

مقایسه برخی ترکیبات شیمیایی و ویژگی‌های رئولوژیک صمغ کتیرای ایرانی تراویده

از دو گونه گون *A. rahensis* و *A. floccosus*

عزیزالله زرگران^۱، محمدامین محمدی فر^۲، سیما بلاغی^۱

- ۱- دانشآموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی
۲- نویسنده مسئول: استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، انتستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، پست الکترونیکی: mohamdif@ut.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۸۷/۱۰/۲

تاریخ دریافت: ۸۷/۸/۲۹

چکیده

سابقه و هدف: مطالعات متعددی در زمینه انواع ویژگی‌های ساختاری، عملکردی و کاربردی صمغ‌های به دست آمده از منابع مختلف انجام شده است. با وجود این، تا کنون تحقیق جامعی در خصوص ویژگی‌های مذکور در مورد صمغ تراویده از گونه‌های مختلف گیاه گون، صورت نگرفته است. هدف از این مطالعه، تعیین و مقایسه برخی خصوصیات شیمیایی صمغ کتیرای دو گونه گون ایرانی *A. rahensis* و *A. floccosus* و بررسی تاثیر دما، غلظت و قدرت یونی بر ویژگی‌های رئولوژیک آنها بود.

مواد و روش‌ها: رطوبت، خاکستر و پروتئین، طبق استانداردهای ایران اندازه‌گیری شد. میزان برخی فلزات، با استفاده از دستگاه ICP-AES تعیین شد. کلیه آزمون‌های رئولوژیک، با استفاده از دستگاه رئومتر MCR 301 شرکت Anton Paar در شرایط قوام(m) و اندیس جریان(n) در مدل قانون نمایی، برای هر دو گونه تعیین شد. به منظور تعیین حساسیت قوام صمغ نسبت به دما، در شرایط مختلف، از مدل آرنیوس استفاده شد.

یافته‌ها: گونه *A. floccosus* دارای رطوبت و خاکستر بیشتر و پروتئین کمتر بود. بین مقادیر فلزات دو گونه، به غیر از آهن و "روی"، اختلاف آماری معنی‌داری ($p < 0.05$) وجود داشت. با افزایش نرخ برش، گرانزوی ظاهری هر دو گونه، در تمام غلظت‌ها کاهش یافت. در شرایط آزمایش یکسان، از نظر غلظت، دما و قدرت یونی، گرانزوی ظاهری ایجاد شده توسط گونه *A. floccosus* نسبت به گونه *A. rahensis* بیشتر بود. افزایش قدرت یونی باعث کاهش گرانزوی ظاهری در تمام موارد برای هر دو گونه شد. در شرایط یکسان، ضریب قوام گونه *A. floccosus* نسبت به گونه *A. rahensis* بیشتر و اندیس جریان، کمتر بود. حضور نمک، باعث کاهش ضریب قوام هر دو گونه شد.

نتیجه‌گیری: انتخاب و استفاده از صمغ‌ها در فرایندهای غذایی مختلف (پایدارسازی نوشابه‌ها، استفاده از جایگزین‌های چربی، ریزپوشانی و تامین خصوصیات دهانی مناسب)، مستلزم شناخت دقیق خصوصیات عملکردی آنها است. در این تحقیق، نشان داده شد که گونه‌های مختلف صمغ کتیرا، ویژگی‌های متفاوتی دارند و بنابراین، در شاخه‌های مختلف صنایع غذایی (لبنیات، غلات، نوشیدنی‌ها، سس‌ها و...) برای ایجاد ویژگی‌های کاربردی خاص، باید از گونه معین کتیرا استفاده کرد.

وازگان کلیدی: صمغ کتیرا، رئولوژی، ترکیبات شیمیایی، قدرت یونی، دما

• مقدمه

منابع مختلف گیاهی، حیوانی، میکروبی و جلبکی به دست می‌آیند^(۳).

عبارت هیدروکلورید به مجموعه‌ای از پلی‌ساقاریدها و پروتئین‌ها اطلاق می‌شود که امروزه به دلیل عملکردی‌ای نظیر غلیظ کنندگی، ژل سازی محلول‌های آبی، پایداری کف‌ها، امولسیون‌ها و پراکنش‌ها

کربوهیدرات‌ها، فراوان‌ترین و متنوع‌ترین رده ترکیبات آلی موجود در طبیعت هستند و به طور وسیعی در صنایع مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند. امروزه، فناوری‌های مرتبط با کربوهیدرات‌ها، نقش مهمی در تولید محصولات جدید یا بهبود عملکرد محصولات موجود ایفا می‌کنند^(۲). پلی‌ساقاریدها به عنوان فراوان‌ترین پلیمرهای آلی از

برخی منابع، مطابق استاندارد سال ۱۳۴۶، تنها به ذکر اصطلاح کتیرای مفتولی (گرانروی بالا) یا کتیرای خرمنی (گرانروی پایین) اشاره شده که هریک از این دو نوع کتیرا نیز از گونه‌های متعدد به دست می‌آیند (۱۲، ۱۱). در بسیاری از مطالعات به جای ارائه داده‌های بنیادی (مانند نرخ برش) به ذکر داده‌های تجربی اکتفا شده است (۱۳). همچنین، اثر برخی عوامل مانند قدرت یونی بر خصوصیات رئولوژیک گونه‌های مختلف اساساً مطالعه نشده است. علاوه بر این، به دلیل حساسیت پایین دستگاه‌های مورد استفاده، داده‌های مربوط به نرخ‌های برش پایین، ارائه نشده است. لذا انجام پژوهشی که بتواند نقایص پژوهش‌های پیشین را برطرف سازد، ضروری به نظر می‌رسید. امروزه، ثابت نبودن کیفیت کتیرا یکی از مشکلات صادرات کتیرا به شمار می‌رود. اما نکته مثبت می‌تواند این باشد که متفاوت بودن نتایج، نشان‌دهنده خصوصیات عملکردی متفاوت گونه‌های مختلف است و بنابراین، انتظار می‌رود گونه‌های مختلف کتیرا، جایگزین مناسبی برای گستره وسیعی از صمغ‌ها باشد.

