

## اثر برخی عوامل فیزیکی و شیمیایی بر رفتار جریان محلول صمغ ثعلب

### سلیمان عباسی و سحر فروغی نیا<sup>۱</sup>

#### چکیده

ثعلب یک ترکیب هیدروکلوئیدی است که از ریشه‌های افشان، غده‌ای و یا ریزوم‌های خزنده گیاهان تیره ارکیده‌ها به دست می‌آید. این ترکیب، علاوه بر کاربردهای دارویی، دارای کاربردهای بسیاری در صنعت غذا به ویژه در بستنی‌سازی می‌باشد ولی به دلیل بومی بودن، تاکنون پژوهش‌های چندانی در این زمینه صورت نگرفته است. بنابراین، در پژوهش حاضر تأثیر متغیرهایی مانند دما (۵ تا ۵۵ درجه سانتی‌گراد)، زمان (چرخه ۲۴ ساعته)، غلظت (۳ تا ۷ گرم در لیتر) و پ هاش (۲، ۴، ۶، ۷، ۹ و ۱۱) روی گرانیوی ظاهری و رفتار جریان این محلول مورد بررسی قرار گرفت. یافته‌ها نشان دادند که این محلول در غلظت‌های پایین (۳ و ۴ گرم در لیتر) رفتار نیوتنی و در غلظت‌های بالاتر (۵، ۶ و ۷ گرم در لیتر) رفتار شبه‌پلاستیک داشته و افزایش غلظت سبب افزایش گرانیوی ظاهری و بالا رفتن دما اثر عکس روی آن داشت. در ضمن، زمان و پ هاش اثر معنی‌داری روی گرانیوی ظاهری محلول ثعلب نداشتند.

واژه‌های کلیدی: ثعلب، رئولوژی، گرانیوی ظاهری، دما، رفتار جریان

#### مقدمه

ثعلب، گیاهی علفی، پایا و با غده‌های گرد است (۲). تیره ثعلب (*Orchidaceae*) از تیره‌های بزرگ گیاهان تک‌لپه شامل ۶۰۰ جنس و ۲۰۰۰۰ گونه بوده و در اغلب نقاط، مخصوصاً مناطق گرم و معتدل پراکندگی دارند (۱ و ۷). این گیاه به صورت خودرو، در مرغزارهای خشک، روی دامنه‌ها و یا در بیشه‌زارهای روشن می‌روید (۲). این گیاه در جنگل‌ها و چمن‌زارهای مرطوب نواحی کوهستانی تا ارتفاع ۲۰۰ متری نیز توانایی رشد داشته البته، گونه‌های مناطق گرمسیری اغلب روی میزبانی مثل تنه درخت زندگی می‌کنند. ولی، در مناطق نیمه‌معتدل مثل ایران، اغلب خاکزی بوده و دارای ریشه و ساقه زیرزمینی هستند. از نظر جغرافیای

زیستی، ثعلب‌های ایران جزو گروه گیاهان مدیترانه‌ای اروپا محسوب می‌شوند. اگرچه می‌توان گونه‌هایی نیز یافت که به نواحی کم ارتفاع هندوستان و یا به گروه گیاهان آفریقایی-آسیایی متعلق می‌باشند. به طور کلی، ۵۰ گونه ثعلب در ایران یافت می‌شود که سه گونه از آن‌ها بومی بوده و فقط در ایران وجود دارند که عبارت‌اند از: خربقی جنگلی (*Epipactis rechingeri*)، ابروئی کردستانی (*Ophrys kurdistanica*) و ابروئی ترکمنی (*Ophrys turcomanica*) (۷).

گیاهان تیره ثعلب، ریشه‌های افشان، غده‌ای و یا ریزوم‌های خزنده دارند. از غده‌های زیرزمینی گونه‌های مختلف (*Orchis morio* L.، *Orchis coriophora* L.)

۱. به ترتیب استادیار و دانشجوی سابق کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

برخی ویژگی‌های فیزیکی - شیمیایی (حلالیت، چگالی ظاهری و میزان مواد جامد) و رئولوژیکی نوشیدنی تهیه شده از ثعلب را مورد بررسی قرار دادند (۱۰). در پژوهش دیگری نیز ویژگی‌های رئولوژیکی محلول‌هایی از مخلوط صمغ‌ها و ثعلب بررسی شده است (۱۲).

