

## مقاله کوتاه پژوهشی

### خصوصیات رئولوژیکی عصاره شیرین بیان

حجت کاراژیان\*<sup>۱</sup>، احسان حسینی بای<sup>۲</sup>، حبیب اله میرزائی<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت ۱۳۹۳/۰۴/۳۰

تاریخ پذیرش ۱۳۹۳/۰۸/۲۲

## چکیده

شیرین بیان یکی از مهمترین گیاهان دارویی و صنعتی است که در بسیاری از صنایع کاربرد دارد. ریشه شیرین بیان ترکیبات متنوعی دارد. عصاره آبی ریشه شیرین بیان بدلیل خواص فیزیکی عملکردی کاربردهای متنوعی در دارو سازی و صنایع غذایی پیدا کرده است. رفتار رئولوژیکی عصاره شیرین بیان و مطالعه اثر درجه حرارت و مواد جامد محلول بر ویسکوزیته عصاره در محدوده دمایی ۷۰-۱۰ درجه سانتی‌گراد و غلظت ۵۰-۵ درصد با استفاده از دستگاه ویسکومتر بروکفیلد بررسی شد. نتایج، رابطه خطی تنش برشی-سرعت برشی را در غلظت‌های مختلف و دماهای مورد مطالعه نشان داد که بیانگر نیوتنی بودن سیال بود. همچنین کاهش ویسکوزیته در اثر افزایش دما در نمونه‌ها مشاهده شد و همچنین افزایش درصد غلظت نمونه‌ها موجب افزایش ویسکوزیته شد.

واژه‌های کلیدی: عصاره شیرین بیان، خواص رئولوژیکی، سیال نیوتنی، غلظت، دما

## مقدمه

نام علمی شیرین بیان گلیسرینا<sup>۴</sup> است که متشکل از دو کلمه یونانی Glykos به معنی شیرین و Rhiza به معنی ریشه بوده و معنی کلی آن ریشه شیرین است (ایزبرو کوروبورداک، ۲۰۰۶). این گیاه متعلق به تیره اصلی بقولات<sup>۵</sup> و تیره فرعی پروانه‌واران<sup>۶</sup> و از راسته گل سرخیان<sup>۷</sup> است (لسانخوشنیک، ۱۳۴۱ و طلوعی‌زاده، ۱۳۲۰). شیرین بیان<sup>۸</sup> یکی از مهمترین گیاهان دارویی از لحاظ اقتصادی است که به صورت گسترده مورد پژوهش قرار گرفته است (فنیوکوهکاران، ۱۹۹۰). این گیاه بوته‌ای به ارتفاع ۶۰-۳۰ سانتی‌متر است که گل‌های آبی یا بنفش رنگی دارد. ریشه‌های آن ۲۰-۱۵

سانتی‌متر هستند و شکل میله‌ای استوانه‌ای با قطر ۲/۵-۰/۵ سانتی‌متر دارند (جایمند و رضایی ۱۳۸۱؛ کمالی سروسستانی، ۱۳۷۰؛ زرگری، ۱۳۶۰ و فنویک و همکاران، ۱۹۹۰).

خاستگاه شیرین بیان از جنوب اروپا تا آسیای مرکزی میان دو عرض جغرافیایی ۳۰ و ۴۵ درجه نیم کره شمالی واقع است و کشورهای اسپانیا، ایتالیا، فرانسه، یونان، ترکیه، روسیه، سوریه، عراق، ایران، افغانستان، چین و انگلستان را در برمی‌گیرد (کمالی سروسستانی، ۱۳۷۰). از لحاظ تجاری عمده شیرین بیان دنیا توسط کشورهای اسپانیا، عراق، ایران، ترکیه، روسیه و چین تولید می‌شود (ایزبروکر و بورداک، ۲۰۰۶).

ریشه شیرین بیان ترکیبات متنوعی دارد. برجسته‌ترین ترکیب که یک گلیکوزید تری‌ترینوئیدی محلول در آب است، گلیسرین<sup>۹</sup> است و این ترکیب مسئول عامل مزه شیرین، شیرین بیان است که ۵۰ برابر شیرین تر از ساکارز است. ریشه حاوی قندهای مختلف، فلاونوئیدها، استرول‌ها، نشاسته، اسیدهای آمینه، صمغ‌ها و روغن‌های اساسی است (باران و فنرسیوگلو، ۱۹۹۱). عصاره آبی ریشه شیرین بیان بدلیل خواص فیزیکی عملکردی اش کاربرد های متنوعی در داروسازی و

۱- گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تربت حیدریه، تربت حیدریه، ایران

۲ و ۳- گروه مهندسی شیمی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شاهرود، شاهرود، ایران  
\* - نویسنده مسئول: (Email: hojjat\_karazhiyan@yahoo.com)

4 Glycyrrhiza  
5 Leguminosae  
6 Fabaceae  
7 Rosales  
8 Licorice

9 Glycyrrhizine

صنایع غذایی پیدا کرده است (فنویک و همکاران، ۱۹۹۰). پیشنهاد شده است که عصاره در درمان طحال، گلودود، برونشیت، کبد، کلیه و زخم معده مؤثر است. ژاپنی‌ها از شیرین‌بیان در درمان هپاتیت استفاده می‌کرده‌اند (دیویس و موریس، ۱۹۹۱، بیکر، ۱۹۹۴؛ تاکاهازا و واتانابه، ۱۹۹۴ و ارس و ایکدا، ۱۹۹۷).

