نشریه فرآوری و نگهداری مواد غذایی
جلد یازدهم، شماره اول، ۹۸
٤٩-٦٤
http://ejfpp.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/EJFPP.2019.12216.1385

تأثیر نمک‌های کلرید سدیم و پتاسیم و pH بر ویژگی‌های صمغ دانه شنبلیله

طاهره عربی[۱]، رضا فرهوش[۲*]، محبت محبی[۲]، شیوا گل محمدزاده[۳]

[۱]دانشجوی دکتری گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
[۲]استاد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
[۳]دانشیار، گروه فارماسیوتیکس و مرکز تحقیقات نانوفناوری، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۸/۲۸ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۷/۱۵

چکیده

سابقه و هدف: در سال‌های اخیر استفاده از هیدروکلوئیدها در صنایع غذایی توسعه قابل توجهی نموده است. اگر چه میزان استفاده از آنها در سیستم‌های غذایی معمولاً در غلظت‌های کمتر از یک درصد صورت می‌گیرد، اما حضور آنها می‌تواند تأثیر مهمی بر بافت، طعم، زمان ماندگاری و خصوصیات ارگانولپتیکی مواد غذایی داشته باشد. اهمیت و کاربرد هیدروکلوئیدها به خواص عملکردی آنها بستگی دارد، این خواص در مواد غذایی تحت تأثیر ساختمان مولکولی و غلظت هیدروکلوئید و همچنین واکنش هیدروکلوئید با سایر ترکیبات ماده غذایی (نمک‌ها، قندها، چربی‌ها و پروتئین)، pH و شرایط فراوری (مانند دما) می‌باشد. بررسی تأثیر عوامل مؤثر بر استخراج هیدروکلوئید برای یافتن شرایط بهینه استخراج از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این پژوهش نیز تأثیر تیمارهای فرایند استخراج آبی بر ویژگی‌های شیمیایی و خصوصیات رئولوژیکی صمغ دانه شنبلیله مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه اثر نمک‌های کلرید سدیم و کلرید پتاسیم در سطوح ۳ و ۵ درصد و pH های ۳ و ۶، بر ترکیبات شیمیایی شامل پروتئین، خاکستر و رطوبت صمغ‌های بدست آمده از دانه شنبلیله بر اساس روش‌های استاندارد انجمن شیمیدان‌های تجزیه آمریکا اندازه گیری شد. قند کل با روش فنول-سولفوریک اسید با استفاده از D- گلوکز به عنوان استاندارد توسط اسپکتروفتومتر مدل Cecil Series CE393 در ۴۹۰ نانومتر تعیین شد. خصوصیات رئولوژیکی محلول‌های صمغ دانه شنبلیله توسط ویسکومتر چرخشی بروکفیلد برای غلظت‌های (٪۱-۰/۵) صمغ و دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد اندازه گیری گردید. مقادیر شاخص رفتار جریان (n) و ضریب قوام (K) توسط مدل قانون توان برازش شد. میانگین‌ها به روش حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد با کمک نرم افزار SPSS ۱۶ مقایسه شدند.

یافته‌ها: متغیرهای استخراج دارای تأثیرات قابل توجهی بر پارامترهای رئولوژیکی، ترکیب شیمیایی و راندمان استخراج صمغ از دانه شنبلیله بودند. بخش اعظم صمغ‌های دانه شنبلیله، پلی‌ساکارید با حداکثر مقدار ۰/۶۳ ± ۸۴/۲۲٪ در نمونه تحت تیمار ۳٪ کلرید پتاسیم و pH ۳ بود. راندمان استخراج صمغ بهزطور مؤثری تحت تأثیر نوع و غلظت نمک بود اما تأثیر pH بر آن معنی‌دار نبود. در تمام نمونه‌ها با افزایش سرعت برشی، گرانروی ظاهری کاهش یافت، که نشان‌دهنده رفتار قوی رقیق شونده با برش با مقدار (n_p) کمتر از ۰/۴۱ بود.