تعیین خصوصیات شیمیایی و عملکردی این گونه‌ها از ابعاد گوناگون، مورد توجه است. بررسی و تعیین خصوصیات فیزیکی، شیمیایی گونه‌های مختلف صمغ، می‌تواند مبنایی برای مقایسه آنها با یکدیگر یا سایر هیدروکلوریدها باشد و قابلیت استفاده از آنها را برای تولید و توسعه محصولات غذایی، دارویی، آرایشی و شیمیایی موجود یا محصولات جدید نشان دهد. متأسفانه، صادرات به بازارهای جهانی، دچار روند نزولی شده است؛ به طوری که میزان صادرات از ۴ میلیون کیلوگرم در سال ۱۳۴۳ به ۲۰۰ تا ۴۰۰ هزار کیلوگرم در سال‌های اخیر کاهش یافته است (۱۲).

هدف از این مطالعه، انجام یک پژوهش تجربی جهت تعیین برخی ترکیبات شیمیایی و بررسی اثر دما، غلظت، قدرت یونی و نرخ برش بر ویژگی‌های رئولوژیک کتیرای تراویده از دو گونه گون ایرانی *A. floccosus* و *A. rahensis* بود.

(Dispersion) ممانعت از تشکیل کریستال شکر و یخ و آزاد کردن کنترل شده عطر و طعم، به طور گستردگی در صنایع مختلف به کار می‌روند (۴). ساختار متفاوت پلی‌ساقاریدها باعث ایجاد خصوصیات کاری متفاوتی می‌شود و این دسته از مواد در گستره وسیعی از محصولات به کار می‌روند (۵). صمغ‌های ترشحی، در زمرة قدیمی ترین عوامل قوام‌دهنده و پایدارکننده به شمار می‌روند و با وجود رقابت محصولات رقیب، برخی از این صمغ‌های ترشحی، هنوز در مقادیر زیاد مورد مصرف قرار می‌گیرند.

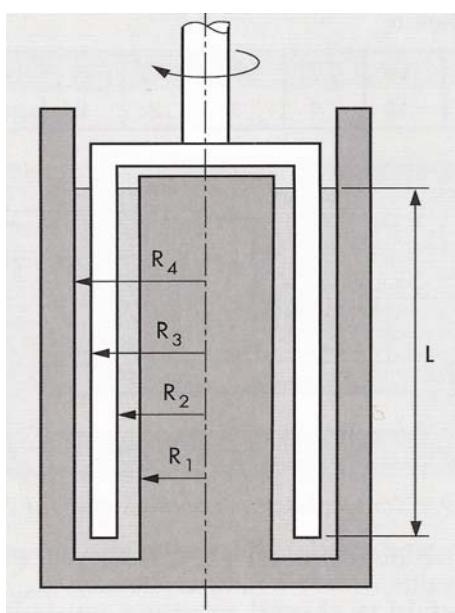
صمغ کتیرا، تراوه خشک شده طبیعی حاصل از برخی گونه‌های *Astragalus* بوده و به عنوان یک هیدروکلورید GRAS باکیفیت، در فهرست فهرست (Generally Recognized As Safe) قرار دارد (۶). این صمغ، به عنوان پایدارکننده، امولسیون کننده، قوام‌دهنده و جایگزین چربی کاربرد وسیعی در صنایع غذایی دارد. در داروسازی نیز به عنوان ژل‌ساز، عامل معلق‌ساز و چسباننده در تهیه قرص‌ها و داروها و ریزپوشانی مواد مختلف مثل ویتامین‌ها و عطر و طعم استفاده می‌شود.

در علم پژوهشی نیز گزارش شده که کتیرا از رشد سلول‌های سرطانی ممانعت کرده (۸، ۹) و مصرف دائمی آن باعث تعدیل قند خون در بیماران دیابتی می‌شود و اثر آن در بهبود زخم‌ها به اثبات رسیده است (۱۰).

در مقایسه با سایر صمغ‌ها، تحقیقات اندکی در مورد خصوصیات ساختاری، عملکردی و کاربردهای کتیرا انجام گرفته است و نتایج به دست آمده از این مطالعات، بسیار متفاوت و گاهی متناقض به نظر می‌رسد. در توجیه این تفاوت‌ها می‌توان به دلایل مختلفی اشاره کرد که به نظر می‌رسد، مهم‌ترین آنها مطالعه روی نمونه‌های حاصل از گونه‌های مختلف گون بوده است. بنابراین، در نظر نگرفتن گونه گون مولد کتیرا یا به سادگی گونه کتیرا بسیاری از نتایج به دست آمده را کاملاً بی‌معنی می‌سازد. به طور مثال، در برخی منابع، گرانروی کتیرا بسیار کم و در برخی، بسیار زیاد اعلام شده است. در

تعیین شد. برای نمونه‌های رقیق ($1/10$ درصد) و به منظور توسعه اندازه‌گیری در نرخ‌های برش پایین، طبق استاندارد شماره DIN ۵۴۴۵۳، از ژئومتری استوانه هم محور دوگانه (double concentric cylinder) (شکل ۱) به ارتفاع $27/59\text{ mm}$ و قطرها، به ترتیب از داخل به خارج $24/661\text{ mm}$ و $23/820\text{ mm}$ استفاده شد که هر دو سطح داخلی و خارجی اسپیندل گردان، با سیال، در تماس است. در تمام آزمایشات، جهت جلوگیری از تبخیر حلال، نمونه با تله حلال، پوشانده شد. برای هر کدام از غلظت‌ها، نمودارهای جریانی (گرانزوی ظاهری در مقابل نرخ برش) در سه دمای 3°C ، 25°C و 45°C به دست آمد. با استفاده از قانون نمایی (Power law) پارامترهای مدل، شامل ضریب قوام (m) و اندیس جریان (n)، برای هر دو گونه صمغ تعیین شد ($\eta_a = m \gamma^{(n-1)}$).