حال با توجه به کشت نسبتاً زیاد این فراورده در ایران، کاربردهای بالقوه آن در صنایع، به‌ویژه صنعت غذا، منحصر به فرد بودن گونه‌های ثعلب ایرانی و نبود اطلاعات در رابطه با ویژگی‌های پودر ثعلب به نظر می‌رسد که انجام پژوهش یا پژوهش‌هایی در ارتباط با شناخت بیش‌تر ویژگی‌های این فراورده لازم و ضروری باشد. لذا، در بررسی حاضر، به عنوان اولین قدم، ویژگی‌های رئولوژیکی محلول پودر ثعلب تجاری ایران از نقطه نظر تاثیر برخی عوامل شیمیایی (غلظت و پ هاش) و فیزیکی (دما، زمان و سرعت چرخشی) مورد کنکاش قرار گرفته است.

## مواد و روش‌ها

### پودر ثعلب

پودر ثعلب تجاری از فروشگاه‌های عطاری سنتی تهران تهیه شد. البته، متأسفانه، از ترکیب، میزان خلوص و گونه‌ی ثعلب اطلاع دقیقی در دست نیست. در ضمن، مقداری ثعلب غده‌ای با رنگ قهوه‌ای روشن نیز از عطاری‌های تهران خریداری شد که غده‌ها پس از شست و شو، خیساندن در آب جوش و خشک کردن توسط مخلوط کن براون با دور بالا خرد شده سپس توسط آسیاب آزمایشگاهی CH- 8637 مدل AQC 109 (Laupen/ Wald, Germany) آسیاب گردیدند اما به دلیل سفت بودن بیش از حد غده‌ها، دانه‌های حاصله نسبتاً درشت بودند، برای جداسازی ذرات هم از الک پارس - بابک ASTM No: 40 (قطر سوراخ ها ۰/۴۲ میلی‌متر) استفاده شد.

### تهیه بافر

برای تهیه محلول‌های بافری حدود خشتی، به‌ازای هر لیتر آب مقطر به میزان ۰/۰۵ گرم پودر ایمیدازول سیگما با خلوص ۹۹

*Anacamptis pyramidalis, Orchis mascula L.* این گیاه، صمغ ثعلب تهیه می‌شود (۱). غده‌های این گیاه را، که نام ژنریک تمام غده‌های ارکیده‌هاست، ثعلب می‌نامند. برای تهیه پودر ثعلب، غده‌های مذکور را پس از خارج کردن از زمین به خوبی با آب شست‌وشو داده سپس در آب جوش قرار می‌دهند تا بافت‌های آنها نرم شوند سپس غده‌ها را برای خشک کردن روی سبد چیده یا به نخ می‌کشند (۱ و ۲). این غده‌ها حاوی حدود ۵۰ درصد مانوز و گلوکز، مقداری آلومین، ۳۰ درصد نشاسته و دیگر قندها و مقداری رطوبت می‌باشند (۲). ثعلب، دارای مصرف‌های گوناگونی بوده ولی بیش‌ترین کاربرد آن در صنعت غذا مربوط به کمک به ایجاد بافت در بستنی‌های سنتی یا تولید نوعی نوشیدنی محلی است. هم‌چنین از ثعلب بعضاً به عنوان داروی گیاهی نیز استفاده می‌شود (۶ و ۱۱).

صمغ‌ها از گذشته‌های دور به صورت صنعتی و خانگی مورد استفاده قرار می‌گرفتند. صمغ‌ها (هیدروکلوئیدها)، بسپارهای زیستی (بیوپلیمرهای) آب‌دوست با وزن مولکولی بالا هستند که در صنایع غذایی جهت کنترل و بهبود بافت، طعم و افزایش پایداری به کار می‌روند. لفظ هیدروکلوئید برای تمام چندقندی‌هایی که از گیاهان، دانه‌ها و منابع میکروبی به دست می‌آیند به‌کار می‌رود (۹). در صنعت غذا، اغلب از صمغ‌ها برای ایجاد ویژگی‌های عملکردی استفاده می‌کنند (۱۲).

اساساً ویژگی‌های رئولوژیکی صمغ‌ها، به‌ویژه زمانی که در ترکیب مواد غذایی استفاده می‌شوند و سبب ایجاد بافت در فرآورده‌های غذایی می‌گردند، از اهمیت بسیار بالایی برخوردار بوده و این ویژگی‌ها از لحاظ تأثیری که روی کیفیت فرآورده‌های غذایی می‌گذارند هم حائز اهمیت هستند. هم‌چنین، از این ویژگی‌ها در انتخاب اندازه و نوع پمپ‌ها، شیوه‌ی استخراج، استفاده از صافی‌ها و غیره نیز کمک می‌گیرند (۱۲). به همین دلیل، همانند سایر صمغ‌ها، پژوهش‌های چندی هم در رابطه با ویژگی‌های رئولوژیکی صمغ ثعلب در جهان صورت گرفته از آن جمله، کایا و تکین، اثر دما و غلظت ثعلب را روی گرانروی در محلول آن بررسی کردند (۱۱). پژوهشگرانی نیز