* مسئول مکاتبه: rfarhoosh@um.ac.ir

نتیجه‌گیری: بالاترین راندمان استخراج صمغ از دانه شنبلیله ۱/۶۳ ± ۱۷/۵٪ بود که در غلظت ۳٪ نمک کلرید پتاسیم و pH ۳ بدست آمد. مدل قانون توان به خوبی رفتار غیر نیوتنی صمغ دانه شنبلیله را در pH های مختلف و حضور نمک‌ها با ضریب رگرسیون بیشتر از ۰/۹۵ توصیف می‌کند. برازش داده‌ها با این مدل نشان داد که با افزایش غلظت نمک ضریب قوام (Kp) و شاخص رفتار جریان (n_p) کاهش یافتند. در حالی که با افزایش pH از ۳ به ۶ و نیز با افزایش غلظت صمغ از ۰/۵ به ۱ درصد، ضریب قوام و شاخص رفتار جریان عکس یکدیگر تغییر کردند. در غلظت‌های یکسان، نمک کلرید پتاسیم دارای بیشترین و کلرید سدیم دارای کمترین اثر بر ویسکوزیته محلول صمغ بود.

واژه‌های کلیدی: خصوصیات رئولوژیکی، نمک کلرید سدیم و پتاسیم، pH، صمغ دانه شنبلیله

مقدمه

هیدروکلوئیدها پلیمرهای پلی‌ساکاریدی و پروتئینی زنجیره بلندی هستند که با حل یا منتشر شدن در آب ویسکوزیته محلول را افزایش می‌دهند (۹). هیدروکلوئیدهای خوراکی می‌توانند از منابع مختلف گیاهی، حیوانی، میکروبی و یا به روش‌های کاملاً شیمیایی تأمین شوند. در سال‌های اخیر به دلیل کمبود و گرانی منابع حیوانی و نیز شیوع برخی بیماری‌ها مانند جنون گاوی و همچنین با تغییر در سبک و شیوه زندگی و تمایل مصرف کنندگان به رژیم‌های گیاهی تقاضا برای محصولات مشتق شده از بافت‌های حیوانی کاهش یافته است. این درحالی است که بعلت دسترسی آسان و قیمت مناسب پلی ساکاریدهای گیاهی لزوم توجه به این دسته صمغ‌ها و یافتن منابع جدید هیدروکلوئیدی، بهینه سازی فرآیند استخراج، و بررسی ویژگی‌های آنها را بیش از پیش روشن ساخته است (۲۶). دانه‌ها از قدیمی‌ترین و مهمترین منابع استخراج صمغ بوده که برخی از آنها دارای میزان مناسبی پلیمرهای پلی ساکاریدی با خصوصیات عملکردی فوق‌العاده می‌باشند.

شنبلیله (*Trigonella foenum-gracum*) یکی از قدیمی‌ترین و محبوب‌ترین گیاهان دارویی از تیره بقولات است که گونه‌های مختلف آن در بسیاری از نقاط جهان از جمله هند، آسیای میانه و شمال آفریقا رشد می‌کنند. مهمترین بخش گیاه را دانه‌های کوچک زرد قهوه‌ای رنگ آن تشکیل می‌دهند که به عنوان دارو یا ادویه مورد استفاده قرار می‌گیرند (۲۴). دانه شنبلیله دارای توانایی کاهش سطح کلسترول و نیز قند خون در بیماران دیابتی نوع یک می‌باشد. با توجه به حضور مقادیر قابل توجهی ترکیب پلی‌ساکاریدی (۴۵ تا ۶۰ درصد)، عمدتاً گالاکتومانان[1]، در دانه می‌توان نتیجه گرفت گالاکتومانان شنبلیله می‌تواند ترکیبی موثر در خصوص آثار سودمند یاد شده باشد (۲۰).

