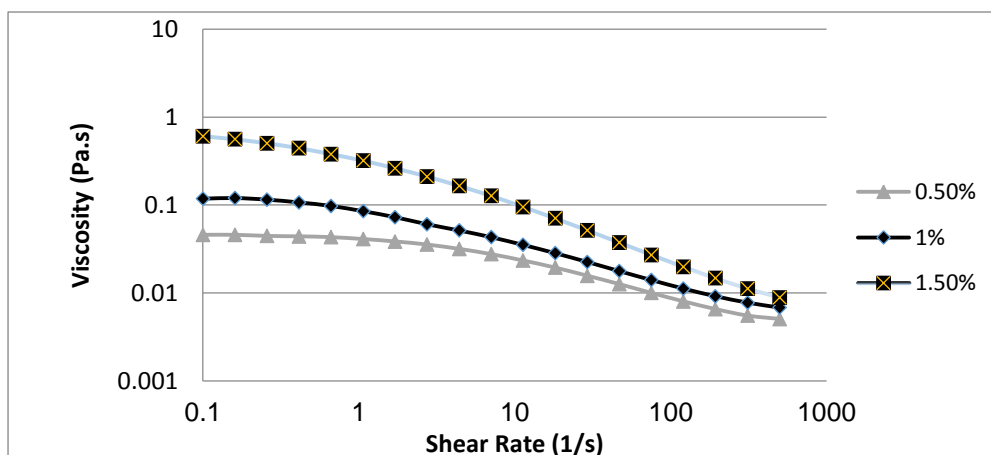
پارامترهای مدل آرنیوس در بررسی وابستگی ویسکوزیته به دما در دیسپرسیون پلی ساکارید استخراج شده از برگ گیاه پنیرک در جدول ۳ آورده شده است. انرژی فعال سازی، شاخص جنبش مولکول‌ها است و بازتابی از حساسیت ویسکوزیته به تغییرات دمایی می‌باشد که ارزش بالاتر انرژی فعال سازی به معنی تغییر سریع در ویسکوزیته در رابطه با دماست. به عبارت دیگر هرچه دمای سیال افزایش یابد جریان روان‌تری به دلیل انرژی فعال سازی بالاتر و کاهش ویسکوزیته منتج از آن رخ می‌دهد (Koocheki *et al.*, 2013).

ارتباط بین ویسکوزیته و سرعت برشی در نمودار ۱ آورده شده است و نمودار ۲ مربوط به رابطه نرخ برش و تنش برش می‌باشد.

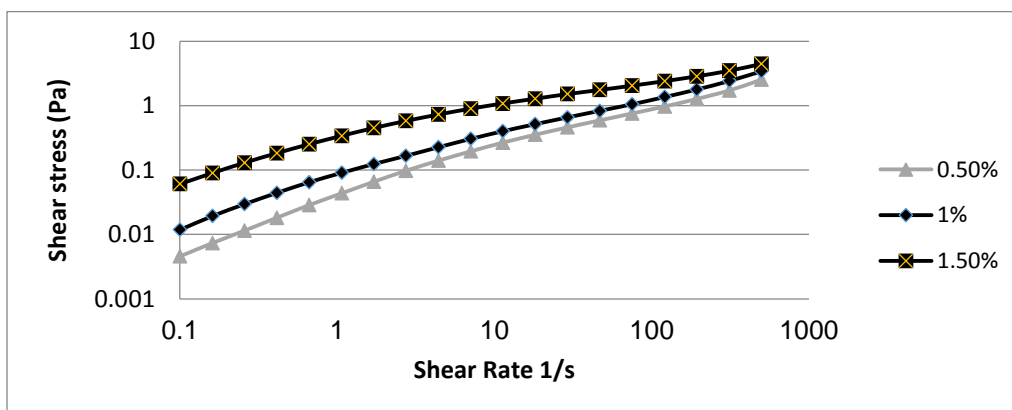
همانطور که مشاهده می‌شود، ویسکوزیته ظاهری نمونه‌ها با افزایش سرعت برشی کاهش پیدا می‌کند و وابستگی مستقیمی نیز به غلظت صمغ دارد.

بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و رئولوژیکی صمغ حاصل از برگ پنیرک

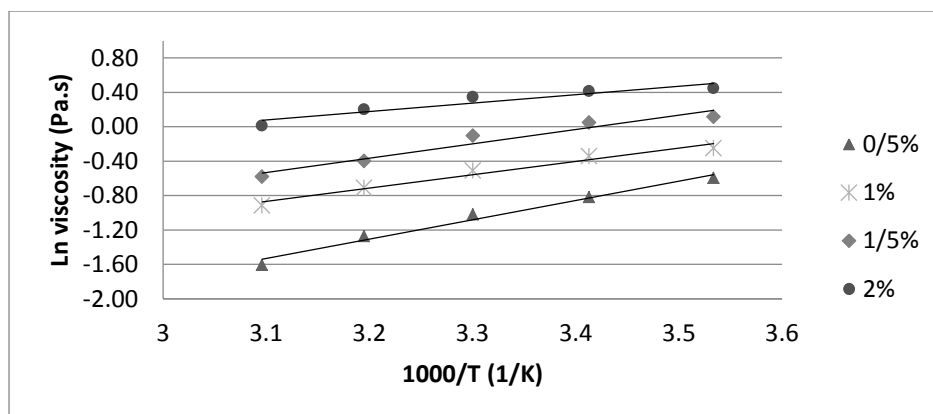
مقادیر a و b برای هریک از معادلات بدست آمد که این نتایج در جداول ۴، ۵ و ۶ نشان داده شده‌اند.



نمودار ۱- رفتار جریان محلول پلی ساکارید استخراج شده از برگ گیاه پنیرک در غلظت‌های مختلف



نمودار ۲- تنش برشی در مقابل نرخ برشی محلول پلی ساکارید استخراج شده از برگ گیاه پنیرک در غلظت‌های مختلف



نمودار ۳- وابستگی ویسکوزیته به دما در دیسپرسیون پلی ساکارید استخراج شده از برگ گیاه پنیرک در غلظت‌های متفاوت (مدل آرنیوس)

بحث

تفاوت در ساختار شیمیایی صمغ‌ها سبب تغییر در ویژگی عملکردی آن‌ها می‌گردد و از این رو بر کارایی و کاربرد آن‌ها تأثیر گذار است (زرگران و همکاران، ۱۳۸۷). همانطور که در جدول ۱ می‌توان مشاهده نمود، میزان رطوبت صمغ حاصل از صمغ برگ پنبیرک $۸/۱۲ \pm ۰/۴۳$ درصد تعیین شد. محصولات طبیعی مانند صمغ‌ها اگر شامل آب اضافی باشند، در درجه حرارت مناسب به فعال شدن آنزیم‌ها و تکثیر موجودات زنده کمک می‌کنند. آن‌ها همچنین حاوی مواد غذایی مورد نیاز ضروری برای کپک‌ها، حشرات و کنه هستند که منجر به خراب شدن آن

(معادله ۳) مدل توانی (پاورلا) $\eta = a_1 C^{b_1}$

(معادله ۴) مدل نمایی $\eta = a_2 e^{b_2 \times c}$

(معادله ۵) مدل چند جمله‌ای $\eta = \eta_0 + a_3 C + b_3 C^2$

a و b = ضرایب ثابت، C = غلظت، $\eta =$ ویسکوزیته ظاهری، $\eta =$ ویسکوزیته

همانطور که ملاحظه می‌شود در بین مدل‌های مورد بررسی، مدل پاورلا یا توانی با کمترین میزان خطا (MRD) و بیشترین میزان R^2 بهترین مدل جهت ارزیابی تأثیر غلظت بر ویسکوزیته پلی‌ساکارید استخراجی از برگ گیاه پنبیرک می‌باشد.

جدول ۴- وابستگی ویسکوزیته به غلظت در نرخ برشی ۱۰ بر ثانیه (مدل پاورلا یا توانی)

غلظت (%)	$b_1 (-)$	$a_1 (Pa.s^{-1})$	R^2	MRD* (%)
۰/۵	$۰/۸۸ \pm ۰/۰۳^d$	$۰/۲۱ \pm ۰/۰۲^d$	۰/۹۹	۱/۰۶
۱/۰	$۰/۹۴ \pm ۰/۰۴^c$	$۰/۳۵ \pm ۰/۰۳^c$	۰/۹۹	۱/۲۴
۱/۵	$۱/۱۳ \pm ۰/۰۵^b$	$۰/۴۹ \pm ۰/۰۴^b$	۰/۹۸	۱/۴۳
۲/۰	$۱/۳۴ \pm ۰/۰۴^a$	$۰/۶۱ \pm ۰/۰۴^a$	۰/۹۷	۱/۵۵

* میانگین انحراف معیار نسبی؛ اعداد موجود در یک ستون که دارای حروف یکسانی هستند از لحاظ آماری در سطح ۹۵٪ معنی دار نیستند.