به منظور تعیین حساسیت قوام صمغ نسبت به دما، در شرایط مختلف، از مدل آرنیوس (Arnoldus) استفاده شد ($\ln m = \ln A + E/RT$ ؛ ثابت آرنیوس، A : ثابت جهانی گازها).



شکل ۱- ژئومتری استوانه هم محور دوگانه

روش‌های آماری: تجزیه و تحلیل آماری با برنامه SPSS^{۱۴} انجام شد. نتایج آزمایشگاهی به صورت انحراف $\text{Mean} \pm \text{SD}$ با ۳ تکرار ارائه شد. برای مقایسه

• مواد و روش‌ها

در مرداد ۱۳۸۶، نمونه‌های کتیرای *A. fluccosus* و *A. rahensis* به کمک کارشناسان ادارات کل منابع طبیعی استان‌های سمنان و خراسان، به ترتیب با مراجعه به مراعع روستایی موجن شهرستان شهرود و مراعع روستای دهنۀ اجاق شهرستان اسفراین تهیه شدند. نمک NaCl و آب دیونیزه از شرکت Merck تهیه شد.

آماده سازی محلول‌های صمغ کتیرا: نمونه‌ها با استفاده از آسیاب، پودر شد. با استفاده از الکهای با مشاهای مختلف، پودرهای بین 500 تا $200\text{ }\mu\text{m}$ میکرون به دست آمد. پراکنش‌های صمغ کتیرا در 3°C غلظت $1/1$ ، $1/5$ و $1/25^{\circ}\text{C}$ در 0.2 Molar NaCl در 25°C و همین غلظت‌ها در محلول آبی تهیه شد. پراکنش‌ها با هم زدن به مدت یک ساعت تهیه شدند و به مدت 24 ساعت در دمای 3°C منظور جذب آب نگهداری شد. در تهیه محلول‌ها و پراکنش‌های مختلف، از آب دیونیزه استفاده شد.

آزمون‌های شیمیایی: رطوبت به روش آون، طبق استاندارد ملی شماره ۲۷۰۵، خاکستر به روش کوره، طبق استاندارد ملی شماره ۱۰۳، پروتئین به روش کجلدال، طبق استاندارد ملی شماره ۲۸۶۳ اندازه‌گیری شد. همچنین مقدار فلزات $\text{Na}, \text{K}, \text{Ca}, \text{Mg}, \text{Zn}, \text{Fe}$ با ICP (Miller-Ilhi^{۱۴}) و با استفاده از دستگاه Ultima2 (JOBIN YVON) (مدل فرانسه) مجهز به زنراتور 1000 وات و نبولایزر Meinhard اندازه‌گیری شد.

آزمون‌های رئولوژیک: کلیه آزمون‌ها با استفاده از دستگاه رئومتر ۳۰۱ MCR (ساخت شرکت Anton Paar) انجام شد. برای تنظیم دما، سیستم Peltier plate با حساسیت $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ مجهز به سیرکولاتور آب به کار گرفته شد. تعیین خصوصیات رئولوژیک نمونه‌های با غلظت بالا، $(1/5$ و $1/25^{\circ}\text{C}$ درصد وزنی / وزنی)، با استفاده از ژئومتری صفحه-صفحة (Plate and plate) با قطر 25 mm انجام شد. با توجه به اندازه ذرات موجود در پراکنش و با انجام آزمون موسوم به Gap ramp، میزان Gap (فضای بین صفحه گردان و صفحه ثابت) و در واقع، محل قرارگیری نمونه، معادل با 0.6 mm

اثر افزایش قدرت یونی بر رفتار رئولوژیک دو گونه صمغ با همان سه غلظت، در دماهای مذکور در حضور 0.2NaCl مولار در شکل ۲ ارائه شده است. افزایش قدرت یونی باعث کاهش گرانزوی ظاهری در تمام موارد برای هر دو گونه شد.

در جدول‌های ۳ و ۴ به ترتیب، مقادیر ضریب قوام (m) و اندیس رفتار جریان (n) ارائه شده است. **مدل پاورلا** برای محدوده‌ای از نرخ برش که ضریب همبستگی بالاتر از $0.99/0.85$ بود، استفاده شد. بیشترین مقادیر m مربوط به غلظت‌های $1/5\text{A.floccosus}$ در قدرت یونی صفر بود. **A. rahensis** مقادیر n مربوط به غلظت $1/0.1$ در قدرت یونی 0.2NaCl در قدرت یونی 0.2NaCl مولار بود.

مقدار انرژی اکتیواسیون برای دو غلظت 0.07% و 0.15% و در دو قدرت یونی صفر و 0.2NaCl مولار (به همراه ضریب همبستگی) محاسبه و در جدول ۵ ارائه شده است. بیشترین انرژی اکتیواسیون، مربوط به غلظت 0.07% **A. rahensis** در حضور 0.2NaCl در قدرت یونی 0.2NaCl مولار بود.

جدول ۱- میانگین و انحراف معیار برخی خصوصیات شیمیایی دو گونه کتیرای ایرانی (درصد وزنی- وزنی)

<i>A.rahensis</i>	<i>A.floccosus</i>	ویژگی
$8/79 \pm 0.07b$	$10/4 \pm 0.03a$	رطوبت (درصد)
$2/55 \pm 0.07b$	$2/2 \pm 0.04a$	خاکسترکل (درصد)
$3/82 \pm 0.01b$	$2/59 \pm 0.01a$	پروتئین (درصد)
$84/84 \pm 0.15$	83.81 ± 0.08	*کربوهیدرات (درصد)

*مقادیر کربوهیدرات، از معادله (پروتئین + خاکستر+ رطوبت)- 100 به دست آمد
حروف یکسان، نشان دهنده عدم اختلاف آماری معنی دار در سطح 5% است

میانگین‌های خصوصیات فیزیکی، شیمیایی از آزمون آماری ANOVA استفاده شد.