گالاکتومانان شنبلیله عمدتاً شامل گالاکتوز و مانوز است (۱). وو و همکاران (۲۰۰۹) با مقایسه صمغ دانه شنبلیله با صمغ‌های گوار، تارا و خرنوب نشان دادند که گالاکتومانان شنبلیله دارای بالاترین ظرفیت جذب آب و فعالیت سطحی است و از نظر ظرفیت امولسیون کنندگی و پایداری امولسیون بعد از گوار در جایگاه دوم قرار می‌گیرد (۲۸). با وجود این، صمغ دانه شنبلیله به علت برخی مشکلات عمده شامل جذب آهسته آب، عدم سهولت در تولید محلول‌های همگن و نیز عطر و طعم ناخوشایند و مزه تلخ، کمتر در صنعت مواد غذایی مورد استفاده قرار گرفته است (۱۹،۱۳،۶).

بررسی منابع علمی در خصوص استحصال صمغ از دانه شنبلیله غالباً حاکی از استخراج ترکیبات صمغی از دانه‌های خرد شده با حلال‌های آلی مبتنی بر روش استخراج برومر و همکاران (۲۰۰۳) است (۵). به کارگیری حلال‌های آلی در این خصوص شامل معایبی از جمله زمان طولانی، پیچیدگی فرایند و نیز بر جای ماندن بقایای سمی است(۷). همچنین استخراج صمغ دانه شنبلیله به روش اکستروژن توسط چانگ و همکاران (۲۰۱۱) نشان داده است این روش قادر است ضمن ایجاد برخی تغییرات در ساختمان شیمیایی و گروه‌های عاملی سبب بهبود جذب آب توسط صمغ دانه شنبلیله شده، و به طرز محسوسی باعث حذف عطر و طعم ناخوشایند صمغ گردد (۶).

استخراج آبی از جمله روش‌های ایمن برای استخراج صمغ از منابع گیاهی است. بهینه یابی شرایط استخراج آبی صمغ در خصوص دانه‌های مختلف گیاهی از جمله دانه ریحان توسط رضوی و همکاران (۲۰۰۹)، دانه قدومه شیرازی توسط کوچکی و همکاران (۲۰۰۸) و دانه کتان توسط چوی و همکاران

1. Galactomannan

(۱۹۹۴) پیش از این مورد بررسی قرار گرفته است، اما این روش تا کنون برای استخراج صمغ از دانه شنبلیله انجام نشده است که در این مطالعه به بررسی آن می‌پردازیم (۲۱، ۱۸، ۸).

طی فرایند استخراج آبی خواص عملکردی صمغ‌ها بالاخص ویسکوزیته، تابع متغیرهایی چون نسبت آب به دانه، pH، نوع و غلظت نمک، دما و مدت زمان فرایند استخراج است (۱۷، ۲۲، ۲۸). نمک‌ها به طور خاص علاوه بر تغییر راندمان استخراج آبی ممکن است ضمن اثرگذاری بر ساختمان شیمیایی و برهمکنش‌های مولکولی، ویژگی‌های رئولوژیکی محلول‌های صمغی را نیز به طرز چشمگیری تحت تأثیر قرار دهند (۱۸). با توجه به ماهیت متفاوت pH مواد غذایی همچنین نوع و درصد نمک‌ها و بهبود دهنده‌های مورد استفاده و تأثیر بالای این عوامل بر ویژگی‌های صمغ در فرمولاسیون مواد غذایی، اهمیت بررسی موضوع آشکارتر می‌گردد. همچنین بررسی و تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی صمغ‌های مختلف یک گونه می‌تواند مبنایی برای مقایسه آنها با یکدیگر و یا با سایر هیدروکلوئیدها باشد و قابلیت استفاده از آنها را برای تولید و توسعه محصولات غذایی، آرایشی و دارویی یا محصولات جدید نشان دهد (۱۴).