۲۵

جدول ۵- وابستگی ویسکوزیته به غلظت در نرخ برشی ۱۰ بر ثانیه (مدل نمایی)

غلظت (%)	$b_2 (\%^{-1})$	$a_2 (Pa.s)$	R^2	MRD* (%)
۰/۵	$۱/۳۱ \pm ۰/۰۳^d$	$۰/۰۴ \pm ۰/۰۱^a$	۰/۹۵	۲/۲۵
۱/۰	$۱/۵۰ \pm ۰/۰۴^c$	$۰/۰۴ \pm ۰/۰۱^a$	۰/۹۵	۲/۳۳
۱/۵	$۱/۶۴ \pm ۰/۰۴^b$	$۰/۰۳ \pm ۰/۰۰۷^{ab}$	۰/۹۶	۲/۱۹
۲/۰	$۱/۷۸ \pm ۰/۰۵^a$	$۰/۰۲ \pm ۰/۰۰۵^b$	۰/۹۴	۲/۵۸

* میانگین انحراف معیار نسبی؛ اعداد موجود در یک ستون که دارای حروف یکسانی هستند از لحاظ آماری در سطح ۹۵٪ معنی دار نیستند.

جدول ۶- وابستگی ویسکوزیته به غلظت در نرخ برشی ۱۰ بر ثانیه (مدل چندجمله‌ای)

غلظت (%)	$b_3 (Pa.s^{-2})$	$a_3 (Pa.s^{-1})$	R^2	MRD* (%)
۰/۵	$۰/۸۵ \pm ۰/۰۳^d$	$-۲/۱۸ \pm ۰/۰۲^d$	۰/۹۴	۲/۹۴
۱/۰	$۰/۹۲ \pm ۰/۰۳^c$	$-۲/۰۵ \pm ۰/۰۴^c$	۰/۹۶	۲/۱۹
۱/۵	$۱/۰۳ \pm ۰/۰۴^b$	$-۱/۹۳ \pm ۰/۰۳^b$	۰/۹۵	۲/۴۵
۲/۰	$۱/۱۲ \pm ۰/۰۳^a$	$-۱/۸۱ \pm ۰/۰۴^a$	۰/۹۴	۲/۸۶

* میانگین انحراف معیار نسبی؛ اعداد موجود در یک ستون که دارای حروف یکسانی هستند از لحاظ آماری در سطح ۹۵٪ معنی دار نیستند.

بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و رئولوژیکی صمغ حاصل از برگ پنیرک

صمغ حاصل از برگ پنیرک بر اساس جدول ۱، $۰/۳ \pm ۲/۴۹$ درصد است که با توجه به نتایج گزارش شده توسط Cui و Mazza (۱۹۹۶) بیشتر از صمغ زانتان ($۱/۵$ درصد) و صمغ عربی ($۱/۲$ درصد) ولی کمتر از صمغ گوار ($۱۱/۹$ درصد) است.

