

## اثر قندهای مختلف بر ویژگی‌های رئولوژیکی صمغ دانه بالنگو

فخرالدین صالحی<sup>۱\*</sup>، مهدی کاشانی نژاد<sup>۲</sup>، فاطمه عرب عامری<sup>۳</sup> و علی تدین<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۹۲/۶/۱۴ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۰/۸

<sup>۱</sup> استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده فنی و منابع طبیعی تویسرکان، دانشگاه بوعلی سینا همدان

<sup>۲</sup> دانشیار دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

<sup>۳</sup> دانشجوی کارشناسی دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

\*مسئول مکاتبه: Email: FS1446@Yahoo.com

### چکیده

هیدروکلوئیدها به عنوان ترکیباتی با وزن مولکولی بالا تعریف می‌شوند که می‌توانند در آب حل و ایجاد محلول‌های با ویسکوزیته بالا و ژل می‌نمایند. در این پژوهش اثر قندهای ساکاروز، فروکتوز، گلوکز و لاکتوز در غلظت‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ درصد وزنی/وزنی بر خصوصیات رئولوژیکی محلول صمغ دانه بالنگو (۱٪) مورد بررسی قرار گرفت. خصوصیات رئولوژیکی محلول‌ها توسط ویسکومتر چرخشی بروکفیلد، اندازه‌گیری گردید. نتایج نشان داد که در همه محلول‌ها با افزایش سرعت برشی، ویسکوزیته ظاهری کاهش می‌یابد، که نشان دهنده رفتار سودوپلاستیک صمغ دانه بالنگو می‌باشد. اثر سینرژیستی بین صمغ و قندها باعث افزایش ویسکوزیته محلول‌ها گشته و مقدار تغییر ویسکوزیته به نوع قند مصرفی بستگی دارد. با افزایش غلظت گلوکز از ۰ به ۴ درصد، ویسکوزیته ظاهری محلول صمغ از ۲۳/۱ mPa.s به ۳۵/۱ mPa.s افزایش یافت (سرعت برشی برابر  $61/2 S^{-1}$ ). مدل قانون توان به خوبی رفتار غیر نیوتنی صمغ دانه بالنگو در حضور قندها را توصیف نمود. برازش داده‌ها با مدل قانون توان نشان داد که نوع و مقدار قندها باعث تغییر ضریب قوام (k) و شاخص رفتار جریان (n) می‌شوند. افزودن قندهای ساکاروز، فروکتوز و لاکتوز باعث کاهش شاخص رفتار جریان و افزایش خاصیت سودوپلاستیک محلول‌ها می‌شوند. برهمکنش بین صمغ دانه بالنگو و گلوکز حداکثر بوده و این محلول بیشترین ویسکوزیته ظاهری را از خود نشان داد.

واژگان کلیدی: ساکاروز، فروکتوز، گلوکز، لاکتوز، هیدروکلوئید

### مقدمه

صنایع غذایی افزایش چشم‌گیری یافته است و به‌طور گسترده در صنایع مختلف با عملکردهایی مانند تغلیظ کنندگی، حفظ و بهبود بافت محصولات غذایی، تشکیل ژل، امولسیون، دیسپرسیون، تثبیت کف، فیلم، مانعیت از تشکیل کریستال‌های یخ و شکر و همچنین آزادسازی کنترل شده طعم‌ها به کار می‌روند. این ترکیبات عموماً

کربوهیدرات‌ها فراوان‌ترین و متنوع‌ترین گروه ترکیبات آلی موجود در طبیعت هستند. عبارت هیدروکلوئید (صمغ) به مجموعه‌ای از پلی ساکاریدها و پروتئین‌ها اطلاق می‌شود که در آب حل شده و ویسکوزیته محلول را افزایش می‌دهند. امروزه مصرف هیدروکلوئیدها در

در غلظت کمتر از ۱٪ به کار می‌روند، اما قادرند اثر معنی‌داری بر خصوصیات بافتی و ارگانولپتیکی مواد غذایی داشته باشند (نپ و کانوی ۲۰۱۱؛ میرحسینی و آמיד ۲۰۱۲ و امیری عقدایی و همکاران ۲۰۱۰).

خصوصیات عملکردی هیدروکلوئیدها در مواد غذایی به ساختار ملکولی هیدروکلوئید، غلظت هیدروکلوئید، pH، دما و واکنش هیدروکلوئید با سایر ترکیبات ماده غذایی (نمک‌ها، کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها، پروتئین‌ها...) وابسته می‌باشد. موسیلاژهای (صمغ محلول در آب) دانه‌ای و پلی ساکاریدهای گیاهی به دلایل طبیعی بودن، دارا بودن خواص درمانی و قیمت مناسب، اهمیت ویژه‌ای دارند (میرحسینی و آמיד ۲۰۱۲). لذا استفاده از این صمغ‌های گیاهی فرمولاسیون مواد غذایی توسط محققان در حال بررسی است.

صمغ دانه بالنگو از جمله هیدروکلوئیدهای بومی ایران می‌باشد که می‌توان از آن در اکثر فرمولاسیون‌های غذایی استفاده نمود. دانه بالنگو (*Lallemantiaroyleana*)، 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 ایجاد می‌کند که در طب سنتی کاربرد گسترده‌ای دارد (محمدامینی و رضوی ۲۰۱۲).

بررسی خصوصیات رئولوژیکی و ویسکوزیته محلول‌های غذایی قبیل از طراحی فرآیندهایی مانند انتقالات سیالات، پمپاژ، استخراج، فیلتراسیون، پاستوریزاسیون، تبخیر و خشک‌کردن ضروری می‌باشد (مارکوت و همکاران ۲۰۰۱). ویسکوزیته صمغ‌ها تابعی از غلظت و وزن مولکولی، pH و دمای محلول می‌باشد. همچنین قندهای موجود در محلول مورد نظر نیز بر ویسکوزیته تأثیر می‌گذارد (کار و ارسلان ۱۹۹۹). کار و ارسلان (۱۹۹۹) اثر قندها، ال-آسکوربیک اسید، آمونیوم پرسولفات و نمک‌ها را بر ویسکوزیته محلول‌های پکتین پوست پرتقال بررسی کردند. این محققان گزارش کردند که گلوکز و مالتوز باعث افزایش ویسکوزیته محلول‌های پکتین می‌شوند.

