

بررسی تاثیر سرعت چرخشی، غلظت و دما بر رفتار جریان محلول صمغ تنه‌ی زردآلو

سیده پریا سمائی^{۱*}، محمد قربانی^۲، علیرضا صادقی ماهونک^۳، سید مهدی جعفری^۴

1. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
 2. دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
 3. دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
 4. دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
- (تاریخ دریافت: 93/3/2، تاریخ پذیرش: 93/4/8)

چکیده

هیدروکلوئیدها به صورت گسترده در صنایع غذایی برای اهداف مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند. هیدروکلوئیدها با جذب آب گرانروی محلول را افزایش می‌دهند. گرانروی یک عامل مهم برای ارزیابی کیفیت در بسیاری از مواد غذایی می‌باشد و بر ویژگی‌های رفتاری آن‌ها به عنوان امولسیون کننده، تثبیت کننده و یا سوسپانسیون کننده موثر است. در این پژوهش ویژگی‌های رئولوژیکی صمغ تنه‌ی زردآلو در پنج غلظت (0/5 تا 2/5 درصد)، پنج دما (20 تا 60 درجه سانتی‌گراد) و هجده سطح سرعت چرخشی (تا 200 دور در دقیقه) بررسی شد و اثر متغیرهای گفته شده روی گرانروی ظاهری مورد تعیین شد. مقادیر مربوط به سرعت برشی و تنش برشی از دستگاه ویسکومتر بروکفیلد به دست آمدند. نتایج حاکی از آن است که در غلظت‌های پایین (0/5 تا 1/5 درصد)، با افزایش سرعت چرخشی مقدار گرانروی ظاهری تقریباً ثابت بوده و محلول رفتار نیوتنی داشت ولی در غلظت‌های بالاتر (2 و 2/5 درصد)، به دلیل رفتار شبه پلاستیکی با افزایش سرعت چرخشی مقدار گرانروی ظاهری کاهش یافت. در کلیه تیمارها ویسکوزیته‌ی ظاهری با افزایش غلظت صمغ افزایش و با افزایش دما و سرعت چرخشی، کاهش یافت.

واژه‌های کلیدی: گرانروی ظاهری، رفتار شبه پلاستیکی، صمغ زردآلو.

* مسئول مکاتبات: samaeiparya@yahoo.com

1- مقدمه

ضروری است [7]. گرانروی یک عامل مهم برای ارزیابی کیفیت در اغلب مواد به ویژه صمغ بوده و بر رفتار آن‌ها به عنوان تثبیت کننده، امولسیون کننده و یا سوسپانسیون کننده موثر است.

عباسی و رحیمی تاثیر غلظت، دما و سرعت چرخشی را روی رفتار جریان صمغ کتیرای ایرانی مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاکی از آن بود که این صمغ در غلظت‌های پایین با افزایش سرعت‌های چرخشی رفتار سیالات نیوتنی را از خود نشان داده و گرانروی ظاهری آن تقریباً ثابت بوده است اما در غلظت‌های بالاتر به دلیل رفتار شبه پلاستیکی با افزایش سرعت چرخشی، گرانروی ظاهری کاهش یافت. در کلیه تیمارها افزایش غلظت سبب افزایش گرانروی ظاهری و افزایش دما سبب کاهش گرانروی ظاهری گردید [8].

خالصی و همکاران ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و عملکردی صمغ زرد تراوشی از درخت بادام کوهی با نام علمی *Amygdalus scoparia Spach* در منطقه‌ی میان جنگل استان فارس را مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه گرانروی ظاهری صمغ زردو تحت تاثیر غلظت، دما و غلظت نمک‌های مختلف بررسی شد. گرانروی صمغ وابسته به تغییرات دما و pH بود. بالا ترین گرانروی در pH برابر با 7/2 و دمای 24 درجه‌ی سانتی‌گراد حاصل شد. همچنین گرانروی با حضور الکترولیت‌های قوی تغییر یافت و قابلیت تشکیل امولسیون روغن در آب و پایداری آن با افزایش غلظت صمغ، افزایش یافت [9-10-11].

بررسی منابع مختلف نشان می‌دهد که تا کنون مطالعه‌ای در مورد بررسی تاثیر غلظت، دما و سرعت چرخشی روی رفتار جریان صمغ تنه‌ی زردآلو (*Prunus armeniaca*) انجام نشده است. لذا هدف این پژوهش بررسی اثر غلظت (0/5 تا 2/5 درصد)، دما (20 تا 60 درجه سانتی‌گراد) و هجده سطح چرخشی از (5 تا 200 دور در دقیقه) بر روی گرانروی ظاهری صمغ خالص سازی شده‌ی تنه‌ی زردآلو می‌باشد.