- بررسی رفتار رئولوژیکی

ویسکوزیته محلول‌های صمغ استخراج شده از برگ گیاه پنیرک در محدوده سرعت برشی $۱۰۰۰-۰/۱ s^{-1}$ به عنوان تابعی از غلظت ($۱/۵-۰/۵$ درصد) در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به دست آمد. رفتار رئولوژیکی با معادلات قانون توان و هرشل بالکی برآزش شدند (جدول ۲) و با توجه به ضریب همبستگی بالاتر قانون توان، این معادله انتخاب گردید. در مدل قانون توان ضریب تبیین (R^2) در همه نمونه‌های مورد آزمون در سه غلظت $۰/۹۹$ بود که دلالت بر این دارد که مدل قانون توان برای توصیف خصوصیات جریان صمغ برگ پنیرک مناسب‌تر از مدل هرشل-بالکی می‌باشد. مقدار شاخص رفتار جریان (n) کمتر از ۱ ($۰/۹۲۹ - ۰/۸۹۵ - ۰/۸۶۴$) بود که نشان دهنده رفتار رقیق شونده با برش صمغ در شرایط مختلف اندازه‌گیری می‌باشد. با توجه به مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن بالاترین میزان شاخص رفتار جریان را غلظت $۰/۵$ درصد به خود اختصاص داده است که اختلاف معنی‌داری با دیگر غلظت‌ها دارد و بیشترین مقدار شاخص قوام به غلظت $۱/۵$ درصد مربوط می‌شود که اختلاف معنی‌داری با دیگر غلظت‌ها دارد. رفتار رقیق شونده با برش نشان دهنده شکست ساختاری غیر قابل برگشت و کاهش ویسکوزیته به عنوان یک نتیجه از هم ترازوی مولکولی است که درون چنین ماده‌ای رخ می‌دهد (Marcotte et al., 2001). صمغ با رفتار رقیق شونده با برش به طور گسترده به منظور بهبود و یا تغییر بافت مواد غذایی استفاده می‌شود. این رفتار سبب می‌شود، ویسکوزیته ظاهری در طول عملیات پردازش با سرعت برشی بالا مانند پمپ کردن و پر شدن در فراوری ماده غذایی کاهش یابد، درحالی‌که هنگام جویدن ویسکوزیته ظاهری بالا و یک احساس دهانی مطلوب برای مصرف کننده فراهم نماید (Koocheki et al., 2013).

و بالا رفتن بار آلودگی صمغ می‌شود، بر اساس اظهارات Malsawmtluangi و همکاران (۲۰۱۴)، مقدار رطوبت صمغ‌ها تا ۱۵ درصد طبیعی و قابل قبول است.

پروتئین صمغ برگ پنیرک $۰/۶۲ \pm ۸/۵۶$ درصد تعیین گردید که نشان دهنده بالاتر بودن محتوای پروتئین این صمغ در مقایسه با سه صمغ تجاری بود. میزان پروتئین برای صمغ عربی $۱/۸$ درصد، برای صمغ گوار $۸/۲$ درصد و برای صمغ زانتان $۵/۴$ درصد گزارش شده است (Cui & Mazza, 1996). میزان پروتئین بر روی خواص عملکردی از جمله تولید و ثبات کف، خواص امولسیفایری و کشش سطحی مؤثر است و فعالیت سطحی و خواص امولسیون‌سازی پایین می‌تواند به دلیل پروتئین کم و یا کیفیت پائین پروتئین ساختاری صمغ باشد (Jahanbin et al., 2012).

همچنین صمغ برگ پنیرک دارای میزان قند کل $۰/۸۳ \pm ۷۷/۰۴$ درصد است که این مقدار نسبت به محتوای قند کل صمغ عربی که $۸۵/۷$ درصد، صمغ گوار $۷۸/۲$ درصد و صمغ زانتان $۸۷/۴$ درصد می‌باشد کمتر است (Cui & Mazza, 1996). در حقیقت اسید اورونیک به طور گسترده‌ای نماینده موکوپلی‌ساکاریدها در مواد بیولوژیکی می‌باشد (Blumenkrantz & Asboe-Hansen, 1973) و میزان آن بر اساس جدول ۱، برای صمغ حاصل از برگ پنیرک $۰/۲۹ \pm ۵/۳۳$ درصد بود، که نسبت به صمغ عربی و صمغ زانتان که ۱۵ درصد و $۲۱/۵$ درصد محتوای اسید اورونیک آن‌هاست پایین‌تر است (Cui & Mazza, 1996). در هر حال، اگرچه بالاتر بودن محتوای اسید اورونیک سبب ایجاد ماهیت پلی‌الکترولیتی در صمغ گردیده (کاراژیان، ۱۳۸۹)، گرانروی صمغ افزایش یافته (زرگران و همکاران، ۱۳۸۷) و دیسپرسیون کلئیدی پایدارتر می‌گردد (قربانی گرجی و همکاران، ۱۳۹۰) اما هنگام افزودن نمک یا تغییر pH ویژگی رئولوژیکی صمغ بطور نامطلوبی تحت تأثیر قرار می‌گیرد که این شرایط سبب کاهش ویسکوزیته و پایداری آن می‌شود (کاراژیان، ۱۳۸۹).