هیدروکلوئیدها در اکثر محصولات استفاده می‌شوند و حضور افزودنی‌های مختلف مانند قندهای ساکاروز، گلوکز و فروکتوز که جهت ایجاد طعم و بافت در محصولات غذایی اضافه می‌شوند و یا لاکتوزی که در محصولات لبنی وجود دارد، باعث تغییر در خصوصیات رئولوژیکی آن‌ها می‌شوند (کار و ارسلان ۱۹۹۹ و یانز و همکاران ۲۰۰۲). کربوکسی متیل سلولز به دلیل خصوصیات ویژه رئولوژیکی، به عنوان یک هیدروکلوئید متداول در اکثر مواد غذایی استفاده می‌شود. تغییر خصوصیات رئولوژیکی در اثر دما (۴۰-۲۵) و غلظت کربوکسی متیل سلولز (۲-۵ درصد) در حضور ساکاروز (۲۰-۴۰ درصد) توسط کانسلا و همکاران (۲۰۰۵) بررسی شده‌ویک مدل تجربی برای بررسی رابطه دانسیته و پارامترهای معادله قانون توان توسعه یافته است. اثر غلظت صمغ (۲-۱٪)، سرعت برشی ( $10^{-1}$ - $600$  s<sup>-1</sup>)، pH (۳-۹)، نمک (کلرید سدیم و کلسیم) و قند (ساکاروز و لاکتوز) بر خصوصیات رئولوژیکی صمغ دانه شاهی توسط بهروزیان و همکاران (۲۰۱۳) بررسی شد. مدل هرشل-بالکی جهت بررسی خصوصیات این صمغ توصیه شده است. افزودن نمک‌ها باعث کاهش ضریب قوام و افزودن قندها باعث افزایش آن شده است.

بررسی منابع انتشار یافته نشان می‌دهد که تاکنون مطالعه‌ای در خصوص بررسی اثر قندهای مختلف بر خصوصیات رئولوژیکی صمغ دانه بالنگو انجام نشده است. لذا هدف از این پژوهش بررسی اثر قندهای ساکاروز، فروکتوز، گلوکز و لاکتوز در غلظت‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ درصد بر خصوصیات رئولوژیکی صمغ دانه بالنگو می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

### استخراج صمغ

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

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 انجام‌شده، مدل‌های قانون توان<sup>۲</sup> (معادله ۱) جهت بررسی خصوصیات رئولوژیکی صمغ دانه بالنگو مناسب تشخیص داده شد و از این مدل برای بررسی خصوصیات مستقل از زمان استفاده گردید (رائو و کنی ۱۹۷۵).

$$\tau = k\dot{\gamma}^n \quad [1]$$

در این معادله،  $\tau$  تنش برشی (Pa)،  $k$  ضریب قوام ( $\text{Pa s}^n$ )،  $\dot{\gamma}$  سرعت برشی ( $\text{s}^{-1}$ ) و  $n$  شاخص رفتار جریان می‌باشند. به منظور مدل کردن داده‌های تجربی تنش برشی در برابر سرعت برشی، و به دست آوردن ثابت‌های مدل‌های رئولوژیکی، از نرم‌افزار Curve Expert ویرایش ۱/۳۴ استفاده شد.

## نتایج و بحث

### اثر ساکاروز بر ویسکوزیته ظاهری

وجود ساکاروز در محلول‌های غذایی حاوی هیدروکلوئیدها می‌تواند باعث تغییر خصوصیات رئولوژیکی شود. این اثر ممکن است به دلیل افزایش ویسکوزیته فاز آبی و یا کاهش ویسکوزیته به دلیل کاهش آگیری مولکول‌های هیدروکلوئید، باعث افزایش ویسکوزیته محلول شود (یانز و همکاران ۲۰۰۲). اثر قند ساکاروز در غلظت‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ درصد بر خصوصیات محلول ۱ درصد صمغ از دانه بالنگو در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفت. همان‌طور که در شکل ۱ ملاحظه می‌شود، در تمامی نمونه‌های با افزایش سرعت برشی، ویسکوزیته ظاهری صمغ‌ها کاهش می‌یابد. کاهش ویسکوزیته با سرعت برشی، نشان‌دهنده خصوصیت رفتار شل شونده بازمان (سودوپلاستیک) صمغ دانه بالنگو می‌باشد. با افزایش سرعت برشی از

pH برابر ۷ و نسبت آب به دانه برابر ۲۰ به ۱ قرار گرفتند. سپس جهت جدا کردن صمغ خارج‌شده از دانه (موسیلاژ)، از دستگاه اگستراکتور (Panasonic, MJ-) (موسیلاژ)، استفاده گردید. خشک‌کردن موسیلاژ توسط یک دستگاه خشک‌کن هوای داغ<sup>۱</sup> (J176P, Japan Convection) در (oven, Memmert Universal, Schwabach, Germany) در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد انجام پذیرفت. بعد از طی زمان خشک شدن، نمونه‌های خشک‌شده، آسیاب شده و سپس از الک با مش ۳۵ عبور داده شدند. نمونه‌های تهیه‌شده جهت انجام آزمایش‌ها رئولوژیکی درون کیسه‌های پلاستیکی در بسته قرار گرفتند (صالحی و کاشانی نژاد، ۲۰۱۴).