در صنایع غذایی طعم مشخص آن، آن را به یک عامل شیرین کننده/ طعم دهنده تبدیل کرده است (کمالی سروستانی، ۱۳۷۰). همچنین بعنوان یک امولسیفایر جهت ایجاد کف در آب‌جوها و نوشیدنی‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد (کوک، ۱۹۷۳).

تیان و همکاران (۲۰۰۸)، موخپادای و پنجا (۲۰۰۸) و پان و همکاران (۲۰۰۰) فرایندهایی را برای استخراج شیرین‌کننده طبیعی از ریشه شیرین‌بیان ارائه کردند. وایا (۱۹۹۷) و سمنانی و همکاران (۱۳۸۲) فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره شیرین‌بیان و ایزبر و کروبورداک (۲۰۰۶)، جو و همکاران (۲۰۰۵) و وانگ و همکاران (۲۰۱۳) خواص دارویی شیرین‌بیان را مورد بررسی قرار دادند.

داده‌های رئولوژیکی در عرصه‌های مختلف صنعت مواد غذایی استفاده می‌شود که از آن جمله می‌توان به محاسبات مهندسی فرآیند، تعیین عملکرد اجزا مواد غذایی در تولید محصول جدید، کنترل کیفیت محصول میانی یا نهایی، تعیین زمان ماندگاری مواد غذایی و ارزیابی بافت مواد غذایی بر اساس همبستگی با داده‌های حسی اشاره کرد (استف، ۱۹۹۶). خصوصیات مواد غذایی مایع و محلول‌ها را می‌توان از طریق رفتار ویسکوزیته آنها مشخص نمود. احساس دهانی و پذیرش ارگانولپتیکی مواد غذایی به ویسکوزیته آنها بستگی دارد (گلیکسمن، ۱۹۸۲).

با توجه به اهمیت گیاه شیرین‌بیان، بمنظور دستیابی به حداکثر بهره‌وری از این محصول و ضایعات حاصل از آن، پژوهش حاصل با اهداف تعیین رفتار رئولوژیکی عصاره شیرین‌بیان و مطالعه اثر درجه حرارت و مواد جامد محلول بر ویسکوزیته عصاره انجام گردید.

## مواد و روش‌ها

### مواد

ریشه گیاه شیرین‌بیان از یک عطاری خریداری شد و به روش دستی تمیز و بوجاری گردید. به جهت تسهیل در امر استخراج ابتدا ریشه‌ها خرد و با استفاده از آسیاب برقی آزمایشگاهی (مدل A10، کمپانی IKA آلمان) به پودر تبدیل شد.

طبق روش ابیازز و همکاران (۱۹۹۶) و ویتالی و راتو (۱۹۸۴)، استخراج در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد با نسبت آب به وزن ریشه ۱:۴ انجام گرفت. مخلوط بطور کامل به مدت ۱۰۰ دقیقه با استفاده از یک شیکر (RO300، کمپانی GERHARDT آلمان) همزده و سپس به مدت ۱۰ دقیقه با ۵۰۰۰ rpm (سانترفوژ (سانترفوژ یخچال‌دار، کمپانی

HERMLE آلمان) شد و پس از فیلتراسیون عصاره بدست آمد. عصاره‌های بدست آمده با استفاده از یک اواپراتور تحت خلاء آزمایشگاهی (RE300، ساخت کشور انگلستان) تا بریکس ۵۰ تغلیظ گردیدند.

### روش‌ها

#### اندازه‌گیری پارامترهای رئولوژیکی

ویسکوزیته نمونه‌های تولیدی با استفاده از ویسکومتر چرخشی بروکفیلد DV-IIIULTRA مدل RV اندازه‌گیری شد. اسپیندل‌های مناسب در حین اندازه‌گیری ویسکوزیته و با توجه به ویسکوزیته نمونه، مورد استفاده قرار گرفت. کلیه آزمون‌ها در شرایط یکسان انجام شد بطوری که منحنی جریان نمونه‌ها در دامنه برشی ۰ تا  $100 S^{-1}$  اندازه‌گیری شد. دماهای استفاده شده در آزمون ویسکومتری ۱۰، ۳۰، ۵۰ و ۷۰ درجه سانتی‌گراد بود و غلظت‌های تهیه شده جهت آزمون، بریکس‌های ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درجه بودند. لازم به ذکر است که دستگاه ویسکومتر مجهز به نرم افزار کامپیوتری بوده و شرایط کاری دستگاه کاملاً قابل کنترل می‌باشد.