2- مواد و روش‌ها

2-1- پودر صمغ زردآلو

صمغ زردآلو با ظاهری نارنجی متمایل به قهوه‌ای از یکی از

صمغ‌های مترشحه‌ی گیاهی به وسیله‌ی گیاهان مختلف در نتیجه‌ی مکانیسم دفاعی در برابر صدمات مکانیکی یا میکروبی تولید می‌شوند [1]. هیدروکلوئیدها با حل یا پخش شدن در آب، گرانروی را افزایش می‌دهند و امروزه به‌طور گسترده در صنایع مختلف با عملکردهای گوناگون به کار می‌روند [2]. کاربرد و اهمیت هیدروکلوئیدها به خواص عملکردی آن‌ها بستگی دارد که این خواص در مواد غذایی تحت تاثیر ساختمان مولکولی هیدروکلوئیدها، غلظت هیدروکلوئید، واکنش هیدروکلوئید و سایر ترکیبات ماده‌ی غذایی (نمک‌ها، قندها، چربی‌ها، پروتئین و...)، pH و شرایط فراوری مانند دما می‌باشد [3].

اکثر مواد غذایی از نظر ساختاری و رئولوژیکی ترکیبات پیچیده‌ای هستند، در بسیاری از موارد آن‌ها شامل مخلوطی از مواد جامد و مایع می‌باشند [4]. تعیین خواص رئولوژیکی در صنعت مواد غذایی بسیار حائز اهمیت است. چندین روش برای تعیین ویژگی‌های رئولوژیکی وجود دارد و تعیین روش و تکنیک مورد نظر به خواص محصول و ویژگی‌های عملکردی که باید مورد بررسی قرار گیرد بستگی دارد. دانش رئولوژی کاربردهای فراوانی در زمینه‌های مختلف صنایع غذایی مانند ارزیابی فرایند، مقبولیت فراورده و خرید و فروش آن دارد [5]. در واقع دانش رئولوژی سعی دارد رابطه‌ی بین تنش وارد شده بر مواد غذایی و تغییر شکل حاصل از این تنش را تعریف کند. یکی از پارامترهای بنیادی که رفتار جریان مایعات و مواد نیمه جامد را توصیف می‌کند، گرانروی است. گرانروی یک پارامتر ذاتی است و مقاومت سیالات در برابر حرکت را نشان می‌دهد. رفتار جریان مواد غذایی تحت تنش اعمال شده، آن‌ها را به دو گروه نیوتنی و غیر نیوتنی طبقه بندی می‌کند. رفتار جریان مواد حین فرایند ممکن است متغیر باشد زیرا درجه‌ی غلظت و ترکیبات مواد می‌تواند به‌طور موثری با مخلوط کردن، حرارت دهی، سرد کردن، هموژن کردن، کریستالیزاسیون و غیره تغییر کند و تحت تاثیر قرار گیرد [6].

کاربرد و اهمیت هیدروکلوئیدها به خواص عملکردی آن‌ها بستگی دارد. همچنین بررسی خصوصیات رئولوژیکی و گرانروی مواد قبل از طراحی فرایندهایی شامل انتقال سیالات، پمپ‌ها، استخراج، فیلتراسیون، پاستوریزاسیون، تبخیر و خشک کردن

فروشگاه‌های سنتی (عطاری) شهرستان شاهرود خریداری شد. این صمغ به وسیله‌ی آسیاب برقی (مدل LM30214A، ساخت ایران) آسیاب گردید و مخلوط آسیاب شده از الک آزمایشگاهی مش 50 عبور داده شد تا ناخالصی‌ها و دانه‌های درشت‌تر آن جدا گردند. پودر حاصله برای انجام مراحل خالص سازی درون کیسه‌های پلاستیکی زیپی درون فریزر قرار گرفت.

2-2- خالص سازی صمغ

2-4- اندازه‌گیری گرانیوی ظاهری
گرانیوی ظاهری نمونه‌ها با استفاده از دستگاه ویسکومتر چرخشی بروکفیلد (Brookfield, model RVDV-II+ pro, USA) و اسپیندل مدل (YULA-15) شماره‌ی S00 اندازه‌گیری شد. گرانیوی ظاهری هر یک از نمونه‌ها در شرایط دمایی (20 تا 60 درجه سانتی‌گراد) و هجده سرعت چرخشی (از 5 تا 200 دور در دقیقه) بر حسب (mPa.s) اندازه‌گیری شد. این ویسکومتر در محل قرار گیری نمونه و اسپیندل، مجهز به یک محفظه استوانه‌ای دو جداره می‌باشد که توسط یک دستگاه حمام آب و سیرکولاتور مربوطه، دمای نمونه را تنظیم می‌کند. لذا در حین اندازه‌گیری گرانیوی، دمای نمونه ثابت باقی می‌ماند. بر اساس بررسی‌های انجام شده مدل قانون توان (معادله 1) جهت بررسی خصوصیات رئولوژیکی صمغ تنه‌ی زردآلو مناسب تشخیص داده شده و از این مدل برای بررسی خصوصیات مستقل از زمان استفاده گردید.