### آماده‌سازی نمونه‌ها

محلول‌های هیدروکلوئیدی از صمغ دانه بالنگو در غلظت ۱٪ (وزنی/وزنی) برای آزمایش‌ها ویسکومتری با حل کردن پودر صمغ خشک‌شده در آب مقطر برای نمونه شاهد و در محلول‌های قندی با غلظت‌های ۰، ۱، ۲، ۳ و ۴ درصد (وزنی/وزنی) جهت بررسی اثر قندهای مختلف بر ویسکوزیته، با کمک یک همزن مغناطیسی (magnetic stirrer, Falc Stirrer, UK) به دست آمدند. در این مطالعه قندهای ساکاروز، گلوکز (منوهیدرات) و لاکتوز از شرکت مرک (Merck, Darmstadt, Germany) و فروکتوز از شرکت شارلو (Scharlau, Barcelona, Spain) تهیه شد. محلول‌هایی به دست آمده جهت آگیری کامل صمغ، به مدت ۲۴ ساعت بر روی یک همزن (Mettler Universal, Schwabach, Germany) در دمای اتاق (۲۰ درجه سانتی‌گراد) نگهداری شدند.

### اندازه‌گیری ویسکوزیته

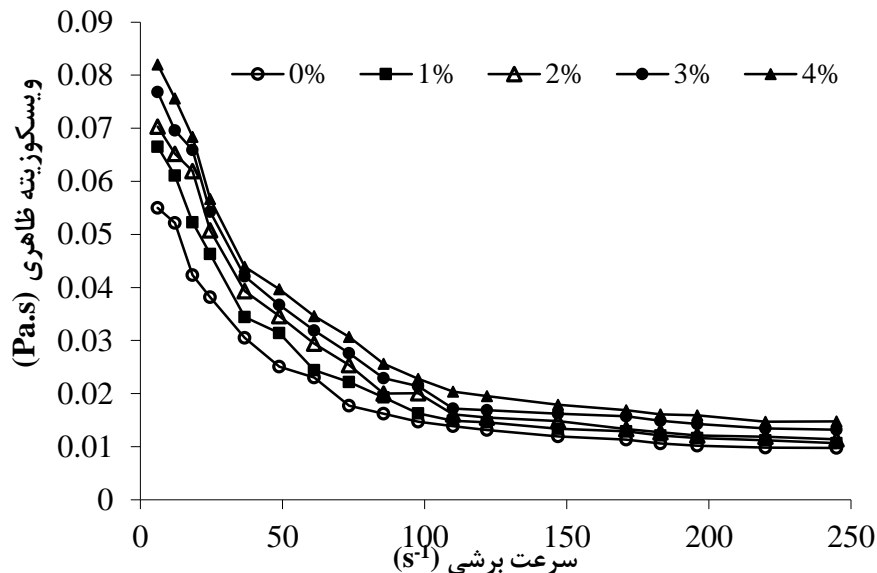
ویسکوزیته محلول‌ها با استفاده از یک دستگاه ویسکومتر چرخشی بروکفیلد (Brookfield, Model RVDV-II+ pro, USA) در محدوده سرعت برشی ۱۲/۶ تا ۲۵۰ بر ثانیه در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد. ۱۶ میلی‌لیتر از نمونه‌ها درون

<sup>2</sup>- Power law model

<sup>1</sup>- Oven drying (OD)

شونده با برش از خود نشان می‌دهد و در سرعت برشی برابر ۱۰۰۰ بر ثانیه و غلظت ۱ درصد، ویسکوزیته ظاهری آن برابر ۰/۰۶۵ پاسکال ثانیه گزارش شده است (امین و همکاران ۲۰۰۷).

۶/۱۲ به ۲۴۵ بر ثانیه، ویسکوزیته ظاهری برای محلول صمغ حاوی ۴ درصد ساکاروز از ۸۲/۰ به ۱۴/۸ میلی پاسکال ثانیه کاهش یافت. اکثر صمغ‌های دانه‌ای رفتار شل شونده با زمان از خود نشان می‌دهند. برای مثال صمغ دانه دیوران<sup>۱</sup> (*Duriozibethinus*) نیز رفتار شل



شکل ۱- اثر غلظت‌های مختلف ساکاروز بر ویسکوزیته ظاهری محلول صمغ دانه بالنگو

جدول ۱- پارامترهای برازش شده مدل قانون توان برای محلول صمغ دانه بالنگو در حضور ساکاروز و فروکتوز

| فروکتوز |      |                       | ساکاروز |      |                       | غلظت (%) |
|---------|------|-----------------------|---------|------|-----------------------|----------|
| r       | n    | k(Pa s <sup>n</sup> ) | r       | n    | k(Pa s <sup>n</sup> ) |          |
| ۰/۹۸۸   | ۰/۴۲ | ۰/۲۲۴                 | ۰/۹۸۸   | ۰/۴۲ | ۰/۲۲۴                 | ۰        |
| ۰/۹۹۱   | ۰/۴۰ | ۰/۲۴۸                 | ۰/۹۸۳   | ۰/۳۹ | ۰/۲۹۱                 | ۱        |
| ۰/۹۹۰   | ۰/۳۹ | ۰/۲۵۸                 | ۰/۹۹۳   | ۰/۳۶ | ۰/۳۷۵                 | ۲        |
| ۰/۹۸۹   | ۰/۳۹ | ۰/۲۶۵                 | ۰/۹۹۷   | ۰/۴۰ | ۰/۳۴۵                 | ۳        |
| ۰/۹۸۸   | ۰/۳۹ | ۰/۲۷۴                 | ۰/۹۸۵   | ۰/۴۱ | ۰/۳۵۶                 | ۴        |