۰ یافته‌ها

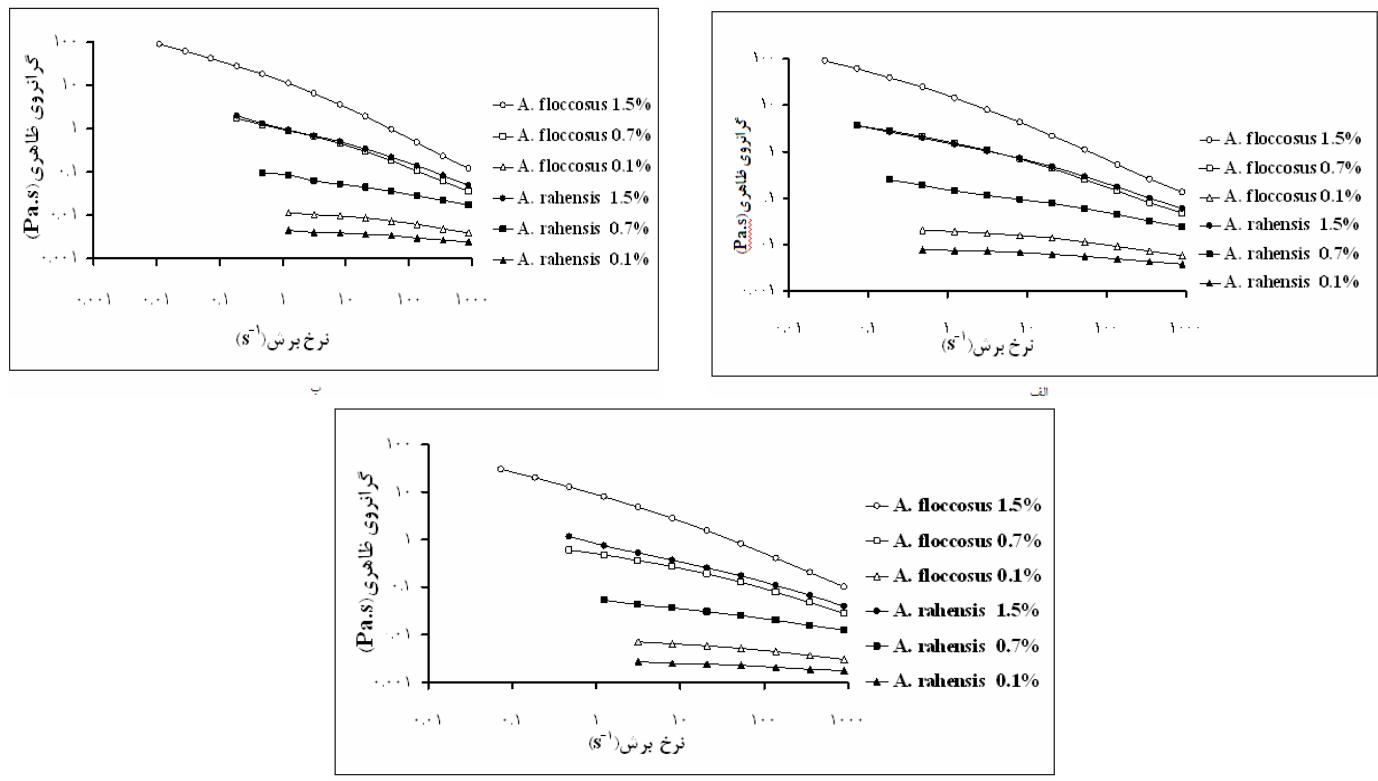
ترکیبات شیمیایی: برخی ویژگی‌های شیمیایی دو گونه صمغ در جدول‌های ۱ و ۲ ارائه شده است. گونه *A.floccosus* دارای رطوبت و خاکستر بیشتر و پروتئین کمتر بود. در جدول ۲ میزان برخی عناصر موجود در دو گونه کتیرای مورد مطالعه، ارائه شده است. بیشترین مقادیر، مربوط به فلزات کلسیم و منیزیم بود. بین تمام مقادیر عناصر موجود در دو گونه، به غیر از آهن و روی، اختلاف آماری معنی‌داری ($p < 0.05$) وجود داشت. میزان روی در هر دو گونه، کمترین مقدار بود.

ویژگی‌های رئولوژیک: اثر نرخ برش بر گرانزوی ظاهری دو گونه صمغ در سه غلظت 0.07% ، 0.15% و 0.07% و به ترتیب در دماهای 30°C و 25°C و 45°C و در حال با قدرت یونی صفر در شکل ۱ ارائه شده است. با افزایش نرخ برش، گرانزوی ظاهری هر دو گونه، در تمام غلظتها کاهش یافت. همچنین، گرانزوی نمونه‌ها، با افزایش غلظت، بیشتر شد. علاوه بر این، با افزایش غلظت، حساسیت گرانزوی ظاهری به نرخ برش، افزایش یافت. بیشترین گرانزوی ظاهری، در شرایط آزمایش، توسط گونه *A.floccosus* ایجاد شد. به عبارت دیگر، در شرایط آزمایش یکسان، از نظر غلظت، دما و قدرت یونی، گرانزوی ظاهری ایجاد شده *A.rahensis* نسبت به گونه *A.floccosus* توسط گونه *A.rahensis* بیشتر بود.