هدف از مطالعه حاضر، بررسی تأثیر تیمارهای فرایند استخراج در دما و زمان ثابت بر ترکیب شیمیایی و خصوصیات رئولوژیکی صمغ دانه شنبلیله به عنوان یکی از صمغ‌های بومی ایران، برای به دست آوردن بالاترین عملکرد و کیفیت پلی ساکارید است.

مواد و روش‌ها

مواد شیمیایی: دانه‌های شنبلیله از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج خریداری شد. نمک‌های مورد نیاز در مرحله استخراج صمغ و سایر مواد شیمیایی مورد استفاده از نمایندگی‌های شرکت مرک آلمان در ایران تهیه شدند.

استخراج صمغ دانه شنبلیله و خالص سازی آن: استخراج صمغ دانه شنبلیله بر اساس روش گزارش شده توسط ملانگ (۲۰۱۲) با برخی اصلاحات انجام شد (۱۴). به طور خلاصه استخراج صمغ از دانه‌های کامل شنبلیله در آب دیونیزه[1] در دامنه pH (۶-۳) و استفاده از نمک‌های کلرید سدیم و کلرید پتاسیم در غلظت‌های ۳ و ۵ درصد در نسبت آب به دانه (وزنی/ حجمی ۱:۲۰) انجام شد. دمای فرایند ۱±۳۸ درجه سانتی‌گراد و مدت زمان استخراج ۸ ساعت ثابت درنظر گرفته شد. پوسته سخت و محکم دانه شنبلیله باعث کندی جذب آب و دشواری خروج پلی‌ساکارید از آن می‌گردد لذا برای سهولت و تسریع در جذب آب و افزایش راندمان استخراج مدت زمان فرایند به دو بخش تقسیم گردید، در بخش اول مخلوط به مدت ۵ ساعت به صورت متناوب در حال همزدن بود، سپس در بخش دوم مخلوط به صورت متوالی با سرعت ۴۰ دور بر دقیقه توسط همزن آزمایشگاهی دیجیتال IKA مدل RW20 همزده گردید. به مدت ۳ ساعت همزده شد. استفاده از تکنیک همزدن منجر به جداشدن لایه موسیلاژ متورم اطراف دانه های شنبلیله از رویان دانه گردید. در تمام طول فرایند pH توسط محلول‌های سود و اسید کلریدریک ۰/۱ (مول/ لیتر) تنظیم شد. به منظور جلوگیری از آلودگی‌های باکتریایی ۰/۰۲ ٪ سدیم آزید[2] (اپلی چم، آلمان) اضافه شد(۱۸). محلول صمغ و دانه با عبور از فیلتر پارچه‌ای از هم جدا شد و در انتها برای جداسازی پلی ساکارید، محلول بدست آمده به آرامی با سه

1. Deionized water
2. Sodium azide

حجم الکل اتانول با درجه خلوص ۹۹٫۸ درصد در حال همزدن مخلوط و پلی ساکارید رسوب داده شده توسط فیلتر کاغذی (واتمن با تخلخل ۳ میکرون) جدا گردید.

قبل از ارزیابی و آزمون نمونه‌ها، برای کلیه صمغ‌های بدست آمده مرحله خالص سازی انجام شد. برای این منظور پلی‌ساکارید رسوب داده شده با آب دیونیزه به نسبت (۱:۲۰ وزنی:حجمی) مخلوط و به مدت ۴ ساعت در دمای ۳۸ درجه سانتیگراد هم‌زده شد، سپس برای حذف کامل ناخالصی‌ها محلول صمغ با سرعت g ۱۵۰۰۰ به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد سانتریفوژ شد. سپس لایه رویی جدا و با ۳ حجم الکل اتانول ۹۹/۸٪ در حال همزدن مخلوط شد. برای بازسازی ساختار پلی ساکارید، رسوب جمع آوری شده دوباره در آب دیونیزه حل و برای خشک کردن به فریز درایر[1] منتقل شد. بعد از ۴۸ ساعت صمغ‌های خشک شده جمع آوری، توسط دستگاه آسیاب پارس خزر آسیاب و سپس در ظروف شیشه‌ای درپیچدار تیره بسته بندی شده و در جای خشک و خنک دور از نور و رطوبت نگهداری شد (۲۸).