اندازه‌گیری محتوای کل خاکستر برای اندازه‌گیری مقدار کل مواد باقیمانده بعد از احتراق طراحی شده است. اهمیت این آزمون از این روست که تا حدی میزان مراقبت‌ها را در آماده سازی نمونه نشان می‌دهد (Malsawmtluangi et al., 2014). محتوای خاکستر

افزایش غلظت صمغ منجر به کاهش شاخص رفتار جریان (n) و افزایش شاخص قوام (K) گردید که این پدیده با تحقیقات انجام شده به وسیله Marcotte و همکاران (۲۰۰۱) که بر روی صمغ‌های زانتان، کاراگینان، پکتین و نشاسته انجام داده‌اند همخوانی دارد. همچنین Mothe و Rao (۱۹۹۹) و فرهوش و ریاضی (۲۰۰۷) رفتار تجربی مشابهی را بر روی صمغ سقر و ثعلب مشاهده کردند. صمغ شاهی نیز همین رفتار را نشان داد (فرحناکی و همکاران، ۱۳۹۰). صمغ برگ گیاه پنیرک در سرعت‌های برشی پایین دارای ویسکوزیته بالایی بوده و به مرور با افزایش سرعت برشی ویسکوزیته صمغ کاهش می‌یابد.

با افزایش غلظت صمغ پنیرک ویسکوزیته نیز افزایش می‌یابد که این موضوع را می‌توان به بالاتر رفتن محتوای مواد جامد محلول‌ها به واسطه افزایش غلظت دانست که این پدیده منجر به کاهش حرکت‌های مولکولی و تشکیل فیلم‌های داخل شبکه‌ای می‌شود و ویسکوزیته افزایش می‌یابد (Maskan & Gogus, 2000).

- بررسی تأثیر دما بر ویسکوزیته

پاسخ ویسکوزیته به درجه حرارت در صنعت غذا قابل توجه است چراکه فرآیندهای حرارتی در طیف وسیعی از درجه حرارت با منبع هیدروکلوئید در ارتباط است و پاسخ منبع هیدروکلوئید به درجه حرارت ممکن است متفاوت باشد. به عنوان مثال، صمغ زانتان می‌تواند گرانیروی خود را در درجه حرارت بالا حفظ کند (Sworn, 2000). درحالی‌که بسیاری از پلی‌ساکاریدهای محلول در آب، کاهش ویسکوزیته با افزایش اندکی در دما نشان می‌دهند (Farhoosh & Riazi, 2007). در نمودار ۳ وابستگی ویسکوزیته به دما در دیسپرسیون پلی‌ساکارید استخراج شده از برگ گیاه پنیرک در غلظت‌های متفاوت آورده شده است. در این بررسی غلظت‌های ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ درصد در دماهای ۱۰ تا ۵۰ درجه سانتی‌گراد مورد بررسی قرار گرفتند. افزایش غلظت و کاهش دما، سبب افزایش ویسکوزیته ظاهری گردید. در حقیقت ویسکوزیته محلول تابعی از نیروهای داخل ذرات و برهمکنش‌های ماده حل شده با آب است که حرکت مولکول‌ها را محدود می‌کند (Hassan & Hobani, 1998). بنابراین به واسطه افزایش دما، انرژی حرارتی مولکول‌ها افزایش یافته و فاصله بین

ذرات به واسطه انبساط حرارتی افزایش پیدا می‌کند. Marcotte و همکاران (۲۰۰۱) در مطالعاتی راجع به صمغ‌های کاراگینان، زانتان و نشاسته و فرهوش و ریاضی (۲۰۰۷) در تحقیقی در مورد صمغ ثعلب و فرحناکی و همکاران (۱۳۹۰) در پژوهشی مربوط به صمغ شاهی نتایج مشابهی گزارش نموده‌اند.