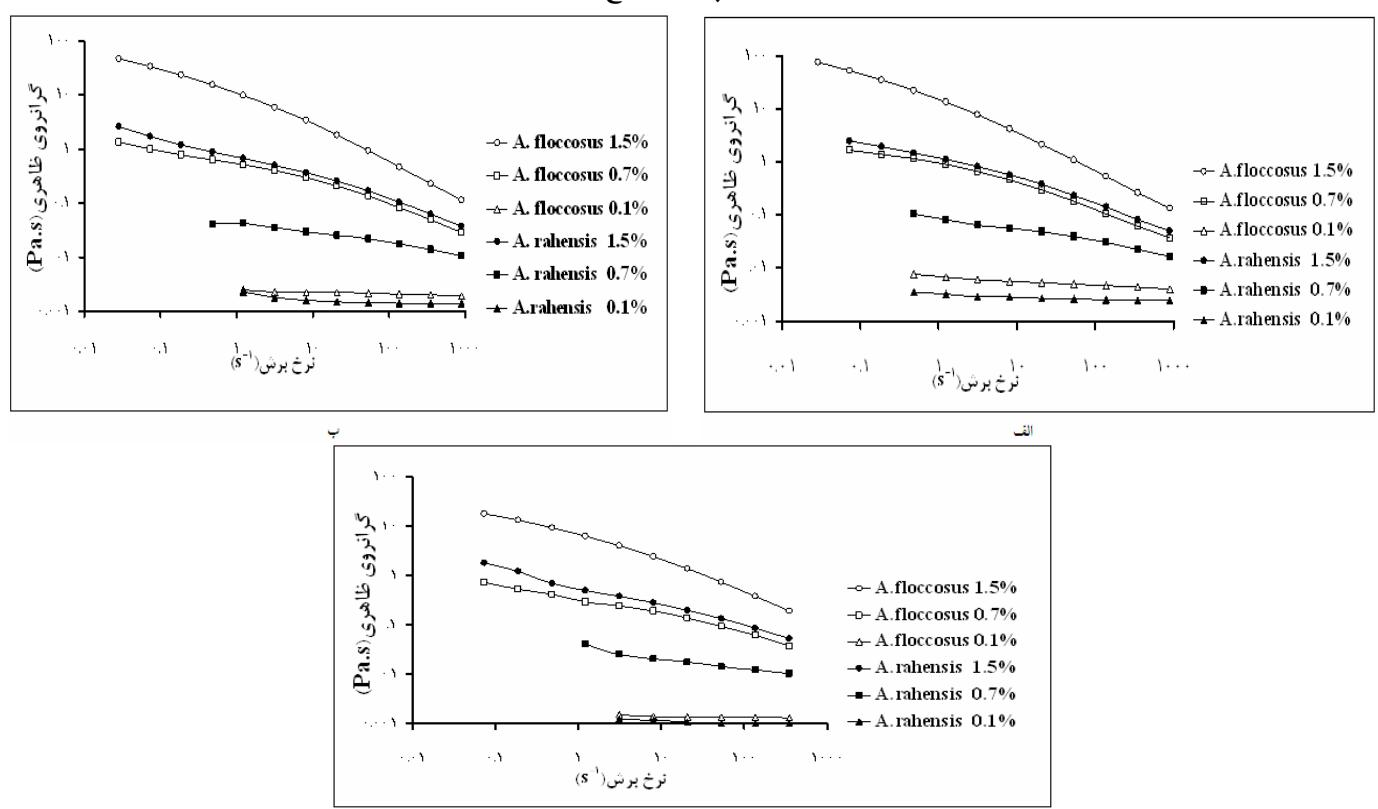
جدول ۲- میانگین و انحراف معیار حذف مقادیر کمی برخی عناصرمعدنی موجود در دو گونه کتیرای ایرانی (میکروگرم بر گرم)

K	Ca	Na	Mg	Fe	Zn	گونه
$2655 \pm 25/76a$	$7450/62 \pm 162/37a$	$63 \pm 2/7a$	$29/83 \pm 0/62a$	$24/38 \pm 0/14a$	$1/8 \pm 0/12a$	<i>A.floccosus</i>
$221/25 \pm 48/81b$	$4842/29 \pm 88/90b$	$100/58 \pm 0/94b$	$54/41 \pm 0/28b$	$24/13 \pm 0/87a$	$1/37 \pm 0/42a$	<i>A.rahensis</i>

حروف یکسان، نشان دهنده عدم اختلاف آماری معنی دار در سطح 5% است



شکل ۱- نمودارهای گرانوی در مقابل نرخ برش، برای سه غلظت ۰/۰/۰/۰/۰/۰/۰٪ درآب دیونیزه در دماهای ۲۵°C (ب) ۳۰°C (ج) ۴۵°C (الف)



شکل ۲- نمودارهای گرانوی در مقابل نرخ برش، برای سه غلظت ۰/۰/۰/۰/۰/۰٪ در ۲M NaCl در دماهای ۲۵°C (ب) ۳۰°C (ج) ۴۵°C (الف)

جدول ۳ - میانگین و انحراف معیار ضریب قوام(m) برای دو گونه صمغ کتیرا، در شرایط مختلف دما، غلظت و قدرت یونی

۱/۵	۰/۷	۰/۱	غلظت (درصد w/w)	قدرت یونی		گونه
				°C	دما	
۲۱/۹۲±۰/۴	۲/۵۴±۰/۰۰۶	۰/۰۳±۰/۰۰۱		۳		<i>A. floccosus</i>
۱۸/۴۶±۰/۶	۱/۶۴±۰/۰۳	۰/۰۲±۰/۰۰۱		۲۵		
۱۴/۱۱±۰/۸	۱/۱±۰/۰۱	۰/۰۰۷۵±۰/۰۰۰۲		۴۵		
۲۰/۶۳±۰/۹	۱/۶۱±۰/۰۲	۰/۰۰۶۸±۰/۰۰۰۲		۳		
۱۷/۳±۰/۰۱	۱/۰۷±۰/۰۰۳	۰/۰۰۳۵±۰/۰۰۰۳		۲۵		
۱۲/۱۲±۱	۰/۶۳±۰/۰۳	۰/۰۰۲۱±۰/۰۰۰۳		۴۵		
۲/۵۹±۰/۰۴	۰/۱۹±۰/۰۰۴	۰/۰۰۹۵±۰/۰۰۰۴		۳		
۱/۶۶±۰/۰۳	۰/۰۹±۰/۰۰۲	۰/۰۰۶۱±۰/۰۰۰۳		۲۵		
۱/۲۳±۰/۰۳	۰/۰۶±۰/۰۰۳	۰/۰۰۲۵±۰/۰۰۰۳		۴۵		
۱/۹۸±۰/۰۵	۰/۱۲±۰/۰۰۶	۰/۰۰۲۸±۰/۰۰۰۲		۳		
۱/۲۷±۰/۰۴	۰/۰۵±۰/۰۰۱	۰/۰۰۱±۰/۰۰۰۱		۲۵		
۰/۹۲۲±۰/۰۹	۰/۰۳±۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۷±۰/۰۰۰۰۳		۴۵		