۶/۱۲). نیشیناری و همکاران (۲۰۰۰) نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند. این محققان گزارش کردند که قندهایی مانند ساکاروز، گلوکز و شربت ذرت باعث افزایش ویسکوزیته محلول گزایلوگلوکان دانه تمبر هندی<sup>۱</sup> می‌شود و مقدار اثر سینرژیستی به نوع قند وابسته می‌باشد. چنلو و همکاران (۲۰۱۱) برای صمغ گوار نیز رفتار مشابهی را گزارش نموده‌اند که با افزودن

همان‌طور که در این شکل ملاحظه می‌شود، قند ساکاروز اثر سینرژیستی بر ویسکوزیته صمغ دانه بالنگو دارد و باعث افزایش ویسکوزیته آن شده است و بیشترین ویسکوزیته محلول مربوط به نمونه حاوی ۴ درصد ساکاروز می‌باشد. نتایج حاکی از این بود که با افزایش غلظت ساکاروز از ۰ به ۴ درصد وزنی/وزنی، ویسکوزیته ظاهری محلول صمغ از ۲۳/۱ mPa.s به ۳۴/۱۶ mPa.s افزایش می‌یابد (سرعت برشی برابر S<sup>-1</sup>

<sup>۱</sup>- Tamarind seedxyloglucansolution

۲ به نمایش درآمده است. در نمونه شاهد و نمونه‌های حاوی غلظت‌های مختلف فروکتوز 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 ۴ درصد فروکتوز از ۶۹/۴ به ۹/۹ میلی پاسکال ثانیه کاهش یافت. همان‌طور که در این شکل ملاحظه می‌شود، قند فروکتوز اثر سینرژیستی بر ویسکوزیته صمغ دانه بالنگو دارد و باعث افزایش ویسکوزیته آن شده است و بیشترین ویسکوزیته محلول مربوط نمونه حاوی ۴ درصد فروکتوز می‌باشد. نتایج حاکی از این بود که با افزایش غلظت فروکتوز از ۰ به ۴ درصدوزنی/وزنی، ویسکوزیته ظاهری محلول صمغ از ۱۷/۷ mPa.s به ۲۰/۶ mPa.s افزایش می‌یابد (سرعت برشی برابر  $1 S^{-1}$  /۷۳).

در جدول ۱ همچنین پارامترهای برازش شده مدل قانون توان برای محلول صمغ دانه بالنگو در حضور غلظت‌های مختلف از فروکتوز به نمایش داده شده است. با افزایش غلظت فروکتوز از ۰ به ۴ درصد، ضریب قوام (k) مربوط به مدل قانون توان از  $0.224 Pa s^n$  به  $0.274 Pa s^n$  افزایش یافت. مقدار عددی شاخص رفتار جریان محلول صمغ دانه بالنگو در حضور فروکتوز در محدوده ۰/۳۹ تا ۰/۴۰ به دست آمد. با افزودن فروکتوز به محلول، شاخص رفتار جریان کاهش یافت که نشان‌دهنده افزایش خصوصیات سودوپلاستیکی محلول و وابستگی بیشتر ویسکوزیته محلول به تغییر سرعت برشی است.

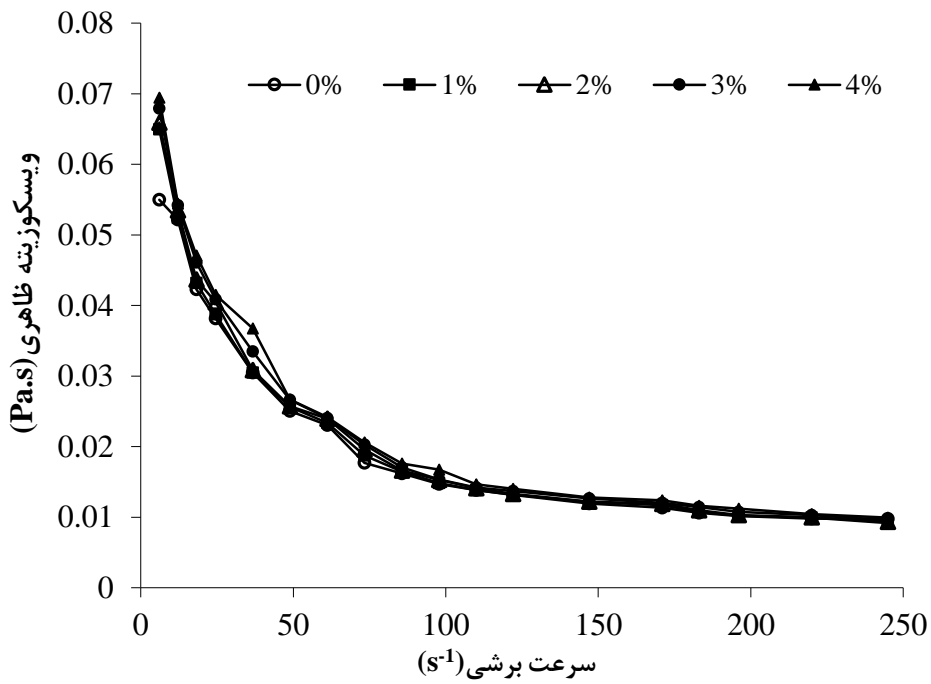
ساکاروز و گلوکز ویسکوزیته ظاهری افزایش یافته است. آن‌ها این رفتار را به بعضی از فعل‌وانفعالات بین پلیمر و قندها نسبت داده‌اند. افزایش ویسکوزیته ظاهری با افزایش غلظت ساکاروز توسط محققان برای صمغ‌های کاراگینان، نشاسته گندم و کربوکسی متیل سلولز گزارش شده است (ازمیر و صادیکوگلو، ۱۹۹۸؛ ال-ملاح و همکاران، ۲۰۰۰؛ کانسلا و همکاران، ۲۰۰۵). افزایش غلظت ساکاروز باعث افزایش ضریب قوام، تنش تسلیم و ویسکوزیته ظاهری و همچنین کاهش شاخص رفتار جریان صمغ دانه شاهی می‌شود (بهرزیان و همکاران، ۲۰۱۳).