پارامترهای مدل آرنیوس در بررسی وابستگی ویسکوزیته به دما در دیسپرسیون پلی‌ساکارید استخراج شده از برگ گیاه پنیرک در جدول ۳ آورده شده است. با توجه به ضریب تبیین بالای ۹۷ درصد به نظر می‌رسد که معادله آرنیوس به طور مناسبی وابستگی دمایی ویسکوزیته صمغ حاصل از پنیرک را توصیف می‌کند. مشاهده می‌شود که افزایش در انرژی فعالسازی از ۳/۲۶ کیلوژول بر مول به ۸/۵۲ کیلوژول بر مول در افزایش غلظت از ۰/۵ تا ۲ درصد دیده می‌شود. بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن مشخص شد که اختلاف معنی‌داری بین انرژی فعالسازی در غلظت‌های متفاوت دیده می‌شود و بالاترین مقدار را غلظت ۲ درصد و کمترین میزان را غلظت ۰/۵ درصد به خود اختصاص داده است. همچنین افزایش انرژی فعالسازی (E_a) با افزایش غلظت، به کاهش انعطاف پذیری زنجیره‌ای برای فرایند جریان مرتبط است که بیانگر حساسیت بالاتر صمغ پنیرک در غلظت‌های بالاتر است. این نتایج نشان داد که هنگام استفاده از غلظت ۲ درصد هیدروکلوئید صمغ پنیرک در مواد غذایی، کنترل دمای بحرانی به منظور حفظ ویسکوزیته پایدار ضروریست.

- بررسی تأثیر غلظت بر ویسکوزیته محلول‌های پلی‌ساکاریدی

اثر غلظت بر ویسکوزیته ظاهری دیسپرسیون پلی‌ساکارید استخراجی از برگ گیاه پنیرک در سرعت برشی ۱۰ بر ثانیه به وسیله مدل قانون توان با معادلات توانی، نمایی و چند جمله‌ای توصیف شد. با توجه به جداول ۴، ۵ و ۶ مدل پاورلا یا توانی با کمترین میزان خطا (MRD) و بیشترین میزان R^2 بهترین مدل جهت ارزیابی تأثیر غلظت بر ویسکوزیته پلی‌ساکارید استخراجی از برگ گیاه پنیرک می‌باشد. بر این اساس می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش غلظت، میزان ویسکوزیته افزایش می‌یابد و از این پلی‌ساکارید می‌توان به عنوان قوام دهنده در مواد

بررسی ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی و رئولوژیکی صمغ حاصل از برگ پنیرک

نتایج این تحقیق و ویژگی‌های رئولوژیکی مناسب صمغ پنیرک با وجود پایین بودن مقدار اسید اورونیک، پیشنهاد می‌گردد که در تحقیقات آتی از این صمغ به عنوان قوام دهنده و به عنوان جایگزین صمغ‌های تجاری نظیر کاراگینان و پکتین در محصولات غذایی گوناگون نظیر انواع مربا، سس‌های سالاد و فراورده‌های لبنی استفاده گردد.

سیاسگزاری

بدینوسیله نویسندگان مقاله از معاونت پژوهشی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان بابت حمایت مالی از این پژوهش که بخشی از نتایج پایان‌نامه کارشناسی ارشد می‌باشد تشکر می‌نمایند.

منابع

- زرگران، ع.، محمدی‌فر، م. و بلاغی، س. (۱۳۷۸). مقایسه برخی ترکیبات شیمیایی و ویژگی‌های رئولوژیکی صمغ کتیرای ایرانی تراویده از دو گونه گون *A. floccosus* و *A. rahensis*. مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، دوره ۳، شماره ۴، صفحات ۱۷-۹.
- زرگری، ع. (۱۳۷۱). گیاهان دارویی. جلد اول، چاپ ششم، انتشارات دانشگاه تهران، صفحات ۳۴۵-۳۵۲.
- فرحناکی، ع.، عسگری، ح. و بختیاری، م. (۱۳۹۰). بررسی برخی خواص رئولوژیکی هیدروکلوئید دانه گیاه شاهی. مجله مهندسی بیوسیستم ایران، دوره ۴۲، شماره ۱، صفحات ۱۲۰-۱۱۳.
- کاراژیان، ح. (۱۳۸۹). طبیعت پلی‌الکترولیتی صمغ دانه شاهی. نشریه پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران، دوره ۶، شماره ۱، صفحات ۴۳-۳۷.
- Abbastabar, B., Azizi, M. H., Adnani, A. & Abbasi, S. (2014). Determining and modeling rheological characteristics of quince seed gum. Food Hydrocolloids, 1-6.
- Amin, A. M., Ahmad, A. S., Yin, Y. Y., Yahya, N. & Ibrahim, N. (2007). Extraction, purification and characterization of durian (*Durio zibethinus*) seed gum. Food Hydrocolloids, 21(2), 273-279.