(Brookfield Engineering Laboratories Inc., USA) RVDV-II+ استفاده شد. این دستگاه دارای قابلیت تنظیم سرعت چرخشی (۲۰۰-۰ دور بر دقیقه)، نوع دوک (۷-۲) و واحد اندازه‌گیری میلی پاسکال. ثانیه یا سانتی پواز (mPa·s یا cP) می‌باشد. در این بررسی از دوک شماره ۲ با قطر ۴۸ میلی‌متر برای تمام اندازه‌گیری‌ها استفاده شد. این دستگاه دارای دو نوع محافظ دوک بود که در این پژوهش از محافظ RV استفاده گردید. طبق دستور کار دستگاه باید برای انجام اندازه‌گیری از بشر ۶۰۰ میلی‌لیتری مخصوص استفاده کرده و محلول را تا خط نشانه موجود روی دوک در داخل بشر پر نمود. پس از ریختن محلول‌ها داخل بشر، برای انجام آزمایش‌ها، اجازه داده شد تا حباب‌های هوا خارج شوند. سپس سرعت‌ها و کد دوک به دستگاه داده شد و با روشن کردن دستگاه، گرانشی در هر سرعت چرخشی اندازه‌گیری و ثبت گردید.

#### اندازه‌گیری مدت زمان جذب آب

برای انجام این آزمایش، محلول‌های پودر ثعلب با غلظت ۳ و ۵ گرم در لیتر در بافر با پ هاش ۷ تهیه و در دمای محیط نگهداری شدند و گرانشی آنها در سرعت چرخشی ثابت در فاصله‌های زمانی دو ساعته به مدت ۲۴ ساعت اندازه‌گیری شد. این آزمایش‌ها در سه تکرار انجام و میانگین تکرارها به عنوان نتایج نهایی در نظر گرفته شد.

#### تیمار دمایی

جهت انجام این آزمایش، ابتدا محلول‌هایی با غلظت ۳، ۵ و ۷ گرم در لیتر در بافر با پ هاش ۷ تهیه سپس در دماهای ۵، ۱۵، ۲۵، ۳۵، ۴۵ و ۵۵ درجه سانتی‌گراد به مدت یک شب نگهداری شدند. آنگاه، گرانشی آنها در همان شرایط دمایی اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری‌ها در سه تکرار و در سرعت چرخشی ۵۰ دور بر دقیقه انجام شدند.

#### تجزیه و تحلیل آماری

برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel 2003 و برای محاسبه میانگین و انحراف معیار داده‌ها از روش‌های معمول آماری استفاده شد.

درصد (St. Louis, MO) به آب مقطر اضافه شد. نظر به این که پ هاش آب اغلب با اضافه کردن ثعلب یا هر ترکیب دیگری تغییر کرده و برای آن که تمام نمونه‌ها از شرایط پ هاش یکسان برخوردار باشند از ایمیدازول، به عنوان تثبیت کننده پ هاش، استفاده شد. ایمیدازول باعث شد تا آب، خاصیت بافری پیدا کند و در اثر افزودن مقادیر مختلف ثعلب، پ هاش تنظیم شده اولیه آن ثابت بماند (۸). برای تهیه بافرهای با پ هاش های متفاوت هم از اختلاط نسبت‌های مختلفی از اسید سیتریک و سدیم منو فسفات دو بازی استفاده شد.

#### تهیه محلول‌های صمغ ثعلب

برای این منظور، مقدار ۵۰۰ میلی‌لیتر بافر به بشر ۶۰۰ میلی‌لیتری منتقل و ضمن هم زدن توسط هم‌زن مغناطیسی مدل ۳۰۰۱ (Heidolph, Germany)، پودر ثعلب (بسته به مورد برای تهیه غلظت‌های ۱ الی ۱۰ گرم در لیتر) را با آرامی و به تدریج به آن افزوده و در نهایت محلول نسبتاً یک‌نواخت تهیه شده توسط مخلوط‌کن دستی (شش سرعت Black & Decker M 180) با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه، به مدت یک دقیقه هم زده شد. بعد از خروج حباب‌های هوا، درب بشر با زورق آلومینیومی بسته شد و نمونه‌ها در دمای آزمایشگاه به مدت یک شب نگهداری گردیدند. لازم به ذکر است که نمونه‌های حاوی ۱ و ۲ گرم در لیتر به دلیل گرانشی ظاهری خیلی پایین و نمونه‌های حاوی ۸ الی ۱۰ گرم در لیتر به دلیل ژله‌ای بودن بیش از حد مورد مطالعه قرار نگرفتند.