$$\tau = K_p \gamma n_p \quad (1)$$

در این معادله، τ تنش برشی (Pa)، K_p ضریب قوام ($\text{Pa}\cdot\text{s}^n$)، γ سرعت برشی (s^{-1}) و n_p شاخص رفتار جریان برای مدل قانون توان می‌باشند. به منظور مدل کردن داده‌های تجربی تنش برشی در برابر سرعت برشی و به دست آوردن ثابت‌های مدل رئولوژیکی ذکر شده از نرم افزار Curve Expert ویرایش 1/4 استفاده شد [14].

2-5- تجزیه و تحلیل آماری

آزمایش‌ها در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی مورد بررسی قرار گرفت. میانگین‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS.17 و آزمون دانکن در سطح 5٪ مقایسه شدند و برای رسم نمودارها از برنامه نرم افزاری اکسل استفاده شد. کلیه آزمایشات در سه تکرار انجام شد.

3 درصد (وزنی-حجمی) از صمغ تنه‌ی زردآلو در آب مقطر تهیه شد و به مدت یک شب در دمای 25 درجه سانتی‌گراد به وسیله‌ی هم‌زن مغناطیسی هم زده شد. سپس برای جداسازی ترکیبات نامحلول و ناخالصی‌ها، تعلیق حاصل از فیلتر پارچه‌ای مناسب عبور داده شد. بخش صاف شده‌ی عبوری از فیلتر به وسیله‌ی خشک‌کن انجمادی¹ (Operon freeze-dryer, operon Co Ltd, Korea) در دمای 20- درجه سانتی‌گراد و فشار 40 میلی بار خشک شد. به منظور جداسازی بخش پلی‌ساکاریدی صمغ، محلول 2 درصد (وزنی- حجمی) از صمغ خشک شده تهیه گردید و سه برابر حجم آن اتانول 96 درصد به آن افزوده شد. رسوبات حاصل جمع آوری شدند و پس از حل کردن در آب مجدداً به وسیله‌ی خشک‌کن انجمادی خشک شدند. صمغ حاصل آسیاب گردید و پس از عبور از الک با مش 50 به منظور انجام مراحل بعدی آزمایش در بسته‌های پلاستیکی نگهداری شد [12].

2-3- آماده سازی نمونه‌ها

مقادیری از پودر خالص صمغ زردآلو متناسب با غلظت‌های 0/5 تا 2/5 درصد به کمک ترازوی (Sartoris, TE313S pro, Germany) با دقت 0/001 گرم وزن شدند. برای جلوگیری از ایجاد کلوخه حین افزودن پودر صمغ به آب سرد، پودر صمغ زردآلو به صورت تدریجی و یکنواخت به آب افزوده شد. به این منظور از دستگاه هم زن مغناطیسی استفاده گردید و مخلوط‌ها تا به دست آمدن محلولی یکنواخت هم زده شدند. از آنجا که گرانیوی محلول‌های هیدروکلوئیدی پس از یک شب ماندن به مقدار بیشینه‌ی خود می‌رسند، بنابراین در این پژوهش به منظور حداکثر جذب آب به وسیله‌ی

1. Freeze drying

3- نتایج و بحث

3-1- اثر سرعت چرخشی و سرعت برشی بر گرانروی ظاهری

همان گونه که در شکل 1 دیده می‌شود میزان گرانروی ظاهری محلول‌های صمغ تنه‌ی زردآلو در غلظت‌های پایین (0/5 تا 1/5 درصد) با افزایش سرعت چرخشی تغییر چندانی نداشته و تقریباً ثابت می‌باشد در حالی که در غلظت‌های بالاتر (2 و 2/5 درصد) بالا رفتن سرعت چرخشی، سبب کاهش چشمگیر در میزان گرانروی ظاهری نمونه‌ها می‌شود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که این صمغ در غلظت‌هایی پایین رفتاری از نوع نیوتنی و در غلظت‌های بالاتر از نوع شبه پلاستیکی دارد.

کاهش گرانروی ظاهری در ابتدا به دلیل از بین رفتن پیوندهای بین مولکولی، شدیدتر بوده و سپس به آرامی کاهش می‌یابد [15]. در شکل 2 نمودار رسم شده بر اساس سرعت برشی در دمای (60 درجه سانتی‌گراد)، روند تغییرات گرانروی ظاهری را نشان می‌دهد. هنگام استفاده از محفظه استوانه‌ای (ULA-31 Y, Brookfield) و اسپیندل مربوطه (YULA-15)، نرم افزار ویسکومتر بروکفیلد قادر به محاسبه گرانروی، سرعت برشی، تنش برشی، سرعت چرخشی و گشتاور می‌باشد و بر روی صفحه نمایش دستگاه گزارش می‌دهد.