سنجش ترکیبات شیمیایی صمغ‌ها: تعیین ترکیب شیمیایی نمونه‌ها با استفاده از روش‌های استاندارد (AOAC 2005) اندازه گیری شد (۲). برای تعیین رطوبت از آون در درجه ۱۰۵ درجه سانتیگراد، تعیین خاکستر از کوره در دمای ۵۵۰ درجه سانتیگراد، تعیین چربی از روش سوکسله و تعیین پروتئین از روش کلدال (N× ۶/۲۵) استفاده گردید. قند کل نمونه‌ها با روش فنول-سولفوریک اسید با استفاده از D- گلوکز به عنوان استاندارد در طول موج ۴۹۰ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر مدل Cecil Series CE393 تعیین شد و سپس از طریق محاسبه میزان جذب‌های خوانده شده در معادله خط نمونه‌های استاندارد محاسبه گردید (۱۰).

سنجش راندمان استخراج صمغ: راندمان استخراج صمغ دانه شنبلیله بر حسب درصد وزن صمغ خشک شده به وزن اولیه دانه محاسبه گردید (۱۷).

$$Y= 100 \times (M_1 / M_2)$$

M_1 = وزن صمغ استخراج شده (g)

M_2 = وزن دانه شنبلیله (g)

ویسکوزیته ظاهری و رفتار جریان: ویسکوزیته ظاهری (μ_{app}) و بررسی رفتار جریان محلول ۰/۵ و ۱ درصد (وزنی/حجمی) نمونه‌ها با استفاده از ویسکومتر چرخشی بروکفیلد (مدل DV-III Ultra، آمریکا) مجهز به سیرکولاتور حرارتی انجام شد. کلیه سنجش‌ها با بکارگیری دوک SC4-18 از سری RV، در محدوده درجه برش s^{-1} ۳۰۰-۳ و در دمای ۰/۵ ± ۲۵ درجه سانتیگراد انجام شد. برای آماده سازی محلول نمونه‌ها، غلظت‌های مختلف صمغ ۰/۵ و ۱٪ (وزنی-حجمی) در آب دیونیزه تهیه شد و برای تکمیل هیدراتاسیون به مدت ۲۴ ساعت در حال همزدن در دمای محیط نگهداری شد. برای جلوگیری از آلودگی میکروبی به کلیه محلول‌ها ۰/۰۲٪ سدیم آزید اضافه شد. برای مدل سازی رفتار جریان نرم افزار Rheocalc Data نسخه ۱ بکار برده شد و با استفاده از مدل قانون توان (معادله ۱) برازش شد:

$$\tau = K_p \, \gamma^{n_p} \qquad (1)$$

در این معادله τ تنش برشی (Pa)، γ سرعت برشی (s^{-1})، K_p ضریب قوام قانون توان (Pa.s^n) و n_p شاخص رفتار جریان قانون توان (بدون بعد) می باشد.

تحلیل آماری: کلیه آزمایش‌ها در ۲ تکرار انجام شد. تحلیل واریانس داده‌ها به صورت فاکتوریل در قالب

1. Freeze dryer

طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم افزار اس‌پی‌اس‌اس (نسخه ۱۶) صورت گرفت. میانگین‌ها به روش حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد مقایسه شدند. برای رسم نمودارها از برنامه اکسل ۲۰۱۰ استفاده شد.