برای بررسی رفتار رئولوژیکی نمونه‌ها از چهار مدل تحت عناوین مدل نیوتنی (رابطه ۱)، مدل قانون توان (رابطه ۲)، مدل هرشل-بالکلی (رابطه ۳) و مدل کاسون (رابطه ۴)، استفاده گردید:

$$\dot{\gamma}\tau = \eta \quad (1)$$

که در آن  $\tau$  بیانگر تنش برشی ( $Pa$ ) و  $\dot{\gamma}$  سرعت برشی ( $S^{-1}$ ) می‌باشد.

$$\tau = k_p (\dot{\gamma})^{n_p} \quad (2)$$

که در آن  $\tau$  بیانگر تنش برشی ( $Pa$ )،  $\dot{\gamma}$  سرعت برشی ( $S^{-1}$ )،  $k_p$  شاخص قوام ( $Pa \cdot s^n$ ) و  $n_p$  شاخص رفتار جریان (بدون بعد) می‌باشد.

$$\tau = \tau_{0H} + k_H (\dot{\gamma})^{n_H} \quad (3)$$

که در آن  $\tau$  بیانگر تنش برشی ( $Pa$ )، سرعت برشی ( $S^{-1}$ )،  $k_H$  شاخص قوام مدل هرشل بالکلی ( $Pa \cdot s^n$ )،  $\tau_{0H}$  تنش تسلیم مدل هرشل بالکلی ( $Pa$ ) و  $n_H$  شاخص رفتار جریان مدل هرشل بالکلی (بدون بعد) می‌باشد

$$\tau^{0.5} = \tau_{0C}^{0.5} + k_C (\dot{\gamma})^{0.5} \quad (4)$$

که در آن  $\tau_{0C}$  و  $k_C$  به ترتیب عرض از مبدا و شیب خط منحنی می‌باشد.

#### وابستگی به دما

وابستگی دمایی ویسکوزیته برای هر غلظت با استفاده از مدل آرنیوس مورد ارزیابی قرار گرفت.

$$\eta = A \exp\left(\frac{Ea}{RT}\right) \quad (5)$$

نیوتنی بخوبی بیانگر رفتار جریان نمونه‌ها می‌باشد. همچنین در نمونه‌های با بریکس ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ سیال رفتاری نیوتنی با ویسکوزیته پائین از خود نشان داد و می‌توانیم عصاره حاصل از ریشه شیرین بیان را در این محدوده غلظتی جزء سیالات متحرک یا روان تعریف کنیم. با افزایش غلظت عصاره همچنان که انتظار می‌رفت شیب منحنی افزایش می‌یابد که نشان‌دهنده افزایش ویسکوزیته سیال است.

نمودارهای ویسکوزیته-سرعت برشی نشان داد که ویسکوزیته عصاره ریشه‌ی شیرین‌بیان در غلظت‌های مورد بررسی و در دماهای متفاوت به سرعت برشی وابسته نیست و با افزایش سرعت برشی، در محدوده اندازه‌گیری، ثابت باقی می‌ماند (شکل ۲).

رفتار رئولوژیکی عصاره قهوه با درصد رطوبت ۹۰-۴۹ درصد در محدوده دمایی ۹۰-۱۰ درجه مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که رفتار نیوتنی در درصد‌های بالای رطوبت و دما مشاهده می‌شود (تلیس رومرو و فریراکابرا، ۲۰۰۱). رفتار رئولوژیکی عصاره زغال اخته و تمشک تا غلظت ۶۵ درصد مواد جامد محلول در محدوده دمایی ۶۰-۲۰ درجه سانتی‌گراد بیانگر رفتار نیوتنی هر دو عصاره بود (نیندو و همکاران، ۲۰۰۵). عصاره نیشکر توسط آستولفی فیلهو و همکاران (۲۰۱۰) بررسی شد و نتایج آنها بیانگر رفتار نیوتنی عصاره بود. گینگر و همکاران (۱۹۹۶) رفتار رئولوژیکی عصاره گیلاس را در محدوده غلظتی ۷۴-۲۲ درصد و دمای ۷۰-۵ درجه بررسی کردند و نتایج آنها موید رفتار نیوتنی سیال بود.

که  $A$ ، فاکتور فراوانی یا ضریب ویسکوزیته در یک دمای مرجع است  $E_a$  (Pa.s)، انرژی فعال‌سازی  $(kJ/mol)$ ،  $R$  ثابت گازها دمای مطلق  $(K)$  می‌باشد. انرژی فعال‌سازی از شیب منحنی  $\ln \eta$  در برابر  $1/T$  قابل تعیین می‌باشد.

### وابستگی به غلظت

اثر غلظت بر ویسکوزیته توسط مدل‌های توان (رابطه ۶) و نمایی (رابطه ۷) مورد بررسی قرار گرفت (رائو، ۱۹۹۹):

$$\eta = aC^b \quad (۶)$$

$$\eta = a \exp(bC) \quad (۷)$$

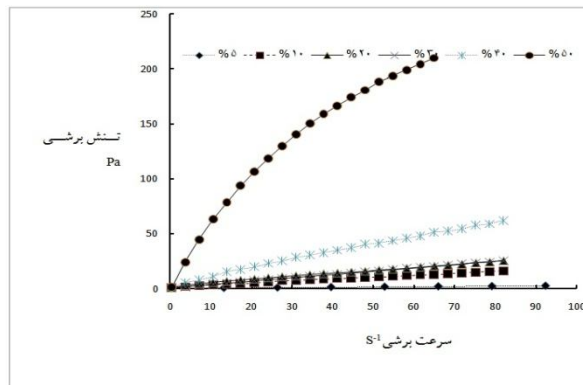
که  $a$ ،  $b$  ثوابتی هستند که برای هر مدل تعیین می‌شوند و  $C$  غلظت نمونه می‌باشد.