نمودار شکل 3 اثر متقابل سرعت برشی و تنش برشی را در دمای 20 درجه سانتی‌گراد نشان می‌دهد. در غلظت‌های پایین، نمودار تقریباً از معادله‌ی درجه‌ی اول تبعیت کرده و شیب آن ثابت است، در حالی که در غلظت‌های بالاتر به سبب ثابت نبودن نسبت سرعت برشی به تنش برشی، نمودار از حالت خطی مستقیم خارج شده و رفتاری مشابه معادلات غیر خطی از خود نشان می‌دهد. با مشاهده‌ی رابطه‌ی غیر خطی مابین تنش برشی و سرعت برشی، رفتار غیر نیوتنی سیال مشخص می‌شود. علاوه بر صمغ تنه‌ی زردآلو رفتار شبه پلاستیکی برای سایر هیدروکلوئیدها از جمله صمغ تنه‌ی درخت هلو [11-16] نیز نشان داده شده است. به عنوان مثال در پژوهشی که بر روی صمغ کنیرا انجام شد، این صمغ با دو صمغ تجاری و پر مصرف مانند گوآر و زانتان مقایسه گردید. در محدوده‌ی سرعت برشی اعمال شده، هر سه صمغ رفتار شبه پلاستیکی از خود نشان دادند [17].

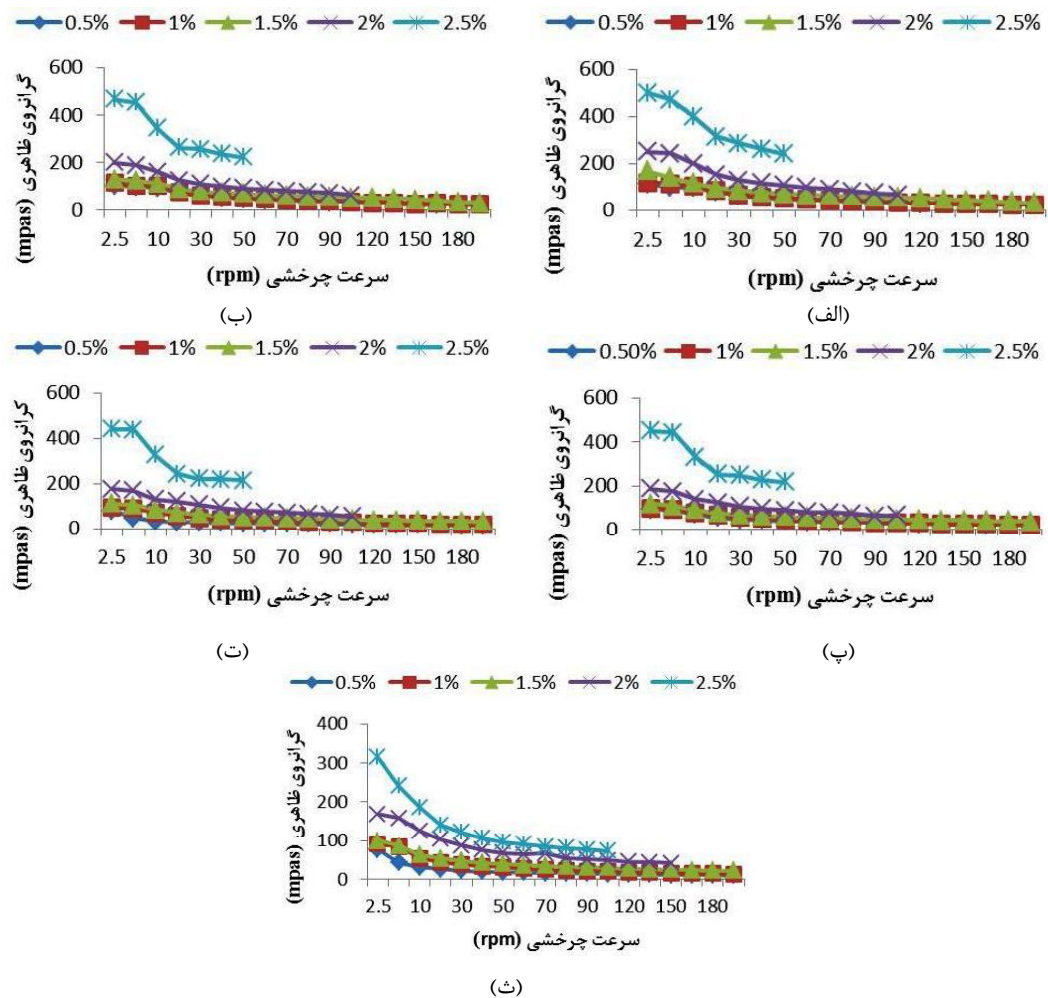
رضوی و همکاران بر روی خواص عملکردی عصاره‌ی خام هیدروکلوئیدی برخی دانه‌های بومی ایران (دانه‌های شاهی، قدومه شهری، قدومه شیرازی و مرو) تحقیق نمودند. گرانروی ظاهری و رفتار جریان محلول 2 درصد (وزنی-حجمی) نمونه‌ها توسط ویسکومتر اندازه‌گیری شد. رفتار جریان (تنش برشی- سرعت برشی) حاکی از رفتار غیر نیوتنی روان شونده با برش کلیه‌ی محلول‌های صمغی مورد مطالعه بود [18].