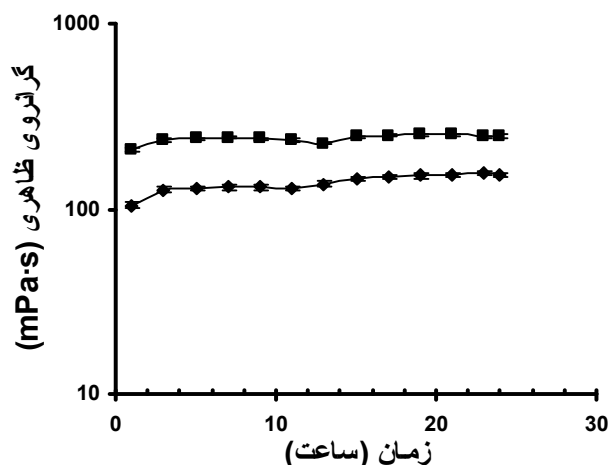
البته، نمونه‌های ۳ و ۵ گرم در لیتر محلول ثعلب از غده‌های پودر شده نیز تهیه شد (به قسمت پودر ثعلب نگاه کنید). اما به دلیل وجود ناخالصی‌ها و بزرگ بودن ذرات، جذب آب به کندی صورت گرفت و پس از مدت کوتاهی محلول ته‌نشین شد و به صورت دو فاز در آمد. در ضمن، بعد از ۲۴ ساعت خاصیت صمغی و ژله‌ای ضعیفی مشاهده گردید.

#### اندازه‌گیری گرانشی ظاهری

برای این منظور از دستگاه گرانشی سنج برنامه‌پذیر بروکفیلد

پ هاش ۷ و دمای ۲۵ درجه در شکل ۲ (الف و ب) نشان داده شده است. با مشاهده رفتار نمونه‌ها در غلظت‌های مختلف می‌توان نتیجه‌گیری کرد که این سیال در غلظت‌های تا ۴ گرم در لیتر تقریباً رفتار نیوتونی داشته در مقابل، محلول‌های با غلظت ۵ گرم در لیتر و بالاتر رفتار شبه‌پلاستیک از خود نشان دادند. در این نمونه‌ها، گرانروی با افزایش سرعت چرخشی به صورت غیرخطی کاهش یافت. در تأیید این یافته‌ها، کایاسیر و دوغان گزارش کردند که محلول‌های حاوی ثعلب به همراه سایر صمغ‌ها خاصیت غیرنیوتونی از خود نشان می‌دهد و محلول گوار در غلظت‌های کم‌تر از ۲۵٪ درصد خاصیت نیوتونی دارد (۱۲). در یک پژوهش دیگر مشاهده شد که محلول آبی ثعلب رفتار شبه‌پلاستیک داشته (۱۰) در ضمن کایا و تکین رفتار محلول شیری ثعلب با شکر را غیرنیوتونی ارزیابی کردند. البته آنها عنوان کردند که افزایش غلظت ثعلب در محلول‌های آبی سبب تبدیل رفتار محلول از حالت نیوتنی به غیرنیوتونی می‌شود (۱۱). در ضمن، رفتار مشابهی هم در محلول صمغ کتیرا در غلظت‌های مختلف گزارش شده است (۴).

از آن جایی که سرعت چرخشی بیشتر به عنوان یک متغیر تجربی مطرح بوده و اغلب در بررسی‌های علمی از متغیری به نام سرعت برشی استفاده می‌شود. لذا، در این بررسی با استفاده از رابطه‌های ریاضی ارائه شده توسط میچکا (۱۴) سرعت‌های چرخشی و گشتاورها به سرعت برشی و تنش برشی تبدیل و نمودار رفتار جریان نمونه‌ها بر این اساس مورد مقایسه قرار گرفتند (شکل ۲ ب). همان‌طور که ملاحظه می‌شود، با افزایش سرعت برشی در غلظت‌های ۳ و ۴ گرم در لیتر گرانروی به صورت خطی افزایش یافته ولی در غلظت‌های ۵، ۶ و ۷ گرم در لیتر با افزایش سرعت برشی، گرانروی به صورت غیر خطی کاهش یافته است. در مرحله بعد برای تأیید نتایج حاصل از مراحل قبل، نمودار سرعت برشی در مقابل تنش برشی برای هر پنج غلظت رسم گردید (شکل ۳). همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، نه تنها نتایج مراحل قبل تأیید شد بلکه این یافته‌ها با مبانی نظری و تعریفی سیال‌های نیوتنی و غیرنیوتنی (شبه‌پلاستیک) هم کاملاً مطابقت داشتند (۳).