### نتایج و بحث

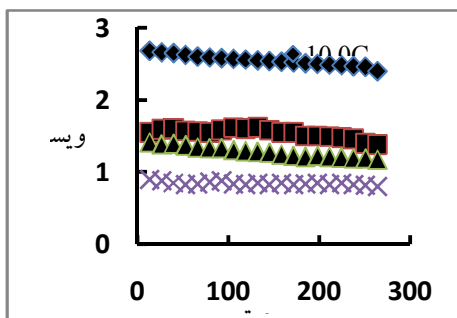
#### تعیین رفتار جریان (اثر سرعت برشی)

منحنی‌های تنش برشی در برابر سرعت برشی و همچنین ویسکوزیته در برابر سرعت برشی برای هر غلظت در دمای مورد نظر نشان داد که تنش برشی بصورت مستقیم با سرعت برشی متناسب است یعنی تنش برشی تابع خطی سرعت برشی است. شیب منحنی یا ویسکوزیته ثابت بوده و نمودار از مبدأ آغاز می‌شود، بنابراین عصاره شیرین‌بیان مانند یک سیال نیوتنی عمل کرده و رفتار جریان آن نیوتنی می‌باشد (شکل ۱).

برازش مدل‌ها نشان داد که از بین مدل‌های موجود تنها مدل



شکل ۱- رئوگرام عصاره شیرین بیان در غلظت‌های مختلف (دما ۱۰ درجه سانتی‌گراد)



شکل ۲- منحنی نمونه ویسکوزیته در برابر سرعت برشی در دماهای مورد مطالعه (غلظت ۵٪)

ویسکوزیته بیشتر است. مقدار  $E_a$  بالا نشان می‌دهد که تغییرات در ویسکوزیته وابستگی قوی‌تری با دما دارد.

در عصاره با بریکس ۵۰ بیشترین مقادیر انرژی فعال‌سازی مشاهده می‌شود. در حقیقت تغییرات دما در سرعت برشی ثابت بیشترین تاثیر را در بریکس ۵۰ از خود نشان داده است و همانطور که مشاهده می‌شود با افزایش غلظت عصاره ریشه شیرین بیان انرژی اکتیواسیون افزایش و فاکتور فراوانی (ضریب ویسکوزیته) کاهش یافته است.

این نکته بیانگر این واقعیت است که با افزایش دما ساختار درون سیال دچار تغییرات عمده‌ای می‌شود که به شدت وابسته به دماست. این درحالی است که نمونه با بریکس ۵ که کمترین مقادیر انرژی فعال‌سازی را داراست کمترین حساسیت را نسبت به تغییرات دما داشته است.

کاهش در ویسکوزیته با افزایش دما مشاهده می‌شود (شکل ۳) که این کاهش در نمونه با بریکس ۵۰ بیشتر از سایر نمونه‌ها دیده شد. این امر اغلب به دلیل کاهش میزان نیروهای داخلی و اصطکاک بین مولکولی در سیال می‌باشد. بطور کلی با بالا رفتن مواد جامد محلول دما اثر بیشتری بر روی ویسکوزیته نمونه‌ها داشت. این رفتار ممکن است به دلیل افزایش در تحرک و جنبش ماکرومولکول‌ها در سیال باشد که مقاومت کمتری به جریان را نشان می‌دهند. همچنین سست شدن اتصالات بین مولکول‌های موجود در محلول در دماهای بالا نیز می‌تواند دلیل دیگری برای توضیح این رفتار باشد.

حسن و هوبانی (۱۹۹۸) نیز گزارش کردند که ویسکوزیته محلول، تابعی از نیروهای درون مولکولی و اتصالات با آب است که حرکت مولکول‌ها را محدود می‌کند. بنابراین با افزایش دما انرژی حرارتی مولکول‌ها افزایش می‌یابد. فاصله بین مولکول‌ها به دلیل انبساط حرارتی بیشتر می‌شود. بر اساس نظر لاپاسین و پریکل (۱۹۹۹) اثر دما بر ویسکوزیته می‌تواند به دلیل افزایش عامل اتلاف انرژی مولکول‌ها یا کاهش برهم‌کنش‌های درون مولکولی باشد که می‌تواند انرژی مورد نیاز برای جریان یافتن محلول را کاهش داده و در نتیجه موجب کاهش تداخلات موجود در پهنه هیدرودینامیکی شود.

خصوصیات رئولوژیکی عصاره آناناس در محدوده ۱۴-۴ درصد مواد جامد محلول و دمای ۶۵-۵ درجه بررسی شد. نتایج نشان‌دهنده رفتار نیوتنی عصاره بود. مقادیر ویسکوزیته در محدوده ۲۵/۲ تا ۴۹/۲ (mpa.s) بدست آمد که بسیار وابسته به دما و درصد مواد جامد محلول بود (شمس‌الدین و همکاران، ۲۰۰۷). رفتار رئولوژیکی عصاره تصفیه شده انبه فاقد پالپ و پکتین در محدوده دمایی ۸۵-۱۵ درجه و غلظت ۶۵-۱۵ درصد رفتار نیوتنی نشان داد (سینگ و ایپسون، ۲۰۰۷). رفتار رئولوژیکی عصاره و آب انار در محدوده غلظت ۷۵-۱۵ درصد و دمای ۵۵-۱۰ درجه رفتار نیوتنی نشان داد (آلتان و مسکن، ۲۰۰۵). رفتار نیوتنی همچنین برای عصاره توت فرنگی (جوسزاک و فورتونا، ۲۰۰۳)، آب پرتقال صاف شده (ایبارز، گونزالز و اسپلوکاس، ۱۹۹۴) و عصاره آلوچه (ایبارز، گاردین و کوستا، ۱۹۹۶) گزارش شده است.