در جدول ۱ پارامترهای برازش شده مدل قانون توان برای محلول صمغ دانه بالنگو در حضور قندهای ساکاروز و فروکتوز نمایش داده شده است. ضریب قوام (k) مربوط به این صمغ با استفاده از این مدل در محدوده  $0.224 - 0.375 Pa s^n$  به دست آمد. همان‌طور که در شکل ۱ ملاحظه می‌شود، صمغ دانه بالنگو 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 است. مقدار عددی شاخص رفتار جریان در این پژوهش از ۰/۳۶ تا ۰/۴۲ متغیر بود. با افزودن ساکاروز به محلول، شاخص رفتار جریان کاهش می‌یابد که نشان‌دهنده افزایش خصوصیات سودوپلاستیکی محلول است. مارکوت و همکاران (۲۰۰۱) و سونگ و همکاران (۲۰۰۶) مقدار شاخص رفتار جریان برای صمغ گزانتان را به ترتیب برابر ۰/۲۴ و ۰/۲۳ گزارش کردند. مقدار ضریب همبستگی<sup>۱</sup> به دست آمده از برازش داده‌های تجربی ویسکوزیته محلول‌های حاوی ساکاروز با مدل قانون توان نشان از مناسب بودن این مدل می‌باشد ( $0.983 >$ ).

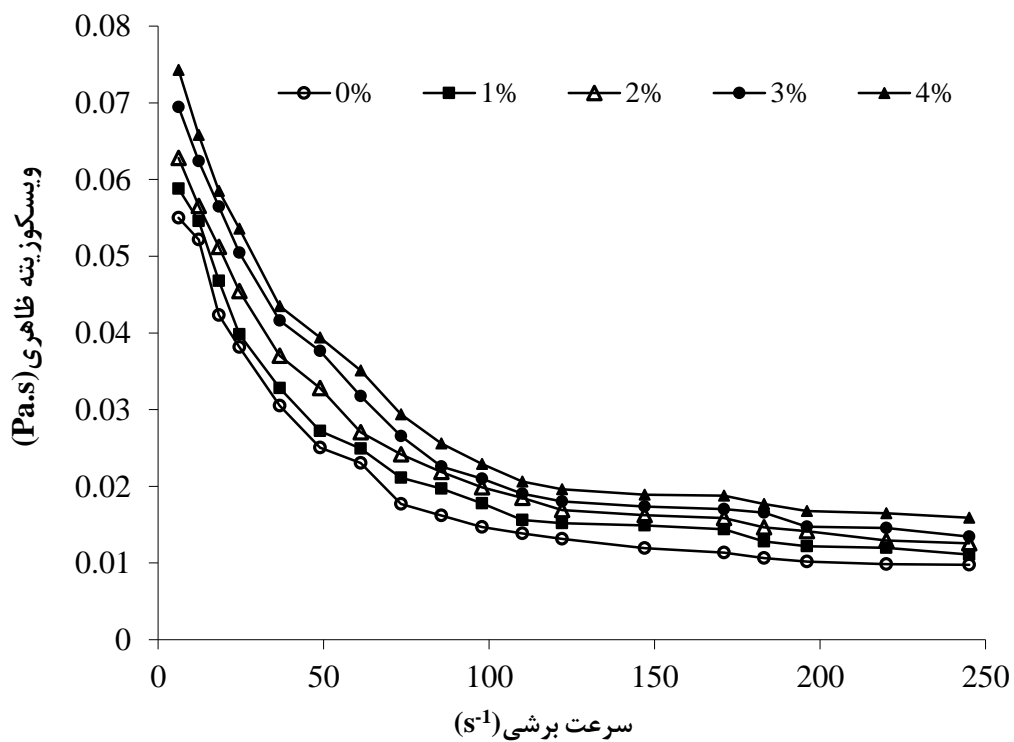
#### اثر فروکتوز بر ویسکوزیته ظاهری

اثر قند فروکتوز در غلظت‌های ۰، ۱، ۲، ۳ و ۴ درصد بر خصوصیات محلول ۱ درصد صمغ دانه بالنگو در شکل

<sup>۱</sup>- Correlation coefficient (r)



شکل ۲- اثر غلظت‌های مختلف فروکتوز بر ویسکوزیته ظاهری محلول صمغ دانه بالنکو



شکل ۳- اثر غلظت‌های مختلف گلوکز بر ویسکوزیته ظاهری محلول صمغ دانه بالنکو

## اثر گلوکز بر ویسکوزیته ظاهری

در شکل ۳ اثر قند گلوکز بر ویسکوزیته ظاهری صمغ دانه بالنگو به نمایش درآمده است. با افزایش سرعت برشی از ۶/۱۲ به ۲۴۵ بر ثانیه، به دلیل رفتار سودوپلاستیک صمغ دانه بالنگو، ویسکوزیته ظاهری محلول حاوی ۴ درصد گلوکز از ۷۴/۳ mPa.s به ۱۵/۹ mPa.s کاهش یافت. با افزودن قند گلوکز به محلول هیدروکلوئیدی، ویسکوزیته ظاهری آن افزایش یافت و در تمامی سرعت‌های برشی استفاده‌شده، ویسکوزیته محلول‌های حاوی گلوکز بیشتر از نمونه شاهد بود. ویسکوزیته ظاهری نمونه شاهد در سرعت برشی برابر  $61/2 \text{ S}^{-1}$  برابر ۲۳/۱ mPa.s و ویسکوزیته ظاهری نمونه حاوی ۴ درصد گلوکز برابر ۳۵/۱ mPa.s اندازه‌گیری شد. کار و ارسال (۱۹۹۹) گزارش کردند که گلوکز و مالتوز باعث افزایش ویسکوزیته محلول‌های پکتین پست پرتقال می‌شوند. افزایش ویسکوزیته توسط

گلوکز و مالتوز را به دلیل کاهش ثابت دی‌الکتریک حلال، عمل آبیگری توسط قند و تشکیل باندهای هیدروژنی نسبت داده‌اند.