شکل ۱. تأثیر مدت زمان جذب آب روی گرانروی ظاهری محلول پودر ثعلب در بافر پ هاش ۷ و دمای ۲۵ درجه در دو غلظت ۳ و ۵ گرم در لیتر اندازه‌گیری شده در سرعت چرخشی ثابت ۵۰ دور بر دقیقه.

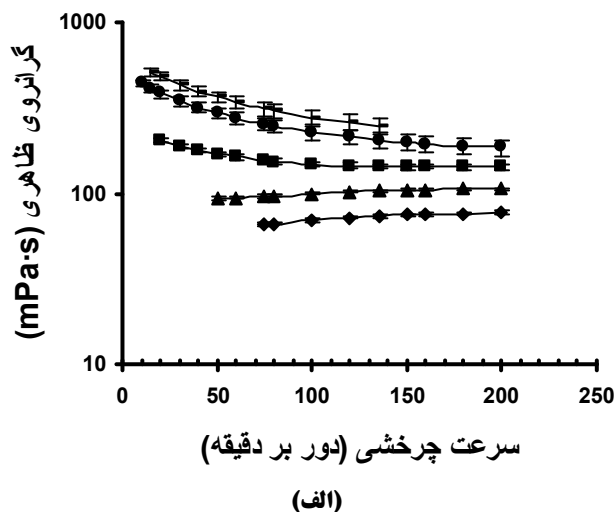
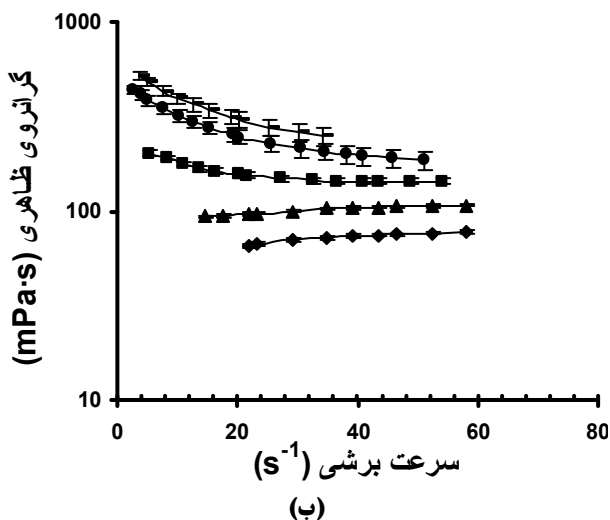
## نتایج و بحث

### اثر مدت زمان جذب آب

نظر به این که اغلب هیدروکلوئیدهای طبیعی به حدود چندین ساعت زمان جهت جذب کامل آب نیاز دارند لذا، در این بررسی آزمایش‌های مورد نظر پس از نگهداری محلول‌ها به مدت ۲۴ ساعت در شرایط دمایی مشخص انجام شد. ولی برای ارزیابی این نظریه کلی، میزان تغییرات گرانروی نسبت به زمان را به عنوان شاخصی برای تعیین میزان جذب آب، در یک چرخه ۲۴ ساعته، مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۱). همان‌طور که ملاحظه می‌شود تغییرات گرانروی نسبت به زمان ناچیز بوده و قابل صرف‌نظر کردن است. بنابراین، شاید بتوان گفت که ثعلب برخلاف برخی صمغ‌ها نیاز چندانی به سپری شدن زمان طولانی برای جذب آب ندارد و پس از حل شدن کامل آن در آب در مدت کوتاهی جذب آب آن به بیشترین مقدار ممکن می‌رسد که این مسأله شاید به دلیل کوچک بودن ذرات پودر ثعلب تجاری و یا ساختار شیمیایی آب‌دوست آن باشد.

### اثر سرعت چرخشی

تأثیر سرعت چرخشی (۰-۲۰۰ دور بر دقیقه) روی گرانروی ظاهری محلول‌های ۳، ۴، ۵، ۶ و ۷ گرم در لیتر پودر ثعلب در



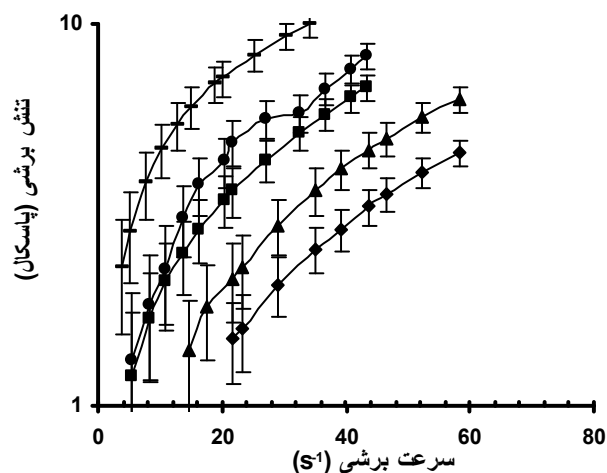
شکل ۲. نمایش رفتار جریان محلول‌های پودر ثعلب در غلظت‌های مختلف (۷، ۶، ۵، ۴، ۳، ۲ گرم در لیتر) در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و پ هاش ۷ (الف) سرعت چرخشی در مقابل گرانیوی ظاهری (ب) سرعت برشی در مقابل گرانیوی ظاهری.