بررسی رفتارهای عصاره‌ها در تعیین ویسکوزیته آنها در طی فرآیند تغلیظ مهم می‌باشد. شناخت مناسب از ویژگی‌های رئولوژیکی چنین سیالاتی در طراحی و بهینه‌سازی عملیات واحد در حین فرآیند مهم و تعیین‌کننده است. در سیستم‌های جریان ترکیبی ویسکوزیته محصول جهت تعیین نرخ انتقال حرارت، میزان مصرف انرژی در اثر افزایش غلظت و برای کنترل دما و شدت جریان جهت اطمینان از جریان مداوم محصول ضروری است.

#### اثر دما

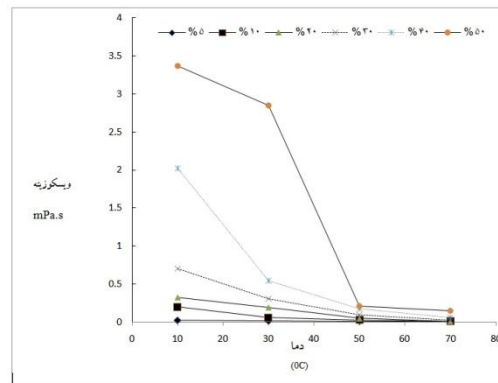
اثر دما بر خصوصیات رئولوژیکی عصاره ریشه شیرین بیان در محدوده دمایی ۱۰، ۳۰، ۵۰ و ۷۰ درجه سانتی‌گراد در غلظت‌های مورد نظر مورد مطالعه قرار گرفت. داده‌ها با استفاده از معادله آرنیوس (رابطه ۵) برازش شدند. فاکتورهای فراوانی، انرژی‌های فعال‌سازی و ضرایب تبیین در جدول ۱ آورده شده است. پذیرش خوبی ( $R^2$ ) همراه با رابطه خطی ملاحظه شد.

انرژی فعال‌سازی نشان‌دهنده مانع (سد) انرژی است که بایستی قبل اینکه پروسه جریان ابتدایی اتفاق بیفتد، بر آن غلبه کند (رائو، ۱۹۹۹). بطور کلی هرچه انرژی فعال‌سازی بیشتر باشد، اثر دما بر

پارامترهای مدل رگرسیون  $a$  و  $b$  مربوط به وابستگی ویسکوزیته به غلظت در جدول ۲ آورده شده است. ضریب تبیین ( $R^2$ ) بدست آمده بسیار نزدیک به ۱ است که بیانگر این مطلب است که هر دو مدل به شایستگی تغییرات مربوطه را توضیح می‌دهند.

نتایج مشابهی برای آب میوه‌های شفاف (ایبارز و همکاران، ۱۹۹۶؛ گینر و همکاران، ۱۹۹۶) بدست آمده است.

### اثر غلظت



شکل ۳- اثر دما روی ویسکوزیته عصاره ریشه شیرین بیان  
جدول ۱- پارامترهای معادله آرنیوس در غلظت‌های عصاره ریشه شیرین بیان

غلظت	$A$ (mPa.s)	$E_a$ (kJ/mol)	$R^2$
۵	$1/133 \times 10^{-4}$	۱۱۹۳۸/۰۷	۰/۹۸
۱۰	$1/513 \times 10^{-8}$	۳۸۴۸۶/۳۴	۰/۹۹
۲۰	$1/624 \times 10^{-9}$	۴۵۷۱۳/۷	۰/۹۴
۳۰	$2/335 \times 10^{-9}$	۴۶۴۵۹/۴۶	۰/۹۷
۴۰	$4/865 \times 10^{-9}$	۴۶۶۹۳/۹۲	۰/۹۹
۵۰	$5/872 \times 10^{-9}$	۴۸۲۸۲/۷۲	۰/۹۰

و درجه برش  $s^{-1}$  ۵۰، به ترتیب ۱/۳۳۲-۵/۶۱۲، ۱/۶۶۸-۰/۴۰۴، ۲/۷۳۳-۰/۰۴۷ و ۵/۵۴۶-۰/۰۰۷ گزارش کردند. کاراژیان و همکاران (۲۰۰۹) مقادیر  $a$  و  $b$  صمغ دانه‌ی شاهی را در دما و درجه‌ی برش مشابه و برای محدوده‌ی غلظتی ۳/۵-۲٪ به ترتیب ۰/۱۹ و ۱/۷۵ به دست آوردند. لین و هوآنگ (۱۹۹۳) ارتباط بین ویسکوزیته و غلظت برای صمغ کولوکاسیا اسکولنتا<sup>۱</sup> را نتیجه‌ی ساختار بسیار منشعب صمغ و نقاط اتصال چندگانه<sup>۲</sup> موجود بین مولکول‌های صمغ دانستند. فرهوش و همکاران (۲۰۰۷) این دو پارامتر را برای محدوده‌ی غلظتی ۵-۲٪ ثعلب پنجه‌ای به ترتیب معادل ۰/۲۱۴ و ۴/۱۰ بدست آوردند. همچنین کوچکی و همکاران (۲۰۱۱) در محدوده‌ی غلظتی ۲-۰/۵٪ این دو پارامتر را برای صمغ قدومه‌ی شهری به ترتیب ۵/۲۶ و ۲/۳۶ گزارش کردند.