رضایی و همکاران اثر افزودن غلظت‌های مختلف صمغ گوآر (0، 0/1، 0/2، 0/3 درصد) و صمغ عربی (0، 0/1، 0/2، 0/3 درصد) بر رفتار رئولوژیکی ماست منجمد را مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل نشان داد که هر دو صمغ افزوده شده سبب شدند ماست منجمد رفتار رقیق شونده با برش از خود نشان دهد [12].

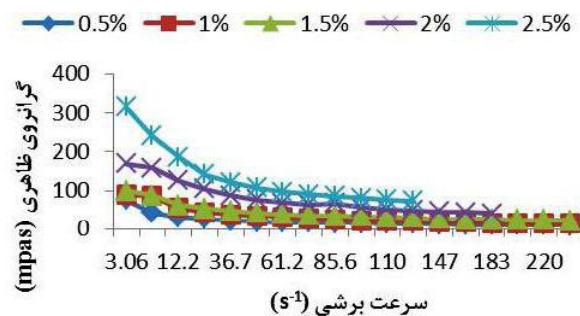
در جدول 1 پارامترهای برازش شده‌ی مدل قانون توان برای غلظت‌های مختلف (0/5 تا 2/5 درصد) محلول صمغ تنه‌ی زردآلو در دمای 20 درجه سانتی‌گراد به نمایش درآمده است. ضریب قوام (K_p) مربوط به این صمغ با استفاده از این مدل در محدوده‌ی $0/044 - 1/42$ Pasⁿ به دست آمده است. شاخص رفتار جریان در این صمغ کم‌تر از 1 می‌باشد، که معرف سیال رقیق شونده با برش است. مقدار عددی شاخص رفتار جریان از 0/383 تا 0/699 تغییر یافت. ضریب همبستگی (r) بالا و مقدار خطای استاندارد (SE) پایین به دست آمده از برازش مدل قانون توان با داده‌های تجربی، نشان دهنده‌ی مناسب بودن این مدل می‌باشد و این مدل می‌تواند پیش‌بینی کننده‌ی رفتار تمام غلظت‌های صمغ زردآلو باشد.

3-2- اثر دما بر گرانروی ظاهری

گرانروی هیدروکلوئیدها به شدت به دما وابسته است. دما عامل بسیار مهمی است که علاوه بر تغییر مقدار گرانروی ظاهری حتی قادر به تغییر رفتار جریان محلول نیز می‌باشد. اثر دما و غلظت بر روی گرانروی ظاهری محلول صمغ تنه‌ی زردآلو قابل توجه است. در شکل 4 تاثیر دما بر گرانروی ظاهری صمغ در غلظت‌های (0/5 تا 2 درصد) و در سرعت چرخشی 50 دور در دقیقه نشان داده شده است.



شکل (1) رابطه‌ی سرعت چرخشی و گرانروی محلول‌های صمغ تنه‌ی زردآلو در غلظت‌های (0/5، 1، 1/5، 2 و 2/5 درصد) (الف) دما 20 درجه سانتی‌گراد (ب) دما 30 درجه سانتی‌گراد (پ) دما 40 درجه سانتی‌گراد (ت) دما 50 درجه سانتی‌گراد (ث) دما 60 درجه سانتی‌گراد



شکل (2) تاثیر سرعت برشی بر گرانروی ظاهری صمغ تنه‌ی زردآلو در غلظت‌های (0/5، 1، 1/5، 2 و 2/5 درصد) و دمای 60 درجه سانتی‌گراد

سس مایونز حاوی صمغ دانه شاهی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که با افزایش غلظت صمغ در تمامی مایونزها ضریب قوام افزایش یافت. با افزایش سرعت برشی در تمامی نمونه‌ها کاهش گرانیوی ظاهری مشاهده شد. در سرعت‌های برشی پایین، کاهش شدید گرانیوی با سرعت صورت می‌گیرد اما در سرعت‌های برشی بالاتر این کاهش با روند آهسته‌تری صورت می‌گیرد [22]. فروغی نیا و عباسی (1385) ویژگی‌های رئولوژیک تعلیق ثعلب را در پنج سطح غلظت (3 تا 7 گرم در لیتر) مورد بررسی قرار دادند. یافته‌ها نشان دادند که این محلول در غلظت‌های پایین (3 و 4 گرم در لیتر) رفتار نیوتنی و در غلظت‌های بالاتر (5، 6 و 7 گرم در لیتر) رفتار شبه پلاستیک داشت و افزایش غلظت سبب افزایش گرانیوی گشت [23].