از غلظت ۵ و ۷ گرم در لیتر به عنوان نماینده غلظت‌های متوسط (دارای رفتار جریان شبه‌پلاستیک) استفاده شد. همان‌گونه که در شکل ۴ ملاحظه می‌شود با افزایش دما، در تمام غلظت‌ها، گرانیوی کاهش یافته است و نشان می‌دهد که این سیال در هر دو حالت (نیوتونی و شبه‌پلاستیک) نسبت به تغییرات دما رفتار مشابهی دارد. کایا و تکین هم گزارش کرده‌اند که محلول شیر، شکر و ثعلب در هر دمایی حالت غیرنیوتونی خود را حفظ کرده ولی افزایش دما سبب کاهش گرانیوی آن می‌گردد (۱۱).

کاهش گرانیوی در اثر افزایش دما در بیش‌تر سیال‌ها اتفاق می‌افتد. این امر اغلب به دلیل کاهش میزان نیروهای داخلی و اصطکاک بین مولکولی در سیال می‌باشد. در مورد بسیاری اعتقاد بر این است که در دماهای بالاتر مولکول‌ها کم‌تر در هم گره می‌خورند لذا تنش برشی کم‌تری برای به حرکت درآوردن مولکول در محلول لازم است (۴ و ۵). در حقیقت می‌توان گفت سیال با افزایش دما روانی بیش‌تری پیدا می‌کند و راحت‌تر جریان می‌یابد. این تغییرات در هر سه غلظت تقریباً خطی است. یعنی افزایش دما به یک نسبت گرانیوی محلول‌های با غلظت‌های مختلف را کاهش داده است.

#### اثر غلظت

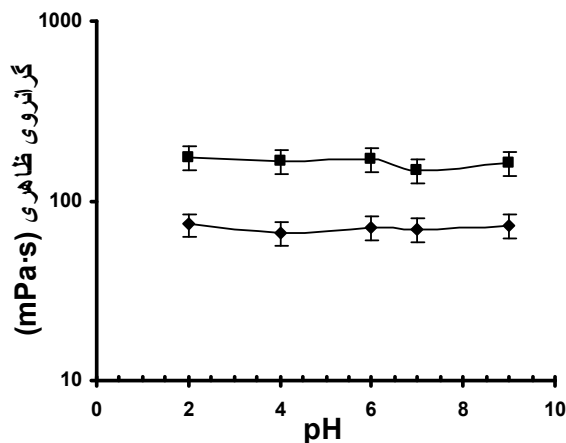
همان‌گونه که در شکل ۵ می‌توان دید گرانیوی با افزایش غلظت



شکل ۳. نمایش تغییرات سرعت برشی در مقابل تنش برشی در محلول‌های پودر ثعلب در غلظت‌های مختلف (۷، ۶، ۵، ۴، ۳، ۲ گرم در لیتر) در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و پ هاش ۷.

#### اثر دما

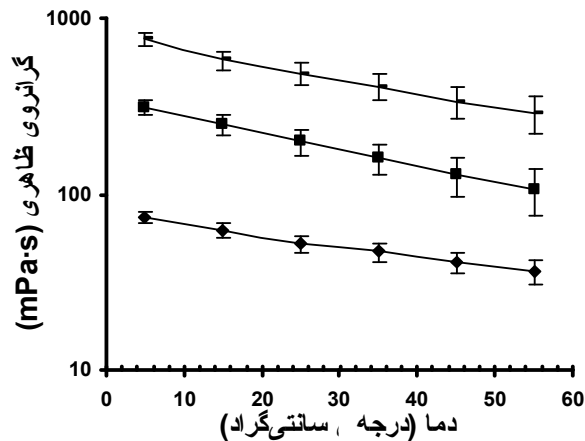
اولاً، یافته‌های این بررسی نشان داد که حلالیت ثعلب در دمای محیط بهتر از دماهای بالا بوده و عمل هم‌زدن و انجام عملیات مکانیکی نیز حلالیت و آب‌گیری آن را افزایش می‌دهد. در ضمن، برای بررسی تاثیر دما (دامنه دمایی ۵ تا ۵۵ درجه سانتی‌گراد) روی رفتار جریان محلول‌های پودر ثعلب از غلظت ۳ گرم در لیتر آن به عنوان نماینده غلظت‌های پایین (دارای رفتار نیوتونی) و