جدول ۴ - میانگین و انحراف معیار اندیس جربان(n) برای دو گونه صمغ کتیرا، در شرایط مختلف دما، غلظت و قدرت یونی

۱/۵	۰/۷	۰/۱	غلظت (درصد w/w)	قدرت یونی		گونه
				°C	دما	
۰/۲۵±۰/۰۱	۰/۴۱±۰/۰۱	۰/۷۵±۰/۰۰۱		۳		<i>A. floccosus</i>
۰/۲۵±۰/۰۰۴	۰/۴۳±۰/۰۰۳	۰/۷۶±۰/۰۳		۲۵		
۰/۲۷±۰/۰۳	۰/۴۹±۰/۰۲	۰/۸۶±۰/۰۰۳		۴۵		
۰/۲۶±۰/۰۱	۰/۴۴±۰/۰۵	۰/۹۲±۰/۰۴		۳		
۰/۲۶±۰/۰۰۴	۰/۴۶±۰/۰۰۶	۰/۹۶±۰/۰۵		۲۵		
۰/۲۸±۰/۰۳	۰/۵۲±۰/۰۱	۰/۹۸±۰/۰۴		۴۵		
۰/۴۴±۰/۰۱	۰/۶۹±۰/۰۱	۰/۸۶±۰/۰۲		۳		
۰/۴۸±۰/۰۱	۰/۷۴±۰/۰۳	۰/۸۸±۰/۰۲		۲۵		
۰/۴۹±۰/۰۳	۰/۷۶±۰/۰۱	۰/۹۱±۰/۰۰۳		۴۵		
۰/۴۵±۰/۰۱	۰/۷۱±۰/۰۴	۰/۹۷±۰/۰۲		۳		
۰/۴۹±۰/۰۲	۰/۷۶±۰/۰۲	۰/۹۸±۰/۰۴		۲۵		
۰/۵۰±۰/۰۶	۰/۷۹±۰/۰۹	۰/۹۹±۰/۰۴		۴۵		

جدول ۵ - مقادیر ثابت‌های مدل آرنیوس برای دو گونه صمغ در غلظت‌ها و قدرت‌های یونی مختلف

ثابت آرنیوس (Pa.s)	انرژی اکتیواسیون (kj/mol)					گونه
۰/۰ مول نمک	۰ مول نمک	۰/۰ مول نمک	۰ مول نمک	۰/۰ مول نمک (درصد w/w)	۰/۰ مول نمک (درصد w/w)	
۰/۰۰۱۶	۰/۰۰۰۱	۱۵/۹۸ R=۰/۹۷	۱۴/۵۴ R=۰/۹۹	۰/۷		<i>A. floccosus</i>
۰/۴۱	۱/۱۲	۹/۰۸ R=۰/۹۳	۶/۷۸ R=۰/۹۳	۱/۵		<i>A. floccosus</i>
۵/۷۵×۱۰ ^{-۶}	۳/۰۶×۱۰ ^{-۵}	۲۲/۷۸ R=۰/۹۹	۲۰/۰۸ R=۰/۹۹	۰/۷		<i>A. rahensis</i>
۰/۰۰۶	۰/۰۰۹	۱۳/۳۱ R=۰/۹۹	۱۲/۹۸ R=۰/۹۹	۱/۵		<i>A. rahensis</i>

دو گونه صمغ در غلظت‌ها و دماها و قدرت‌های یونی مختلف، مشاهده شد. چنین رفتاری برای بسیاری از هیدروکلوریدها مشاهده شده است (۱۸) کاهش گرانروی ظاهری با افزایش نرخ برش، به افزایش جهت یافتن پلی‌ساقاریدهای سازنده سیستم مورد آزمایش در اثر نرخ برش، نسبت داده می‌شود (۱۹، ۲۰).

اصل‌اً وابستگی گرانروی ظاهری به نرخ برش، در مقادیر پایین تر نرخ برش، کمتر از مقادیر بالا است. با این تفاوت که گرانروی ظاهری در بسیاری از صمغ‌ها، در نرخ‌های برش پایین، ثابت مانده و تابع نرخ برش نیست (شیب نمودار برابر با صفر) و به آن ۱٪ اطلاق می‌شود. در حالی که در مورد کتیرا، در این ناحیه، گرانروی تابع نرخ برش، شیب اندکی دارد. این پدیده در مطالعات پیشین در مورد برخی سیستم‌های ناهمگن و مخلوط‌های پلی‌ساقاریدی مشاهده شده بود (۱۶). دلیل عدم مشاهده ۱٪ می‌تواند این موضوع باشد که صمغ کتیرا از دو جزء محلول (تراگاکانتین) و نامحلول (باسورین) که به ترتیب اندازه شعاع هیدرودینامیک در حدود ۱۰۰ نانومتر و چندصد میکرومتر تشکیل شده است (۱۲) و این دو جزء، پیوند سستی با یکدیگر دارند، به طوری که در آب ساکن یا با سانتریفیوز کردن به سادگی از هم جدا می‌شوند. بنابراین، پراکنش کتیرا در نرخ برش‌های پایین، رفتار ویژه سیستم‌های پلی‌دیسپرزا بروز می‌دهند. اگر نرخ برشی را که در آن، تغییر حساسیت نسبت به برش رخ می‌دهد، نرخ برش بحرانی (٪) بنامیم، آن گاه ملاحظه می‌شود که با افزایش غلظت، نرخ برش بحرانی، به مقادیر کمتر، انتقال می‌باید. در مورد بسیاری از صمغ‌ها نشان داده شده که در نرخ برش‌های کمتر از ٪ گرانروی ظاهری سیال، ثابت باقی می‌ماند و تابع نرخ برش نیست. سیال در این ناحیه، یک رفتار نیوتونی نشان می‌دهد. در حالی که در نرخ برش‌های بزرگ‌تر از ٪ رفتار سودوپلاستیک دارد.