کشتکاران و همکاران نیز اثر دو گونه‌ی صمغ کتیرا بر ویژگی‌های رئولوژیکی و حسی نوشیدنی شیر خرما را مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق ویژگی‌های رئولوژیک نمونه‌های شیر خرمای تهیه شده با سه غلظت 0/1، 0/2 و 0/3 درصد (وزنی - وزنی) کتیرای به‌دست آمده از دو گونه‌ی گون آستراگالوس راهنسیس و آستراگالوس گوسپینوس در دمای 3 درجه سانتی‌گراد مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاکی از آن بود که تمام نمونه‌های حاوی صمغ‌های به‌دست آمده از دو گونه‌ی کتیرا در تمامی محدوده‌ی نرخ برشی، گرانیوی بیش‌تری نسبت به نمونه‌ی بدون کتیرا نشان دادند [24].

4- نتیجه گیری

همان طور که انتظار می‌رفت، همانند اغلب هیدروکلوئیدها گرانیوی ظاهری صمغ تنه‌ی زردآلو نیز با افزایش غلظت، افزایش و با افزایش دما کاهش یافت. در واقع دما و غلظت تاثیر معنی‌داری بر گرانیوی ظاهری صمغ زردآلو دارند. تعلیق صمغ زردآلو در غلظت‌های بالا دارای رفتار شبه پلاستیکی بود و در غلظت‌های پایین‌تر رفتار نیوتنی از خود نشان داد. در همه‌ی نمونه‌ها با افزایش سرعت چرخشی، گرانیوی ظاهری کاهش یافت. مدل رئولوژیکی قانون توان برای بررسی خصوصیات جریان‌ی این صمغ مناسب بود.

در همه‌ی غلظت‌ها با افزایش دما گرانیوی ظاهری کم می‌شود. در رابطه با توجیه رفتار ذکر شده شاید بتوان گفت که افزایش دما با رقیق کردن محلول روی گرانیوی ظاهری تاثیر می‌گذارد و در واقع با افزایش دما انرژی جنبشی مولکول‌ها افزایش یافته و پیوند بین مولکول‌ها را ضعیف‌تر و کم‌تر می‌کند و در نتیجه محلول در مقابل جریان، مقاومت کم‌تری نشان می‌دهد. مطالعات قبلی نیز بر روی صمغ زرد [9] و صمغ کتیرا [8 و 19] روند مشابهی را گزارش کرده‌اند. طی پژوهشی صمغ تنه‌ی گیلاس در فصول مختلف مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که در غلظت 5 درصد گرانیوی ظاهری این صمغ نیز با افزایش دما کاهش یافت [20].

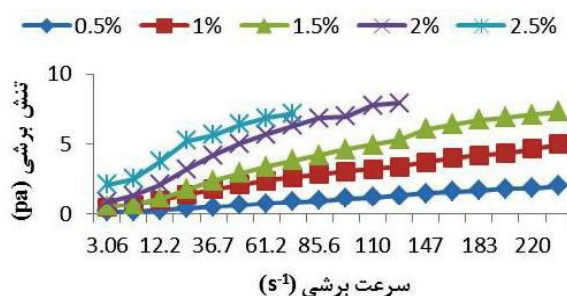
3-3- اثر غلظت بر گرانیوی ظاهری

تغییرات غلظت از جمله پارامترهایی است که در میزان گرانیوی ظاهری تاثیر گذار است. همان طور که در شکل 5 نشان داده شده است، با افزایش غلظت در همه‌ی دماها بر مقدار گرانیوی ظاهری افزوده شد و اختلاف بین تمامی سطوح معنی‌دار بود ($P < 0/05$). البته میزان تاثیر آن در دماهای مختلف تا حدی متفاوت است.

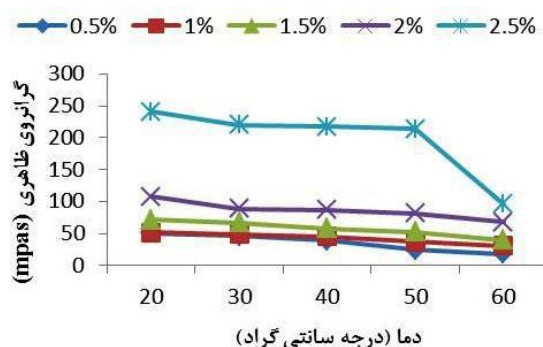
با افزایش غلظت در یک سرعت چرخشی ثابت، هرچه غلظت افزایش می‌یابد پیرو آن گرانیوی ظاهری نیز افزایش پیدا می‌کند که افزایش گرانیوی ظاهری در دماهای پایین بیش از دماهای بالاتر است ولی در هر دو حالت این وابستگی از نوع مستقیم است.