در جدول ۲ پارامترهای برازش شده مدل قانون توان برای محلول صمغ دانه بالنگو حاوی درصد‌های مختلف از قند گلوکز به نمایش درآمده است. ضریب قوام ( $k$ ) مربوط به این صمغ با استفاده از این مدل برابر  $\text{Pa s}^n$  ۰/۲۵۷ برای نمونه حاوی ۴ درصد گلوکز به دست آمد. مقدار شاخص رفتار جریان با افزایش غلظت گلوکز افزایش می‌یافت و مقدار آن برای نمونه حاوی ۴ درصد گلوکز برابر ۰/۴۹ به دست آمد. مقدار ضریب همبستگی بالای به دست آمده از برازش مدل قانون توان با داده‌های تجربی، نشان از مناسب بودن این مدل می‌باشد و با استفاده از داده‌های گزارش شده در جدول ۲ می‌توان جهت پیشگویی رفتار صمغ دانه بالنگو در حضور قند گلوکز استفاده نمود.

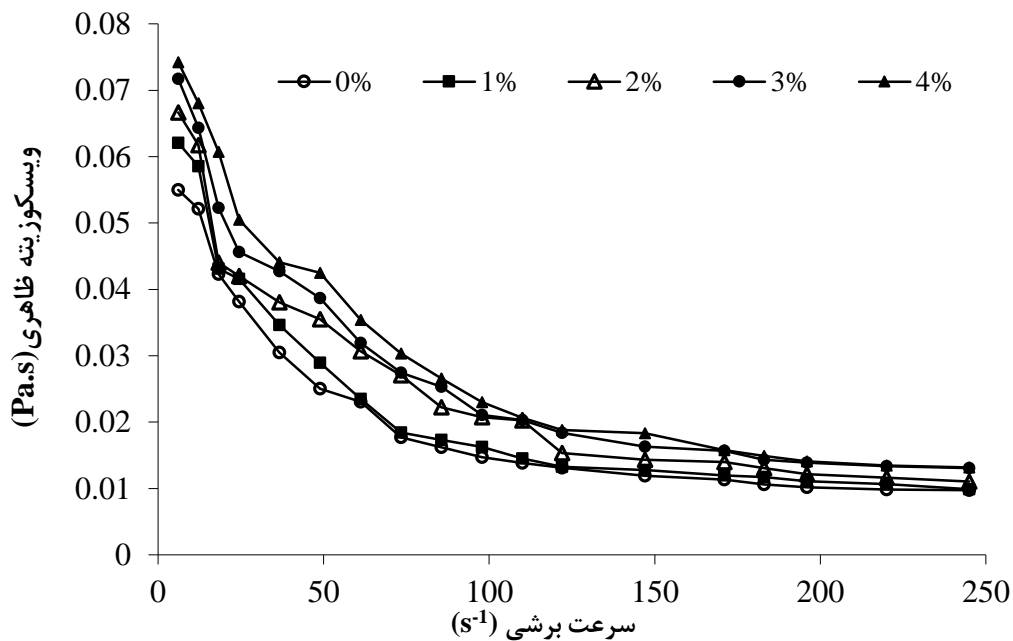
جدول ۲- پارامترهای برازش شده مدل قانون توان برای محلول صمغ دانه بالنگو در حضور گلوکز و لاکتوز

| لاکتوز |      |                       | گلوکز |      |                       | غلظت (%) |
|--------|------|-----------------------|-------|------|-----------------------|----------|
| r      | n    | k(Pa s <sup>n</sup> ) | r     | n    | k(Pa s <sup>n</sup> ) |          |
| ۰/۹۸۸  | ۰/۴۲ | ۰/۲۲۴                 | ۰/۹۸۸ | ۰/۴۲ | ۰/۲۲۴                 | ۰        |
| ۰/۹۸۴  | ۰/۴۱ | ۰/۲۵۵                 | ۰/۹۹۳ | ۰/۴۶ | ۰/۲۱۲                 | ۱        |
| ۰/۹۸۶  | ۰/۳۸ | ۰/۳۴۵                 | ۰/۹۹۴ | ۰/۴۶ | ۰/۲۴۰                 | ۲        |
| ۰/۹۸۳  | ۰/۴۱ | ۰/۳۳۰                 | ۰/۹۸۶ | ۰/۴۵ | ۰/۲۷۶                 | ۳        |
| ۰/۹۹۳  | ۰/۳۷ | ۰/۴۰۳                 | ۰/۹۸۷ | ۰/۴۹ | ۰/۲۵۷                 | ۴        |

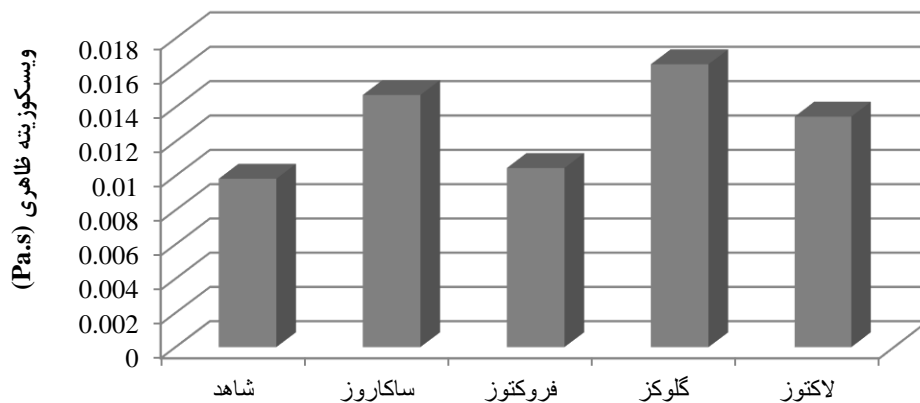
## اثر لاکتوز بر ویسکوزیته ظاهری

لاکتوز قند شیر می‌باشد و بر صمغ‌هایی که جهت پایدارسازی و افزایش ویسکوزیته در محصولات لبنی استفاده می‌شود تأثیرگذار است. اثر قند لاکتوز بر ویسکوزیته ظاهری صمغ دانه بالنگو در شکل ۴ به نمایش درآمده است. در تمامی نمونه‌ها با افزایش سرعت برشی، ویسکوزیته ظاهری کاهش یافته و بیشترین ویسکوزیته مربوط به محلول حاوی ۴ درصد