غذایی استفاده کرد. بر اساس آزمون دانکن نیز می‌توان نتیجه گرفت که اختلاف معنی‌داری در مقادیر a و b بدست آمده در این قانون در غلظت‌های متفاوت دیده می‌شود که بیشترین مقدار a و b را غلظت ۲ درصد و کمترین مقدار را غلظت ۰/۵ درصد به خود اختصاص داده است. بر اساس مدل توانی، با افزایش غلظت از ۰/۵ به ۲ درصد، ویسکوزیته بطور قابل توجهی افزایش می‌یابد که با نتایج رضوی و همکاران (۲۰۱۱) که به بررسی صمغ دانه مریم گلی پرداختند مطابقت دارد. همچنین Marcotte و همکاران (۲۰۰۱) برای ارزیابی اثر غلظت بر ویسکوزیته هیدروکلوئیدهای کاراگینان، پکتین، ژلاتین، نشاسته و زانتان از این سه مدل استفاده کردند.

نتیجه‌گیری

صمغ خالص‌سازی شده حاصل از برگ گیاه پنیرک، شامل $۸/۱۲ \pm ۰/۴۳$ درصد رطوبت، $۸/۵۶ \pm ۰/۶۲$ درصد پروتئین، $۷۷/۰۴ \pm ۰/۸۳$ درصد قندکل، $۲/۴۹ \pm ۰/۳$ درصد خاکستر و $۵/۳۳ \pm ۰/۲۹$ درصد اسید اورونیک بر اساس وزن خشک است. خصوصیات رئولوژیکی در محدوده سرعت برشی ۱۰۰۰-۰/۱ بر ثانیه، در غلظت‌های مختلف در دمای ۲۵ درجه با مدل قانون توان با توجه به ضریب تبیین بالاتر مطابقت داشت. مقدار شاخص رفتار جریان (n)، کمتر از یک و نشانگر رفتار رقیق شونده با برش صمغ می‌باشد. صمغ‌های با این رفتار با استقبال گسترده‌ای در صنعت غذا مورد استفاده قرار می‌گیرند. افزایش غلظت صمغ منجر به کاهش شاخص رفتار جریان و افزایش شاخص قوام گردید. صمغ در سرعت برشی پایین، ویسکوزیته بالاتر و با افزایش سرعت برشی، کاهش در ویسکوزیته را از خود نشان داد. مدل آرنیوس برای مطالعه وابستگی ویسکوزیته صمغ به دما به کار گرفته شد و به خوبی توانست خصوصیات صمغ را نشان دهد. کاهش دما، افزایش در ویسکوزیته ظاهری را به نمایش گذاشت. انرژی فعال‌سازی بالاتر در غلظت ۲ درصد نسبت به غلظت ۰/۵ درصد بیانگر حساسیت بالاتر صمغ در غلظت‌های بالاتر نسبت به دما بود. اثر غلظت بر ویسکوزیته با سه مدل نمایی، چندجمله‌ای و توان در سرعت برشی ۱۰ بر ثانیه توصیف و مدل پاورلا یا توانی به عنوان بهترین مدل برای ارزیابی تأثیر غلظت بر ویسکوزیته انتخاب شد. با توجه به

AOAC. (1990). Official methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 15th edn., Arlington, USA.

Blumenkrantz, N. & Asboe-Hansen, G. (1973). New method for quantitative determination of uronic acids. *Journal of Analytical Biochemistry*, 54(2), 484-489.

Braun, D. B. & Rosen, M. R. (2010). *Rheology modifiers handbook. Practical use and applications*. New York: William Andrew Publishing.

Brummer, Y. & Cui, S. W. (2005). *Chemistry, Physical Properties, and Applications*, CRC, Boca Raton, FL, *Food Carbohydrates*, 67-104.

Cui, W. & Mazza, G. (1996). Physicochemical characteristics of flaxseed gum. *Food Research International*, 29(3-4), 397-402.