### نتیجه‌گیری

مطالعات رئولوژیکی نشان داد که عصاره شیرین بیان در محدوده

با افزایش دما پارامتر " $a$ " در مدل نمایی کاهش و پارامتر " $b$ " در مدل توان کاهش یافته‌است. کاهش در پارامتر " $b$ " با افزایش دما بدان معنی است که وابستگی غلظت در درجه حرارت‌های بالاتر کمتر می‌شود.

کاهش پارامتر  $a$  و افزایش پارامتر  $b$  توسط داک و همکاران (۲۰۰۷) برای عصاره انبه گزارش شده است. مارکوت و همکاران (۲۰۰۱) هم کاهش در پارامتر  $a$  با افزایش دما را برای بعضی از هیدروکلوئیدهای غذایی (کاراگینان، پکتین، ژلاتین، نشاسته و گزانتان) برای مدل‌های توان و نمایی گزارش کرده‌اند.

رضوی و همکاران (۲۰۱۱) با بررسی وابستگی ویسکوزیته‌ی ظاهری (درجه برش  $s^{-1}$  ۵۰) به غلظت صمغ مرو در دمای  $20^\circ C$  و غلظت‌های ۲-۰/۵٪ مقدار  $a$  را ۰/۲۵۳ و  $b$  را ۱/۴۶۳ گزارش کردند. حسینی پرور و همکاران (۲۰۱۰) نیز در شرایط مشابه مرو این دو پارامتر را برای صمغ دانه‌ی ریحان به ترتیب ۰/۲۳۵ و ۱/۶۹۳ به دست آوردند. مارکوت و همکاران (۲۰۰۱) مقدار دو پارامتر  $a$  و  $b$  مدل توانی را برای محلول‌های هیدروکلوئیدی صمغ گزانتان (۳-۱٪)، کاراگینان (۳-۱٪)، پکتین (۵-۱٪) و نشاسته (۶-۴٪) در دمای  $20^\circ C$

1 Colocasia esculenta

2 Multiple association points

محلول مشخص شد که کاهش ویسکوزیته در اثر افزایش دما در نمونه‌ها اتفاق می‌افتد و همچنین افزایش غلظت نمونه‌ها موجب افزایش ویسکوزیته شد. داده‌های بدست آمده در این مطالعه می‌تواند در طراحی تجهیزات برای جابجایی عصاره تغلیظ شده شیرین بیان در محدوده دمایی مورد مطالعه مورد استفاده قرار بگیرد.

غلظت ۵ تا ۵۰ همانند یک سیال نیوتنی عمل می‌کند و می‌تواند با مدل نیوتنی توصیف شود. این نکته در کنترل کیفیت محصول برای مصارف تولیدی و صنعتی و همچنین مهندسی فرآیند، کنترل و طراحی موثر است. ویسکوزیته نمونه‌ها بشدت تحت تاثیر میزان مواد جامد محلول قرار می‌گیرد. مدل آرنیوس بطور موفقیت آمیزی اثر دما بر ویسکوزیته را توصیف می‌کند. با بررسی اثرات دما و مواد جامد

جدول ۲- ضرایب وابستگی غلظت برای ویسکوزیته عصاره شیرین بیان

دما (°C)	پارامترهای مدل توان $\eta = aC^b$			پارامترهای مدل نمایی $\eta = a \exp(bC)$		
	a	b	R <sup>2</sup>	a	b	R <sup>2</sup>
۱۰	۰/۰۰۱۱	۲/۱۰۱۸	۰/۹۷	۰/۰۳۴۸	۰/۰۹۸	۰/۹۹
۳۰	۰/۰۰۰۵	۲/۰۱۱۱	۰/۹۸	۰/۰۱۴۸	۰/۱۰۱۹	۰/۹۹
۵۰	۰/۰۰۱۳	۱/۲۷۶۹	۰/۹۸	۰/۰۱۱۸	۰/۰۶۳۳	۰/۹۸
۷۰	۰/۰۰۱	۱/۰۶۶۵	۰/۹۹	۰/۰۰۵	۰/۰۶۱۵	۰/۹۹