گلوکز می‌باشد. با افزایش غلظت لاکتوز از ۱ به ۴ درصد، ویسکوزیته ظاهری محلول صمغ از ۶/۷ mPa.s به ۹/۴ mPa.s افزایش می‌یابد (سرعت برشی برابر  $245 \text{ S}^{-1}$ ). مازورکیویسز و همکاران (۲۰۰۶) بیان نمودند با افزودن لاکتوز به ویسکوزیته محلول دکستران افزایش می‌یابد. با افزایش غلظت افزودنی‌هایی با وزن مولکولی پایین، فعالیت آبی تغییر کرده که به طور مستقیم در برهمکنش‌ها تأثیر می‌گذارد.



شکل ۴- اثر غلظت‌های مختلف لاکتوز بر ویسکوزیته ظاهری محلول صمغ دانه بالنگو



شکل ۵- ویسکوزیته ظاهری محلول صمغ دانه بالنگو در حضور غلظت ۴ درصد از قندها (سرعت برشی برابر ۲۲۰ s<sup>-1</sup>)

لاکتوز در سرعت‌برشی برابر  $220\text{ s}^{-1}$  در شکل ۵ به نمایش درآمده است. در این نمودار تأثیر نوع قند بر خصوصیات رئولوژیکی صمغ به نمایش درآمده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود در این سرعت برشی، برهمکنش بین پلیمر و قند گلوکز حداکثر بوده و محلول صمغ بیشترین ویسکوزیته ظاهری را از خود نشان می‌دهد و این قند بیشترین اثر سینرژیستی را بر صمغ دانه بالنگو دارد. چنلو و همکاران (۲۰۱۱) نیز رفتار مشابهی را گزارش نموده‌اند.

در جدول ۲ همچنین پارامترهای برازش شده مدل قانون توان برای محلول صمغ دانه بالنگو در حضور لاکتوز به نمایش درآمده است. ضریب قوام ( $k$ ) صمغ دانه بالنگو در حضور لاکتوز با استفاده از این مدل در محدوده  $0.403 - 0.255$  به دست آمد و با افزایش غلظت لاکتوز، ضریب قوام نیز افزایش می‌یافت. با افزودن لاکتوز به محلول، شاخص رفتار جریان از  $0.42$  به  $0.37$  کاهش یافت که باعث افزایش خصوصیات سودوپلاستیکی محلول می‌شود.

ویسکوزیته ظاهری محلول صمغ دانه بالنگو در حضور غلظت ۴ درصد از قندهای ساکاروز، فروکتوز، گلوکز و



رفتار سودوپلاستیک نشان می‌دهد و با افزایش سرعت برشی، ویسکوزیته ظاهری کاهش یافت. با افزایش غلظت قندها، ویسکوزیته محلول‌های صمغ بالنگو به دلیل تأثیر سینرژیستی قندها افزایش می‌یافت و مقدار تغییر ویسکوزیته به نوع قند مصرفی بستگی دارد. در بین قندهای بررسی شده، گلوکز بیشترین اثر سینرژیستی را با صمغ داشت و باعث افزایش ویسکوزیته ظاهری محلول شد. مدل قانون توان به خوبی قادر به پیشگویی رفتار رئولوژیکی صمغ دانه بالنگو در حضور قندها می‌باشد و برازش داده‌ها با این مدل نشان داد که نوع و مقدار قند باعث تغییر ضریب قوام ( $k$ ) و شاخص رفتار جریان ( $n$ ) می‌شوند. افزایش ساکاروز، فروکتوز و لاکتوز باعث کاهش شاخص رفتار جریان می‌شود. با افزودن گلوکز به محلول، شاخص رفتار جریان افزایش یافت که نشان‌دهنده کاهش خصوصیات سودوپلاستیکی محلول و وابستگی کمتر ویسکوزیته محلول به تغییر سرعت برشی است.

چن و جوزلین (۱۹۶۷) و چنلو و همکاران (۲۰۱۰) بیان کردند که افزودن گلوکز باعث افزایش ویسکوزیته ظاهری محلول‌های پکتین و صمغ گوار می‌شود. مطالعه ازدمیر و صادیکوگلو (۱۹۹۸) نشان داده که جایگزینی قند با پلیمرهایی با وزن مولکولی بالا منجر به افزایش ویسکوزیته ظاهری محلول کاراگینان می‌شود. با توجه به اینکه وزن مولکولی لاکتوز و ساکاروز مشابه است، اثر مشابهی را از این دو قند مشاهده می‌کنیم.