مشخص شده است که هر چه ساختار صمغ، سخت تر (rigid) و گسترده‌تر باشد، در نرخ برش پایین‌تر، رفتار سود و پلاستیک آغاز می‌شود (۲۰). به طور کلی، مواردی نظیر وزن مولکولی، میزان زنجیره‌های جانبی و طول

• بحث

ویژگی‌های شیمیایی: تفاوت در ساختار شیمیایی صمغ‌ها، باعث تفاوت در ویژگی‌های عملکردی آنها می‌شود و به همین دلیل، بر کارایی و کاربرد آنها تأثیر می‌گذارد. همان طور که در جدول‌های ۱ و ۲ مشاهده می‌شود، گونه *A. floccosus* دارای رطوبت و خاکستر بیشتر و پروتئین کمتر است. در مقایسه با نتایج به دست آمده توسط Tester و Debon (۱۵) روی گونه‌ای نامعلوم، مشخص می‌شود که صمغ‌های به دست آمده از گونه‌های مختلف، به لحاظ رطوبت، متفاوت هستند. با توجه به اینکه نمونه‌ها، در شرایط یکسان نگهداری شده‌اند، تفاوت در محتوای رطوبت، نشان دهنده میان‌کنش‌های متفاوت آب-پلی‌ساقارید است. میزان پروتئین بر حسب نیتروژن محاسبه شده با روش کلدار و با استفاده از ضربی تبدیل نیتروژن به پروتئین به دست آمده از منابع پیشین (۱۶) تعیین شد. این بخش پروتئینی می‌تواند از طریق پیوند کووالانت به زنجیره پلی‌ساقاریدی متصل باشد. با وجود این، تحقیقات در مورد وجود این نوع اتصالات ادامه دارد (۱۷).

تحقیقات قبلی نشان دادند که میزان کربوهیدرات موجود در بسیاری از صمغ‌ها از جمله کتیرا، از طریق GLC فرمول با میزان محاسبه شده به روش (Gas- Liquid Chromatography) مطابقت بسیار بالایی دارد (۱۵). به این ترتیب، میزان کربوهیدرات برای هر دو گونه صمغ، محاسبه شد.

از سوی دیگر مشخص شد، عمده‌ترین عناصر موجود در هر گونه، به ترتیب، کلسیم و پتاسیم است که این موضوع با گزارشات قبلی مطابقت دارد (۱۵). با توجه به مقادیر مختلف ترکیبات و عناصر شیمیایی به دست آمده از این تحقیق و تحقیقات پیشین، مشخص می‌شود که ترکیب شیمیایی صمغ، به شدت وابسته به گونه گیاه گون است.

ویژگی‌های رئولوژیک:

اثر نرخ برش بر پارامترهای جریان: رفتار سود و پلاستیک یا نرم شونده با برش (shear thinning) برای هر

شده و در آب خالص، میزان بارهای موجود به دلیل آزاد شدن H^+ از گروههای COOH زیادتر می‌شود. دافعه بین این بارها، موجب ساختار گستردۀ تر و در نهایت گرانروی بالاتر می‌شود. افزودن نمک موجب خنثی شدن این بارها می‌شود. در نتیجه، دافعه کاهش می‌یابد و ساختار پلی‌ساقارید به حالت زنجیره انعطاف‌پذیر در می‌آید و در مجموع گرانروی کاهش می‌یابد. در جدول ۳ مشاهده می‌شود که اثر نمک بر کاهش گرانروی گونه A. *rahensis* بیش از گونه *A. floccosus* است. این موضوع، احتمالاً به دلیل محتوای اورونیک اسید پایین‌تر گونه A. *rahensis* است (۲۵، ۲۶).

اثر دما: همان طور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، انرژی اکتیواسیون به عنوان معیاری از حساسیت ضریب قوام سیال به دما، در مورد گونه A. *rahensis* در هر دو غلظت ۰/۷ و ۱/۵ و در هر دو قدرت یونی، از گونه *A. floccosus* بالاتر است. اصولاً افزودن نمک به سیستم، باعث افزایش حساسیت به دما شده است. هر قدر انرژی اکتیواسیون جریان، کمتر باشد، نشان دهنده میان‌کنش‌های درونی و برونی زنجیره پلی‌ساقارید در غلظت معین است. بنابراین، مشخص می‌شود که در عدم حضور نمک، این میان‌کنش‌ها کمتر بوده و در واقع وجود بارهای منفی روی اسکلت اصلی صمغ، باعث دافعه بین بخش‌های مختلف یک زنجیره پلی‌ساقاریدی و همچنین بین دو زنجیره پلی‌ساقارید مختلف می‌شود.