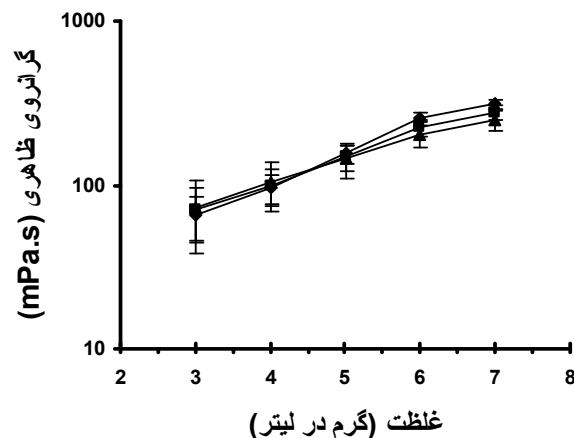
شکل ۶. نمایش تاثیر پ هاش روی گرانیوی ظاهری محلول پودر ثعلب در پ هاش ۷ و دمای ۲۵ درجه سانتی گراد در دو غلظت مختلف (◆، ۳؛ ■، ۵ گرم در لیتر) و سرعت چرخشی ثابت ۱۰۰ دور بر دقیقه.

#### اثر پ هاش

میزان پ هاش طبیعی ثعلب در آب مقطر بین ۵/۵ تا ۵/۸ اندازه گیری شد. رنگ محلول ثعلب نیز در پ هاش های اسیدی سفید، در پ هاش های حدود خشی شیری و در پ هاش های بازی متمایل به زرد بود که این تغییر رنگ را تا حدودی می توان به میزان انحلال مواد مختلف قندی، پروتئینی و املاح در شرایط پ هاشی متفاوت نسبت داد. در ضمن، جهت بررسی تاثیر پ هاش روی رفتار محلول صمغ ثعلب، گرانیوی محلول های با غلظت ۳، ۵ و ۷ گرم در لیتر در پ هاش های ۲، ۴، ۶، ۷، ۹ و ۱۱ اندازه گیری شد. لازم به گفتن است که محلول های تهیه شده در بافر با پ هاش ۱۱ از لحاظ پایداری مشکل داشتند به طوری که تمام نمونه ها پس از ۲۴ ساعت رسوب دادند. این یافته احتمالاً نشان گر ناپایداری این صمغ در پ هاش های بازی قوی می باشد. محلول ۷ گرم در لیتر هم تقریباً در اغلب بافرها محلول همگنی ایجاد نکرد. در پ هاش های پایین تر از ۷ کلوخه تشکیل شد که در اثر هم زدن هم رفع نمی شد. در پ هاش های بالای ۷ نیز بعد از مدتی رسوب ایجاد می شد که در اثر تکان دادن هم محلول همگن نمی شد. پس این غلظت در این مرحله از آزمایش ها حذف و تنها غلظت های ۳ و ۵ گرم در لیتر بررسی شدند. البته غلظت های ۶ و ۴ گرم در لیتر هم تهیه شدند و در چند سرعت، گرانیوی آنها در پ هاش های مختلف اندازه گیری شد که به دلیل تشابه نتایج آنها با



شکل ۴. نمایش تاثیر دما روی گرانیوی ظاهری محلول پودر ثعلب در پ هاش ۷ و دمای ۲۵ درجه سانتی گراد در غلظت های مختلف (◆، ۳؛ ■، ۵؛ ●، ۷ گرم در لیتر) و سرعت چرخشی ثابت ۵۰ دور بر دقیقه.



شکل ۵. نمایش تاثیر غلظت روی گرانیوی ظاهری محلول پودر ثعلب در پ هاش ۷ و دمای ۲۵ درجه سانتی گراد در سرعت های چرخشی مختلف (◆، ۷۵؛ ■، ۱۰۰؛ ▲، ۱۳۵).

پودر ثعلب، در سرعت های چرخشی ثابت، افزایش یافته است. به ازای تقریباً دو برابر شدن غلظت، گرانیوی ظاهری حدوداً چهار برابر شده است. به طوری که با افزایش غلظت از ۳ گرم در لیتر به ۷ گرم در لیتر گرانیوی شش برابر می گردد بررسی های انجام شده توسط کایا و تکین هم نشان می دهد که گرانیوی محلول آبی ثعلب به شدت تحت تاثیر غلظت می باشد و افزایش غلظت سبب افزایش شدید گرانیوی می شود (۱۱). در محلول آبی کتیرا هم گزارش شده که گرانیوی به شدت تحت تاثیر غلظت است و با دو برابر کردن غلظت کتیرا گرانیوی ۹-۶ برابر می شود (۴ و ۵).