Dalar, A., Turker, M. & Konczak, I. (2012). Antioxidant capacity and phenolic constituents of *Malva neglecta* Wallr. and *Plantago lanceolata* L. from Eastern Anatolia Region of Turkey. *Herbal Medicine*, 2, 42-51.

Dickinson, E. (2003). Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems. *Food Hydrocolloids*, 17, 25-39.

Dubois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P. A. & Smith, F. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, 28(3), 350-356.

Farhoosh, R. & Riaz, A. (2007). A compositional study on two current types of salep in Iran and their rheological properties as a function of concentration and temperature. *Food Hydrocolloids*, 21, 660-666.

Hassan, B. H. & Hobani, A. I. (1998). Flow properties of Rosella Extract. *Food Engineering*, 35, 459-470.

Jahanbin, K., Moini, S., Gohari, A. R., Emam-Djomeh, Z. & Masid, P. (2012). Isolation, purification and characterization of a new gum from *A canthophyllum bracteatum* roots. *Journal of Food Hydrocolloids*, 27, 14-21.

Koocheki, A., Taherian, A. R. & Bostan, A. (2013). Studies on the steady shear flow behavior and functional properties of *Lepidium perfoliatum* seed gum. *Journal of Food Research International*, 50, 446-456.

Lai, L. S. & Lin, P. H. (2004). Applications of decolorized hsian-tsao leaf gum to low fat

salad dressing model emulsions: A rheological study. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84(11), 1307-1314.

Malsawmtluangi, C., Thanzami, K., Lahlhenmawia, H., Selvan, V., Palanisamy, S., Kandasamy, R. & Pachua, L. (2014). Physicochemical characteristics and antioxidant activity of *Prunus cerasoides* D. Don gum exudates. *International Journal of Biological Macromol*, 69, 192-199.

Marcotte, M., Taherian, A. R. & Ramaswamy, H. S. (2001). Rheological properties of selected hydrocolloids as a function of concentration and temperature. *Food Research International*, 34, 695-704.

Maskan, M. & Gogus, F. (2000). Effect of sugar on their rheological properties of sunflower oil-water emulsions. *Food Engineering*, 43, 173-177.

Mothe, C. G. & Rao, M. A. (1999). Rheological Behavior of aqueous dispersion of cashew gum and gum Arabic: Effect of concentration and blending. *Food Hydrocolloids*, 13(6), 501-506.

Rana, V., Rai, P., Tiwary, A. K., Singh, R. S., Kennedy, J. F., & Knill, C. J. (2011). Modified gums: Approaches and applications in drug delivery. *Carbohydrate Polymers*, 83, 1031-1047.

Razavi, S. M. A., Taheri, H. & Quinchia, L. A. (2011). Steady shear flow properties of wild sage (*Salvia macrosiphon*) seed gum as a function of concentration and temperature. *Food Hydrocolloids*, 25, 451-458.

Rincón, F., Muñoz, J., Ramírez, P., Galán, H. & Alfaro, M. C. (2014). Physicochemical and rheological characterization of *Prosopis juliflora* seed gum aqueous dispersions. *Food Hydrocolloids*, 35, 348-357.

Samavati, V. & Manoochehrizade, A. (2013). Polysaccharide extraction from *Malva sylvestris* and its anti-oxidant activity. *International Journal of Biological Macromolecules*, 60, 427-436.

Seyyednejad, S. M., Koochak, H., Darabpour, E. & Motamedi, H. (2010). A survey on Hibiscus rosa-sinensis, *Alcea rosea* L. and *Malva neglecta* Wallr. as antibacterial agents. *Journal Asian Pacific*, 3, 351-355.

Sworn, G. (2000). Xanthan gum. In: *Handbook of hydrocolloids*, Edited by Phillips, G. O. & Williams P. A., Cambridge,

Woodhead Publishing Limited, Cambridge, UK, pp. 103-116.

Speers, R. A. & Tung, M. A. (1986). Concentration and temperature dependence of flow behavior of xanthan gum dispersions. *Journal of Food Science*, 51, 96-98.

Williams, P. A. & Phillips, G. O. (2009). Introduction to food hydrocolloids. In: *Handbook of Hydrocolloids*, Edited by Phillips, G. O., & Williams, P. A., Woodhead Publishing Limited, Cambridge. UK, pp. 1-22.