### نتیجه‌گیری

دانه بالنگو حاوی مقادیر زیادی هیدروکلوئید با خواص رئولوژیکی قابل توجهی باشد که جهت استفاده از آن در فرمولاسیون مواد غذایی، ابتدا می‌بایست اثر سایر افزودنی‌ها را بر آن مورد بررسی قرار داد. لذا در این پژوهش اثر قندهای ساکاروز، فروکتوز، گلوکز و لاکتوز در غلظت‌های ۰٫۱، ۰٫۲، ۰٫۳ و ۰٫۴ درصد بر خصوصیات رئولوژیکی محلول ۱ درصد صمغ دانه بالنگو بررسی شد. صمغ دانه بالنگو در حضور قندهای مختلف از خود

### منابع مورد استفاده

- Al-Malah KI, Azzam MOJ and Abu-Jdayil B, 2000. Effect of glucose concentration on the rheological properties of wheat–starch dispersions. *Food Hydrocolloids* 14: 491–496.
- Amin AM, Ahmad AS, Yin Yin Y, Yahya N and Ibrahim N, 2007. Extraction, purification and characterization of durian (*Duriozibethinus*) seed gum. *Food Hydrocolloids* 21: 273–279.
- AmiriAghdaei SS, Aalami M, Khomeiri M, and Rezaei R, 2010. Effect of Basil seed mucilage (*Ocimumbasilicum L.*) on the physicochemical and sensory characteristics of low fat yogurt. *Electronic Journal of Food Processing and Preservation (EJFPP)* 2(4): 1-17.
- Behrouzian F, Razavi SMA and Karazhiyan H, 2013. The effect of pH, salts and sugars on the rheological properties of cress seed (*Lepidium sativum*) gum. 48(12): 2506–2513.
- Cancela MA, A'lvarez E and Maceiras R, 2005. Effects of temperature and concentration on Carboxymethylcellulose with sucrose rheology. *Journal of Food Engineering* 71(4): 419–424.
- Chen T and Joslyn MA, 1967. The effect of sugars on viscosity of pectin solutions. *Journal of Colloid and Interface Science* 23: 399–406.
- Chenlo F, Moreira R and Silva C, 2010. Effect of glucose content and temperature on steady-shear flow curves of aqueous guar gum solutions. *International Conference on Food Innovation: Valencia, Spain*.
- Chenlo F, Moreira R and Silva C, 2011. Steady-shear flow of semi dilute guar gum solutions with sucrose, glucose and sodium chloride at different temperatures. *Journal of Food Engineering* 107: 234–240.
- Kar F and 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.

- Marcotte M, TaherianHoshahili AR and Ramaswamy HS, 2001. Rheological properties of selected hydrocolloids as a function of concentration and temperature. *Food Research International* 34: 695–703.
- Mazurkiewicz J, Rebilas K andTomasik P, 2006. Dextran lowmolecularsaccharide sweetener interactions in aqueous solutions.*Food Hydrocolloids* 20: 21–23.
- Mirhosseini H and Amid BT, 2012. A review study on chemical composition and molecular structure of newly plant gum exudates and seed gums, *Food Research International* 46: 387–398.
- Mohammad Amini A and Razavi SMA, 2012. Dilute solution properties of Balangu (*Lallemantiaroyleana*) seed gum: Effect of temperature, salt, and sugar, *International Journal of Biological Macromolecules* 51: 235– 243.
- Nep EI and Conway BR, 2011. Physicochemical characterization of grewia polysaccharide gum: Effect of drying method. *Carbohydrate Polymers* 84: 446–453.
- Nishinari K, Yamatoya K, Shirakawa M, 2000. Xyloglucan. Phillips, G. O. & Williams, P. A. (Eds.). *Handbook of Hydrocolloids*, CRC Press, Boca Raton, New York, 247–267.
- Ozdemir M andSadikoglu H, 1998. Characterization of rheological properties of systems containing sugar substitutes and carrageenan. *International Journal of Food Science and Technology* 33: 439–444.
- Rao M A and Kenny JF, 1975. Flow properties of selected food gums. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal* 8 (3): 142–148.
- Salehi F and Kashaninejad M, 2014. Effect of different drying methods on rheological and textural properties of Balangu seed gum. *Drying Technology* 32(6): 720-727.
- Song KW, Kim YS and Chang GS, 2006. Rheology of concentrated xanthan gum solutions: steady shear flow behavior. *Fibers and Polymers* 7(2): 129-138.
- Yanes M, Duran L and Costell E, 2002. Effect of hydrocolloid typeand concentration on flow behavior and sensory properties of milk beverages model systems. *Food Hydrocolloids* 16: 605–611.

## Effect of different sugars on rheological properties of Balangu seed gum

F Salehi<sup>1\*</sup>, M Kashaninejad<sup>2</sup>, F Arabameri<sup>3</sup> and A Tadayyon<sup>3</sup>

Received: September 05, 2013

Accepted: December 29, 2014

<sup>1</sup>Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Toyserkan Faculty of Industrial Engineering and Natural Resources, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

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

<sup>3</sup>BSc Student, Faculty of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

\*Corresponding author, Email: FS1446@Yahoo.Com

### Abstract

Hydrocolloids are defined as high weight macromolecules which could dissolve in water and give solutions with high viscosity or gels. In this study, the effect of sucrose, fructose, glucose and lactose at concentrations of 0, 1, 2, 3 and 4% w/w on the rheological properties of Balangu seed gum solution (1%) were investigated. Rheological properties of solutions were measured by a Brookfield rotational viscometer. Results showed that at all solutions, with increasing shear rate, the apparent viscosity decreased, indicating the pseudoplastic behavior of Balangu seed gum. Synergistic interactions between gum and sugars improved the viscosity of solutions and the amount of viscosity change depends on type of sugar. Apparent viscosity clearly increased from 23.1 to 35.1 mPa.s with increasing glucose concentration from 0 to 4 % (shear rate=61.2 s<sup>-1</sup>). Power law model well described non-Newtonian behavior of Balangu seed gum in the presence of sugars. Fitting with power law model showed that the consistency coefficient (k) and flow behavior index (n) were influenced by the type and sugars content. Addition of sucrose, fructose and lactose led to decreases in flow behavior index and increases in pseudoplastic properties of solutions. Interaction between Balangu seed gum and glucose was maximum and this solution showed the highest apparent viscosity.

**Keywords:** Fructose, Glucose, Hydrocolloid, Lactose, Sucrose