نتایج و بحث

تأثیر متغیرهای استخراج بر ترکیب شیمیایی و راندمان استخراج صمغ: با تأثیر تیمارهای مختلف بر دانه شنبلیله، هشت نوع صمغ استخراج گردید سپس به منظور سهولت در انجام و بررسی آزمون‌ها، صمغ‌های بدست آمد با علامت اختصاری G، از عدد ۱ تا ۸ شماره گذاری و در جدول ۱ ذکر شد. ترکیب شیمیایی تمام صمغ‌های استخراج شده از دانه شنبلیله تحت تأثیر تیمارهای مختلف، و راندمان استخراج آنها در جدول ۲ ارائه شد. همانطوریکه در جدول ۲ مشاهده می‌شود با کاهش pH از ۶ به ۳ در حضور هر یک از نمکها میزان تولید صمغ افزایش یافت، اما تأثیر آن بر راندمان استخراج معنی دار نبود ($P>0/05$). با این حال نتایج آنالیز واریانس داده‌ها نشان داد که راندمان استخراج بیشتر و به طور مؤثرتری تحت تأثیر نوع و غلظت نمک بوده است.

استفاده از غلظت ثابت و مشخص از نمک کلرید سدیم در مقایسه با کلرید پتاسیم باعث کاهش چشمگیری در راندمان استخراج گردید. با افزایش سطح نمک از ۳ به ۵ درصد، راندمان تولید صمغ در هر دو نمک کاهش معنی‌داری ($P<0/05$) را نشان داد، به طوریکه در تیمار pH برابر ۳ راندمان استخراج با نمک کلرید سدیم، از ۱/۷۹±۱۴/۷۳ در غلظت ۳٪ به ۱۱/۸۵ در غلظت ۵٪ کاهش یافت و راندمان استخراج با نمک کلرید پتاسیم، از ۱/۶۳±۱۷/۵۱ در غلظت ۳٪ به ۰/۴۲± ۱۴/۲۵ در غلظت ۵٪ کاهش را نشان داد. بالاترین راندمان استخراج در شرایط نمک کلرید پتاسیم با غلظت ۳ درصد و pH برابر ۳، به میزان ۱۷/۵۱ درصد بود. مطالعه فاکتورهای مؤثر در استخراج صمغ از دانه‌های مختلف نشان داد که pH محلول استخراج اعم از اسیدی یا قلیایی می‌تواند اثر معنی‌داری بر راندمان استخراج صمغ دانه‌ها دارا باشد. به‌صورتی که بالاترین راندمان استخراج صمغ از دانه‌های مالوا[1] و کهور[2] در شرایط تیمار قلیایی بوده است (۱۱،۲۳) در حالی که بالاترین راندمان استخراج صمغ از دانه سویا در شرایط تیمار اسیدی به دست آمد و همچنین pH تأثیر معنی‌داری بر راندمان استخراج صمغ دانه قدومه شیرازی نداشته است (۱۸). پوسته ضخیم و بسیار سخت دانه شنبلیله به کندی آب جذب کرده و همچنین مانع از خروج پلی‌ساکارید به محلول می‌گردد لذا به نظر می‌رسد دستیابی به راندمان بالای استخراج در این پژوهش به علت تخریب پوسته دانه توسط اسید و سپس جداسازی موسیلاژ اطراف دانه با بکارگیری تکنیک مؤثر همزدن بوده است (۱۴). از سویی استخراج صمغ دانه شنبلیله از نمونه‌های اولیه در pH قلیایی باعث ایجاد رنگ زرد قوی در محلول و صمغ گردید که این رنگ در مراحل شستشو نیز قابل حذف نبود. بنابراین، در روش استخراج آبی در شرایط اسیدی رنگ زرد به میزان قابل توجهی در فرایند استخراج کاهش یافت اما به طور کامل حذف نمی‌گردد.