در تاکید نتایج به‌دست آمده می‌توان به مطالعات سماواتی و همکاران بر مدل‌های مختلف رئولوژیک در تعلیق‌های حاوی صمغ کتیرا در دو سطح غلظت 0/5 و 1 درصد وزنی اشاره کرد. با افزایش سرعت و تنش برشی، گرانیوی نمونه‌های تهیه شده کاهش می‌یابد که نشان دهنده‌ی شکسته شدن تجمعات ذرات در اثر برش می‌باشد. با افزایش میزان صمغ گرانیوی افزایش می‌یابد و حساسیت تعلیق‌های آبی به شکسته شدن توسط برش کم‌تر می‌شود زیرا مکان‌های اتصال بیش‌تری به‌وجود می‌آید. نتایج نشان دادند که مدل قانون توان بهترین توصیف را برای رفتار جریان‌ی تعلیق‌ها در پی داشت [21].

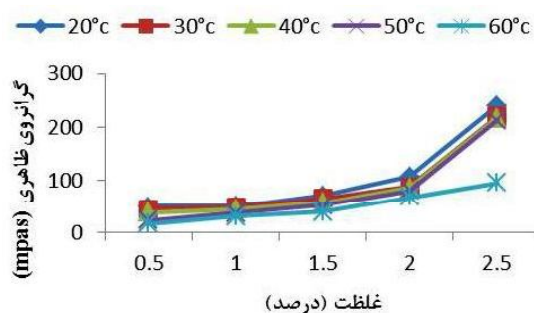
معنی فیض آبادی و همکاران ویژگی‌های رئولوژیکی و بافتی



شکل (3) رابطه‌ی سرعت برشی و تنش برشی در محلول صمغ تنه‌ی زردآلو در غلظت‌های (0/5، 1، 1/5، 2 و 5/2 درصد) و دمای 20 درجه سانتی‌گراد



شکل (4) تاثیر دما بر گرانروی ظاهری محلول صمغ تنه‌ی زردآلو در غلظت‌های (0/5، 1، 1/5، 2 و 2/5 درصد) و سرعت چرخشی 50 (دور در دقیقه)



شکل (5) تاثیر غلظت بر گرانروی ظاهری صمغ تنه‌ی زردآلو در دماهای (20، 30، 40، 50 و 60 درجه سانتی‌گراد) و سرعت چرخشی 50 دور در دقیقه

جدول (1) پارامترهای برازش شده مدل قانون توان برای محلول صمغ تنه‌ی زردآلو

SE	r	n_p	K_p (Pas ⁿ)	نمونه
0/034	0/998	0/699	0/044	%0/5
0/028	0/999	0/529	0/269	%1
0/043	0/999	0/667	0/218	%1/5
0/097	0/999	0/586	0/503	%2
0/22	0/994	0/383	1/42	%2/5