## منابع

- Altan, A., Maskan, M., 2005, Rheological behavior of pomegranate (*Punica Granatum L.*) juice and concentrate. Journal of Texture studies, 36 (1), 68-77.
- Arase, Y. & Ikeda, U., 1997, The long-term efficacy of glycyrrhizin in chronic hepatitis C patients. Cancer, 79, 1494-1500.
- Astolfi-Filho, Z., Nicoletti Telis, V.R., de Oliveira, E.B., Reis Coimbra, J.S., Telis-Romero, J., 2011, Rheology and fluid dynamics properties of sugarcane juice. Biochemical Engineering Journal, 53 (3), 260-265.
- Baker, M., 1994, Licorice and enzymes other than 11 beta-hydroxysteroiddehydrogenase: an evolutionary perspective. Steroids, 59, 136-141.
- Baran, A. & Fenercio\_glu, H., 1991, A research study on the determination of the properties and preservation of licorice extract. Gida, 16, 391-396.
- Cook, M.K., 1973, Make natural sweeteners more versatile. Food Engineering, 45, 5.
- Dak, M., Verma, R. C. & Jaaffrey, S. N. A., 2007, Effect of temperature and concentration on rheological properties of "Kesar" mango juice. Journal of Food Engineering, 80, 1011-1015.
- Davis, E. & Morris, D., 1991, Medicinal uses of licorice through the millennia: the good and plenty of it. Mol. Cell Endo. 78, 1-6.
- Farhoosh, R., and Riazi, 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.
- Fenwick, G. R., Lutomski, J. & Nieman C., 1990, Liquorice, composition, uses and analysis. Food Chemistry, 38, 119-143.
- Giner, J., Ibarz, A., Garza, S. & Xhian-Quan, S., 1996, Rheology of clarified cherry juices. J. Food Eng., 30, 147-154.
- Gliksman, M., 1982, Food hydrocolloids. Vol. 1-3, CRC press, Florida.
- Hassan, B.H. & Hobani, A.I., 1998, Flow properties of Roselle (*Hibiscus sabdariffia L.*) Extract. Journal of Food Engineering, 35, 459-470.
- Hosseini-Parvar, S. H., Matia-Merino, L., Goh, K. K. T., Razavi, S. M. A., and Mortazavi, S. A. 2010. Steady shear flow behavior of gum extracted from *Ocimum basilicum L.* seed: Effect of concentration and temperature. Journal of Food Engineering, 102: 236-243.
- Ibarz, A., Gonzalez, C. and Esplugas, S., 1994, Rheology of clarified fruit juices. III: orange juices. Journal of Food Engineering. 21: 485-494.
- Ibarz, A., Garvin, A. & Costa, J., 1996, Rheological behavior of sloe (*prunus spinosa*) fruit juices. J. Food Eng., 27, 423-430.
- Isbrucker, R.A., Burdock, G.A., 2006, Risk and safety assessment on the consumption of Licorice root (*Glycyrrhiza sp.*), its extract and powder as a food ingredient, with emphasis on the pharmacology and toxicology of glycyrrhizin. Regulatory Toxicology and pharmacology, 46, 167-192.
- Jaymand, K. & Rezaee, M., 2002, Evaluation of glycyrrhizin in Licorice root using high performance liquid chromatography, Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 14, 1-14.
- Jo, E.H., Kim, S.H., Ra, J.C., Kim, S.R., Cho, S.D., Jung, J.W., Yang, S.R., Park, J.S., Hwang, J.W., Aruoma, O.I., Kim, T.Y., Lee, Y.S. & Kang, K.S., 2005, Chemo preventive properties of the ethanol extract of Chinese

- licorice (*Glycyrrhiza uralensis*) root: Induction of apoptosis and G1 cell cycle arrest in MCF-7 human breast cancer cells. *Cancer Letters*, 230 (2), 239-247.
- Juszczak, L., Fortuna, T. 2003. Viscosity of Concentrated Strawberry Juice. Effect Of Temperature and Soluble Solids Content. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Food Science and Technology*, 6(2).
- Kamali Servestani, R., 1991, Economical view on Glycyrrhiza, *Food Science Congress, Shiraz*.
- Karazhiyan, H., Razavi, S. M. A., Phillips, G. O., Fang, Y., Al-Assaf, S., Nishinari, K., et al. 2009. Rheological properties of *Lepidium sativum* seed extract as a function of concentration, temperature and time. *Food Hydrocolloids*, 23: 2062-2068.
- Lapasin, R. & Prich, S., 1999, Rheology of industrial polysaccharides: Theory and applications. An Aspen Publication. USA.
- Lesan Khoshnik, GH., 1962, Kinds of Iran Glycyrrhiza and their growth locations, Thesis of Medical Sciences, Tehran University.
- Lin, and Huang, A. S. 1993. Chemical composition and some physical properties of a water-soluble gum in tara (*Colocasiesculenta*). *Food chemistry*, 48:403-409.
- Marcotte, M., Hoshahili, A.R.T. & Ramaswamy, H.S., 2001, Rheological Properties of selected hydrocolloids as a function of concentration and temperature. *Food Research International*, 34, 695-703.
- Mukhopadhyay, M. & Panja, P., 2008, A novel process for extraction of natural sweetener from licorice (*Glycyrrhiza glabra*) roots. *Separation and Purification Technology*, 63 (3), 539-545.
- Nindo, C.I., Tang, J., Powers, J.R., Singh, P., 2005, Viscosity of blueberry and raspberry juices for processing applications. *Journal of Food Engineering*, 69, 343-350.
- Pan, X., Liu, H., Jia, G. & Shu, Y.Y., 2000, Microwave-assisted extraction of glycyrrhizic acid from licorice root. *Biochem Eng. J.*, 5(3), 173-177.
- Rao, M.A., 1999, *Rheology of Fluids and Semisolid Foods: Principles and Applications*. Aspen Publishers. Gaithersburg. MD. USA, pp. 1-24
- Razavi, S. M. A., Taheri, H., and 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.
- Semnani, K., Saeedi, M. & Shahnavaaz, B., 2003, Comparison the antioxidant activity of *Glycyrrhiza glabra* L extract with commercial antioxidants in Hydrokinone 2%, *The Journal of Mazandaran University of Medical Sciences*, 13, 1-10.
- Shamsudin, R., Wan Daud, W.R., Takrif, M.S., Hassan, O., Mustapha Kamal, S.M., Abdullah, A.G.L, 2007, Influence of temperature and soluble solid content on rheological properties of the Josapine variety of pineapple fruit (*Ananas Comosus L.*). *International Journal of Engineering and Technology*, 4(2), 213-220.
- Singh, N., Eipeson, W.E., 2007, Rheological behavior of clarified mango juice concentrates. *Journal of Texture studies*, 31 (3), 287-295.
- Steffe, J.F., 1996, *Rheological methods in food process engineering*. Freeman Press, USA. Pharmaceutical Product Press, New York, 66-67.
- Takahara, T. & Watanabe, A., 1994, Effects of glycyrrhizin on hepatitis B surface antigen: a biochemical and morphological study. *J. Hepatol.*, 21, 601-609.
- Telis-Romero, J., Ferreira Cabral, P.A., 2001, Rheological properties and fluid dynamics of coffee extract. *Journal of Food Process Engineering*, 24 (4), 217-230.
- Tian, M., Yan, H., Row, K.H., 2008, Extraction of glycyrrhizic acid and glabridin from licorice. *Int J Mol Sci.*, 9(4):571-7.
- Tolouizadeh, KH., 1941, Study on Glycyrrhiza products of Iran, Thesis of Medical Sciences, Tehran University.
- Vaya, J., Belinky, P., Aviram, M., 1997, Antioxidant Constituents from Licorice Roots: Isolation, Structure Elucidation and Antioxidative Capacity toward LDL Oxidation. *Free Radical Biology and Medicine*, 23 (2), 302-313.
- Vitali, A. A., & Rao, M. A. (1984). Flow properties of low-pulp concentrated orange juices: Effect of temperature and concentration. *J. Food Sci.*, 49, 882-888.
- Wang, X., Zhang, H., Chen, L., Shan, L., Fan, G. & Gao, X., 2013, Licorice, a unique "guide drug" of traditional Chinese medicine: A review of its role in drug interactions. *Journal of Ethno pharmacology*, 150 (3), 781-790.
- Zargari, A., 1981, *Medicinal plants*, 3rd edition, Tehran University Publication.