زنجیره‌ها و شکل فضایی پلی‌ساقاریدهای صمغ در محلول بر میزان ۱٪ و سایر خصوصیات رئولوژیک بیوپلیمرها موثر است. همان طور که در نمودارهای ۱ تا ۳ مشاهده می‌شود، میزان ۱٪ گونه A. *rahensis* از گونه A. *floccosus* بیشتر است. این موضوع را می‌توان به صورت‌های مختلف تفسیر کرد. از جمله اینکه پلیمرهای موجود در صمغ A. *floccosus* ساختار سخت‌تری دارند. در توجیه این پدیده می‌توان گفت که در گونه A. *floccosus* محتوای اورونیک اسید اسکلت اصلی صمغ، نسبت به گونه A. *rahensis* بالاتر است (نتایج منتشر نشده است). این موضوع می‌تواند ناشی از وجود گروههای هیدروکسیل و کربوکسیل بیشتر در ساختار گونه A. *floccosus* باشد که در نتیجه، قدرت ایجاد پیوند با آب را بیشتر می‌کند.

اثر غلظت: با افزایش غلظت در تمام محدوده نرخ برش، گرانروی ظاهری بالا می‌رود و نرخ برش بحرانی به مقادیر کمتر منتقل می‌شود. به عبارت دیگر، ناحیه سود و پلاستیک از نرخ برش‌های کمتر آغاز می‌شود. این موضوع با رفتارهای مشاهده شده در این خصوص مطابقت دارد (۲۰-۲۲).

اثر قدرت یونی: در مقایسه نمودارها مشخص شد که بالا رفتن قدرت یونی، موجب کاهش گرانروی ظاهری هر دو گونه در تمام غلظت‌ها و در هر سه دما می‌شود. مشابه این وضعیت در مورد بسیاری از صمغ‌ها با ساختار آنیونی نظری پکتین و صمغ عربی مشاهده شده است (۲۴، ۲۳). اصولاً ساختار اورونیک اسید موجب باردار بودن صمغ

• References

1. Lynn Li, Yuet Hee L, Jacquot M, Hardy J, Desobry S. Formulating polymeric gels simulating soft cheeses' texture. Food Hydrocolloids 2008;22(5):925-33.
2. Cui W.S. Food Carbohydrates. Florida: Taylor & Francis Group .2005
3. Maurice Renaud MNB, Rinaudo M. Rheological behaviour of polysaccharide aqueous solutions. Polymer 2005;46:12348-58
4. Weiping W. AB. Tragacanth. In: WILLIAMS, P. A., PHILLIPS, Hand book of food hydrocolloids. Cambridge: Wood head publishing Ltd. 2000. 231-246
5. Yaseen E.I, Herald TJ, Aramouni FM, Alavi S. Rheological properties of selected gum solutions. Food Res Int 2005;38(2):111-9
6. Anderson DMW. Evidence for the safty of gum tragacanth and modern criteria for the evaluation of food additives. Food Addit Contam. 1989;12-6:1
7. Imeson A. Thickening and Gelling Agents for Food. London: Chapman & Hall; 1992.
8. Morton JF . Major Medicinal Plants. Illinois: Springfield, : Charles C. Thomas 1977.
9. Leung A, NY. Encyclopedia of Common Natural Ingredients Used in Food Drugs and Cosmetic. New York: J. Willy and Sons 1980311-313
- 10 Eastwood MA. The effects of dietary gum tragacanth in man. Toxicol Lett. 1984; 21(1):73-81

11. Stauffer KR, Andon, SA. Comparison of the functional characteristics of two grades of tragacanth. *Food Technol* 1975;29 (4):46.-51
12. Mohammadifar MA, Musavi M, Kiumarsi A, Williams PA. Solution properties of Tragacanthin (water-soluble part of gum tragacanth exudate from *Astragalus gossypinus*). *Int J Biol Macromol* 2006;38(1)31-9.
- 13 Abbasi S, Rahimi S. Influence of concentration, temperature, pH and rotational speed on the flow behavior of Iranian gum Tragacanth(katira) solution. *IJFST* 2006;2(4):42-9[in Persian]
- 14 Miller-Ihli NJ. Trace element detetminations in foods and biological samples using inductively coupled plasma atomic emission spectrometry and flame atomic absorbtion spectrometry. *J Agric Food Chem* 1996;44:2675
15. Debon SJJ, Tester RF. In vitro binding of calcium,iron and zinc by non-starch polysaccharides. *Food Chem*. 2001(73):401-10.
16. Aderson DMW. The amino acid composition of the proteinaceous component of gum Tragacanth (Asiatic *Astragalus* spp.). *Food Addit Contam* 1985;2(4):231-5
17. Brett C, Waldron K. physiology and biochemistry of plant cell walls. 2nd ed. London: Chapman and Hall. 1996
18. Togrul H, Arslan N. Production of carboxymethyl cellulosefrom sugar beet pulp cellulose and rheological behavior of carboxymethyl cellulose. *Carbohydr Pol*. 2003(54)73-82.
19. Rha C, ed. *Theories and principles of viscosity*. Dordrecht, The Netherlands: Reidel 1975.
20. Lapasin R. *Rheology of industrial polysaccharides: theory and applications*: Blackie, Glascow 1995
21. Mothe CG, Rao MA .Rheological behavior of aqueous dispersions of cashew gum and gum arabic: effect of concentration and blending. *Food Hydrocolloids* 1999(13):501-6
22. Rodd AB, Dustan DE, Boger DV. Characterisation of xanthan gum solutions using dynamic light scattering and rheology. *Carbohydrate Polymers*. 2000(42):159-74
23. Lefebvre J, Doublier JL . Rheological behavior of polysaccharides aqueous systems. New York: Marko Decker 2005.
24. Marcotte M, Taherian AR, Triguia M, Ramaswamy HS. Evaluation of rheological properties of selected salt enriched food hydrocolloids. *Food eng* 2001;48(2):157-67.
25. Vinod VTP, Sashidhar RB, Sarma VUM, Vijaya Sardahi UVR. Compositional analysis and rheological properties of gum kondagogu (*Cochlospermum gossypium*): a tree gum from India. *J Agric Food Chem* 2008(56):2199-2207