منابع

- جداسازی و تعیین ویژگی‌های شیمیایی و کاربردی بخش‌های محلول و نامحلول صمغ تراوشی درخت بادام کوهی (صمغ فارسی). فصلنامه علوم و صنایع غذایی، شماره 40، دوره 10، ص 1-10.
- [11] Simas-Tosin, F. F., Barraza, R. R., Petkovicz, C. L. O., Silveira, J. L. M., Sasaki, G. L., Santos, E. M. R., Gorin, P. A. J., Iacomini, M. (2010). Rheological and structural characteristics of peach tree gum exudate. *J. Food Hydrocolloids.*, 24, 486-493.
- [12] Simas-Tosin, F. F., Wanger, R., Santos, E. M. R., Sasaki, G. L., Gorin, P. A. J., Iacomini, M. (2009). Polysaccharide of nectarine gum exudate: comparison with that of peach gum. *J. Carbohydrate Polymers.*, 76, 485-487.
- [13] Li, X., Fang, Y., Al-Assaf, S., Phillips, G. O., Nishinari, K., Zhang, H. (2009). Rheological study of gum Arabic solution: Interpretation based on molecular self-association. *J. Food Hydrocolloids.*, 23, 2394-2402.
- [14] Naji, Sara., Razavi, Seyed M. A., Karazhiyan, Hojjat. (2012). Effect of thermal treatments on functional properties of cress seed (*Lepidium sativum*) and xanthan gums: A comparative study. *J. Food Hydrocolloids.*, 28, 75-81.
- [15] رضایی، ر.؛ خمیری، م.؛ اعلمی، م. (1390) بررسی خواص رئولوژیکی و حسی ماست حاوی غلظت‌های مختلف صمغ عربی و صمغ گوار. پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران، جلد 7، شماره 1، ص 42-49.
- [16] Qian, H. F., Cui, S. W., Wang, Q., Wang, C., Zhou, H. M. (2011). Fractionation and physicochemical characterization of peach gum polysaccharides. *J. Food Hydrocolloids.*, 25:1285-1290.
- [17] Harry-Okuru, R. E., Carriere, C. J., Wing, R. E. (1999). Rheology of modified Lesquerella gum. *J. Industrial Crops and Products.*, 19, 11-20.
- [18] رضوی، م.؛ بستان، آ.؛ نیک نیا، س.؛ رزمخواه، س. (1390) بررسی خواص عملکردی عصاره خام هیدروکلونیدی [1] 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. *J. Carbohydrate Polymers.*, 83, 1031-1047.
- [2] ناجی، س.؛ رضوی، م.؛ کاراژیان، ح. (1391) تاثیر تیمارهای حرارت و انجماد بر خصوصیات رئولوژیکی مستقل از زمان دانه‌ی شاهی و صمغ گزانتان. علوم و فناوری غذایی، سال چهارم، شماره 1، ص 37-45.
- [3] Marcotte, M., Taherian, A. R., Ramaswamy, H. S. (2001). Rheological properties of selected hydrocolloids as a function of concentration and temperature. *J. Food Hydrocolloids.*, 34, 695-703.
- [4] Finney, E. E. (1972). Elementary concepts of rheology to food texture studies. *Food Technology.*, 68-77.
- [5] Barbosa-Canovas, G. V., Kokini, J. L., Ma, L., Ibraz, A. (1996). The rheology of semiliquid foods. *J. Advances in Food and Nutrition Research*, 39, 1-69.
- [6] Tabilo-Munizaga, G., Barbasco-Canovas, G. V. (2012). Rheology for the food industry. *J. Food Engineering.*, 67, 147-156.
- [7] صالحی، ف.؛ کاشانی نژاد، م. (1392) بررسی اثر روش و شرایط خشک‌کردن بر روی رئولوژی و بافت صمغ دانه ریحان. علوم و فناوری‌های نوین غذایی، سال اول، شماره 2، ص 39-48.
- [8] عباسی، س.؛ رحیمی، س. (1384) بررسی تاثیر غلظت، دما، پ هاش و سرعت چرخشی روی رفتار جریان محلول صمغ کتیرای ایرانی. علوم و صنایع غذایی ایران، دوره 2، شماره 4، ص 29-42.
- [9] خالصی، ه.؛ علیزاده، م.؛ رضازادباری، م. (1391) بررسی ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی و عملکردی صمغ زرد تراوشی از گیاه *Amygdalus scoparia Spach* در منطقه میان جنگل استان فارس. پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران، جلد 8، شماره 3، ص 317-326.
- [10] رحیمی، س.؛ عباسی، س.؛ سحری، م.؛ عزیزی، م. (1392)



- برخی دانه های بومی ایران. پژوهش‌های صنایع غذایی، جلد 21، شماره 3، ص 379-389.
- [19] زرگران، ع؛ محمدی‌فر، م؛ بلاغی، س. (1391) مقایسه‌ی برخی ترکیبات شیمیایی و ویژگی‌های رئولوژیک صمغ کتیرای ایرانی تراویده از 2 گونه‌ی *A. floccosus* و *A. rahensis*. علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، سال سوم، شماره 4، ص 9-17.
- [20] Amarioarei, G., Lungu, M., Ciovisa, S. (2012). Molar mass characteristics of cherry tree exudate gum of different seasons. J. Cellulose Chem. Technol., 46(9-10), 583-588.
- [21] سمواتی، و؛ امام جمعه، ز؛ حجتی، م. (1391) بررسی مدل‌های مختلف رئولوژیک در سوسپانسیون‌های حاوی صمغ کتیرا. پژوهش‌های صنایع غذایی، جلد 22، شماره 1، ص 87-95.
- [22] معینی فیض آبادی، ا؛ کاراژیان، ح؛ مهریان، ا. (1392) ویژگی‌های رئولوژیکی و بافتی سس مایونز حاوی صمغ دانه شاهی. نوآوری در علوم و فناوری غذایی، سال پنجم، شماره 3، ص 55-64.
- [23] فروغی‌نیا، س؛ عباسی، س. (1385) بررسی ویژگی‌های رئولوژیکی محلول ثعلب. مجموعه مقالات شانزدهمین کنگره ملی صنایع غذایی ایران، گرگان، ص 2-11.
- [24] کشتکاران، م؛ محمدی‌فر، م؛ اسدی، غ. (1391) بررسی اثر دو گونه صمغ کتیرا بر برخی ویژگی‌های رئولوژیک، فیزیکی و حسی نوشیدنی شیر خرما. علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، سال هفتم، شماره 3، ص 31-42.