- محدودی بهبود می‌بخشد.
- پ هاش طبیعی آن در آب بین ۵/۵ تا ۵/۸ و این صمغ در پ هاش‌های اسیدی و خنثی پایداری خوبی داشته در حالی که در پ هاش‌های بازی بسیار ناپایدار می‌باشد.
- محلول‌های رقیق آن رفتار نیوتونی و محلول‌های با غلظت‌های متوسط آن رفتار شبه‌پلاستیک از خود نشان دادند.
- افزایش دما و غلظت به ترتیب سبب کاهش و افزایش گرانی می‌شوند.
- پ هاش در محدوده اسیدی و خنثی تأثیری روی میزان گرانی نداشت و گرانی محلول‌های ثعلب نیز با گذشت زمان تغییر نمی‌کند.

غلظت ۳ و ۵ گرم در لیتر، در این‌جا آورده نشدند (شکل ۶). همان‌طور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود، تغییرات گرانی در پ هاش‌های مختلف در یک سرعت چرخشی ثابت، ناچیز و در غلظت ۳ و ۵ گرم در لیتر، گرانی در تمام پ هاش‌ها تقریباً یکسان بوده است و نتایج حاکی از آن است که پ هاش محلول تأثیری در گرانی و ویژگی‌های رئولوژیکی سیال ندارد.

## نتیجه‌گیری

یافته‌های این بررسی نشان داد:  
• حلالیت ثعلب در دمای محیط بهتر از دماهای بالا بوده و عمل هم‌زدن و عملیات مکانیکی میزان حلالیت و جذب آب آن را تا

## منابع مورد استفاده

۱. زرگری، ع. ۱۳۷۱. گیاهان دارویی. چاپ پنجم، انتشارات دانشگاه تهران.
۲. زمان، س. ۱۳۷۴. گیاهان دارویی، روش‌های کشت، برداشت و شرح مصور رنگی ۲۵۶ گیاه (تألیف زان ولاگ و ژیری). انتشارات ققنوس، تهران.
۳. عباسی، س. ۱۳۸۶. رئولوژی مواد غذایی (بافت و گرانی مواد غذایی: مفهوم و اندازه‌گیری) انتشارات مزدانش، تهران.
۴. عباسی، س. و س. رحیمی. ۱۳۸۴. بررسی تأثیر غلظت، دما، پ هاش و سرعت چرخشی روی رفتار جریان محلول صمغ کتیرای ایرانی. مجله علوم و صنایع غذایی ایران ۲(۴): ۲۹-۴۱.
۵. کیومرثی، الف. ۱۳۸۰. مطالعات رئولوژی محلول صمغ کتیرای ایرانی. اولین سمینار ملی علوم و فناوری رنگ، دانشگاه مالک اشتر، تهران.
۶. محمدزاده بزمی، م. ۱۳۸۰. اثر پایدار کننده‌ها بر روی خواص سطحی و چسبندگی بستنی. پایان نامه کارشناسی ارشد صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.
۷. محمدیان، ح. ۱۳۷۶. گل‌های ارکید ایران (تألیف ج. رنتس). انتشارات رهنما، تهران.
8. Abbasi, S. and E. Dickinson. 2004. Gelation of *t*-carrageenan and micellar casein mixtures under high hydrostatic pressure. J. Agric. Food Chem. 52:1705–1714.
9. Dickinson, E. 2003. Hydrocolloids at the interfaces and the influence on the properties of dispersed system. Food Hydrocolloids 17: 25–39.
10. Dogan, M. and A. Kayacier. 2004. Rheological properties of reconstituted hot *salep* beverage. Int. J. Food Properties 7: 683–691.
11. Kaya, S. and A. R. Tekin. 2001. The effect of *salep* content on the rheological characteristics of a typical ice-cream mix. J. Food Eng. 47: 59–62.
12. Kayacier, A. and M. Dogan. 2006. Rheological properties of some gums-*salep* mixed solutions. J. Food Eng. 72: 261–265.
13. Maskan, M. 1999. Rheological behavior of liquorice (*Glycyrrhiza glabra*) extract. J. Food Eng. 39: 389–393.
14. Mitschka, P. 1982. Simple conversion of Brookfield R. V. T. readings into viscosity functions. Rheologica Acta 21: 207–209.