همچنین در جدول ۲ مشاهده می‌گردد بخش اعظم صمغ‌های دانه شنبلیله، پلی‌ساکارید با حداکثر مقدار ۰/۶۳±۸۴/۲۲ درصد در صمغ G_7 (تحت تیمار ۳ درصد کلرید پتاسیم و pH برابر ۳) می‌باشد. کمترین میزان پلی‌ساکارید ۰/۴۱±۷۶/۳۱ درصد در

1. Malva nut gum (MNG)
2. Mesquite seed gum (MSG)

صمغ G_5 (۳ درصد کلرید سدیم و pH برابر ۶) بود. بر اساس نتایج آنالیز واریانس تیمارهای pH و نوع نمک بر میزان پلی‌ساکارید نمونه‌ها تأثیر معنـی‌داری داشـته ($P<۰/۰۵$) اما تأثیر غلظت نمک معنی‌دار نبوده اسـت ($P>۰/۰۵$).

جدول ۱: تیمار دانه‌ها در فرایند استخراج صمغ

Table 1. Treatments used in gum extraction from seeds

نوع نمک و غلظت Salt type & Concentration				
pH	کلرید سدیم ۳ (درصد) NaCl (3%)	کلرید سدیم ۵ (درصد) NaCl (5%)	کلرید پتاسیم ۳ (درصد) KCl (3%)	کلرید پتاسیم ۵ (درصد) KCl (5%)
3	G1	G2	G3	G4
6	G5	G6	G7	G8

جدول ۲: راندمان استخراج و ترکیب شیمیایی صمغ‌های شنبلیله.

Table 2. Yield extraction and chemical composition of fenugreek gums

صمغ‌های شنبلیله Fenugreek gums	راندمان (درصد) Yield (%)	رطوبت (درصد) Moisture (%)	خاکستر (درصد) Ash (%)	پروتئین(درصد) Protein (%)	قند کل (درصد) Total sugar (%)
G1	14.73 ± 1.79^{bc}	4.25 ± 0.17^{bc}	7.42 ± 0.12^{a}	4.02 ± 0.03^{d}	78.49 ± 0.77^{ef}
G2	11.85 ± 1.27^{de}	5.13 ± 0.04^{a}	6.05 ± 0.53^{b}	3.85 ± 0.11^{d}	79.15 ± 0.52^{de}
G3	17.51 ± 1.63^{a}	4.76 ± 0.2^{ab}	5.81 ± 0.77^{b}	2.94 ± 0.02^{e}	84.22 ± 0.63^{a}
G4	14.25 ± 0.42^{bc}	$4.82 \pm 0.16a^{b}$	6.37 ± 0.41^{b}	3.08 ± 0.01^{e}	80.19 ± 1.15^{cd}
G5	13.65 ± 1.25^{cd}	$4.63 \pm 0.34b^{c}$	5.19 ± 0.72^{b}	8.34 ± 0.12^{a}	76.31 ± 0.41^{g}
G6	10.33 ± 1.37^{e}	5.15 ± 0.64^{a}	5.75 ± 0.39^{b}	3.11 ± 0.24^{e}	77.52 ± 0.69^{g}
G7	16.15 ± 0.94^{ab}	4.24 ± 0.77^{c}	5.62 ± 0.58^{b}	5.94 ± 0.17^{c}	81.37 ± 0.95^{bc}
G8	12.96 ± 1.58^{cd}	4.67 ± 0.49^{c}	6.22 ± 0.8^{b}	6.53 ± 0.02^{d}	81.56 ± 0.54^{b}

میانگین های حداقل دارای یک حرف مشابه، اختلاف آماری معنی داری با یکدیگر ندارند ($P>۰/۰۵$)

The average values with similar letters have no statistically significant difference ($0.05<P$)

بر اساس نتایج جدول ۲، محتـوای پـروتئین بـین صمغ‌ها بـه صـورت قابـل تـوجهی بـا هـم متفـاوت می‌باشد. با تغییر pH و غلظت نمک محلول استخراج، تفاوت معنی‌داری در میزان پروتئین صمغ مشاهده می گردد در صورتیکه تغییر نوع نمک تأثیر معنی داری بر آن نداشـته اسـت. کم‌تـرین میـزان پـروتئین (٪ ۲/۹۴±۰/۰۲) در صـمغ G3 بـا اسـتفاده از تیمـار ۳٪ نمک کلرید پتاسـیم و pH برابـر ۳ مشـاهده شـد، در حالی که تحت تیمار ۳٪ کلرید سدیم و ۶ pH محتوی پروتئین به بالاترین میزان آن، ۸/۳۴±۰/۱۲ درصـد در صمغ G5 افزایش یافت.