## Brief report

### Rheological properties of Liquorice (*Glycyrrhiza glabra*) extract

H. Karazhiyan<sup>1\*</sup>, E. Hosseinibay<sup>2</sup>, H. ollah Mirzaee<sup>2</sup>

Received: 2014.07.21

Accepted: 2014.11.13

**Introduction:** Liquorice (*Glycyrrhiza glabra*) of the family Leguminosae is a 30±60 cm tall shrub having blue or violet flowers. Its roots are 15±20 cm long and have a cylindrical rod shape of 0.5±2.5 cm in diameter. Liquorice root contains a variety of compounds, the most prominent of which is the water soluble triterpenoid glycoside glycyrrhizin that constitutes about 16 %. It is responsible for the characteristic sweet taste of liquorice (50 times sweeter than sucrose). The root also contains various sugars (to 18%), flavonoids, saponoids, sterols, starches, amino acids, gums, and essential oil. The water extract of liquorice root has found wide uses in medicine, pharmacology and food industry because of its physical and functional properties.

In the food industry, its distinctive flavour makes it a popular sweetening/flavouring agent. It is also used as an emulsifier to create foam in drinks and beverages. Liquorice root extract is commonly consumed and marketed in liquid, concentrated, dry and powdered forms.

Knowledge of the flow (rheological) behavior of the concentrates is useful in quality control, sensory evaluation and engineering applications that are related to the proper design and operation of unit operations, as well as for the understanding of the pertinent transport processes in the operations.

The purpose of this investigation was to characterize the rheological behavior of liquorice extract concentrates and study the effect of temperature and soluble solids on the viscosity.

**Materials and methods:** Extraction was made at 50°C and water to liquorice root mass ratio of 4:1. The mixture was shaken continuously for 100 min, centrifuged for 10 min and then filtered to obtain a clarified extract, which was concentrated to 50°Brix in a laboratory rotary vacuum evaporator.

The rheological behavior of licorice extract has been studied at temperature range 10-70 °C and 5-50 % soluble solids using Brookfield viscometer.

**Results and discussion:** The obtained results showed that all the samples exhibited Newtonian behavior at all the studied temperatures and concentrations. The flow index decreased slightly with sample concentration. Several workers observed Newtonian behavior of clarified and depectinated juices.

The shear stress versus shear rate data obtained were well fitted to Newton's model. An increase in temperature decreased the viscosity and this inverse relationship has been likened to the incidence of a freer molecule to molecule interaction at elevated temperatures. Since viscosity is an indication of the resistance to flow such a freer interaction is expected to minimize the resistance.

It was observed that, irrespective of the temperature a decrease in soluble solids content decreased the viscosity. It is due to dilution which increases the separation between the particles, thus decreases interaction between the particles.

In contrast, the opposite effect was observed when soluble solids content became higher. Arrhenius type equation was found to be suitable in describing the relationship with correlation coefficient values between 0.94 and 0.99. The activation energy increased with the soluble solids content; therefore, temperature had a greater effect on samples with higher soluble solids content. The data obtained in this study can be used in designing equipment for handling of concentrated liquorice root extract at the temperature range studied.

**Keywords:** Licorice extract, rheological properties, Newtonian fluid, Concentration, Temperature

1- Department of Food Science and Technology, Islamic Azad University, Torbat Heydarieh Branch, Torbat Heydarieh, Iran

2 and 3- Department of Chemical Engineering, Islamic Azad University, Shahrood Branch, Shahrood, Iran

(\* - Corresponding Author Email: hojjat\_karazhiyan@yahoo.com)