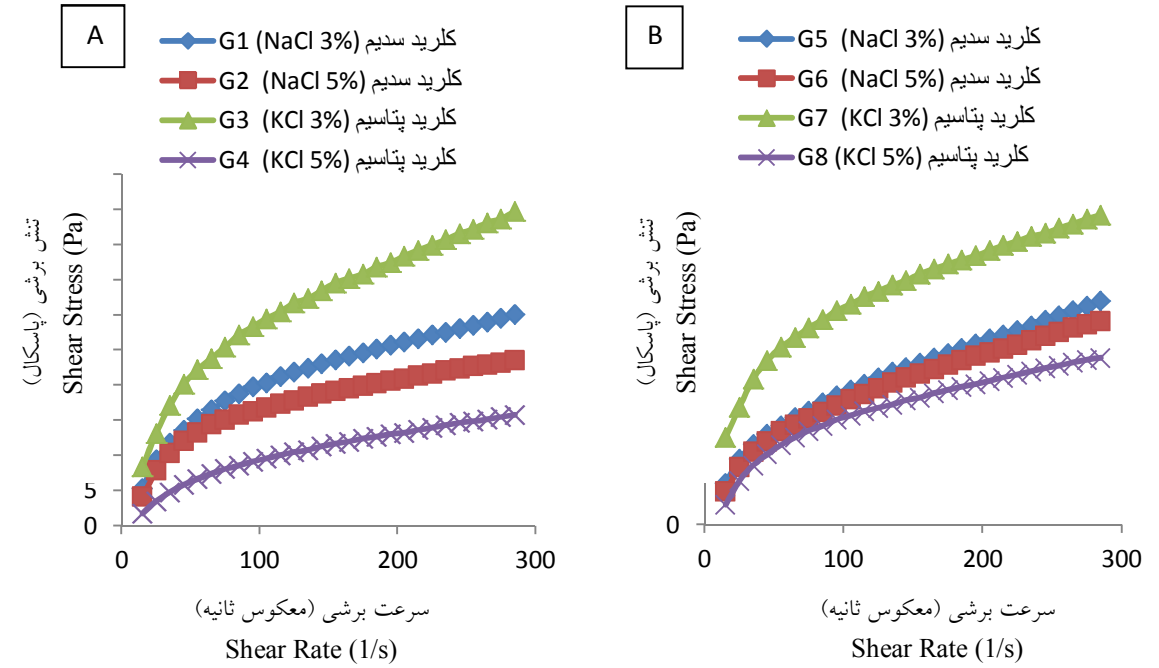
میزان پروتئین دانه می‌توانـد رانـدمان اسـتخراج و کیفیت صمغ استخراجی را تحت تأثیر قرار دهد. اگـر چه میزان پروتئین صمغ حضور طبیعـی پروتئین‌هـای ساختاری و آنزیم‌ها را نشان می‌دهد اما بطور همزمان یک آلـودگی احتمـالی صـمغ بـا جوانـه دانـه را نیـز منعکس می‌کند. لذا مقدار پایین‌تر پروتئین مـی توانـد نشـان دهنـده خلـوص بیشـتر صـمغ باشـد. کـوی و همکاران (۲۰۰۳) و برومر و همکاران (۲۰۰۳) نشـان دادند که سطح پروتئین صمغ شنبلیله به دمـای فراینـد استخراج آن بستگی دارد به طوریکه با افزایش دما تـا ۹۰ درجه سانتگراد بعلت شدت بیشـتر انتقـال جـرم،

سطح پروتئین به ۱۴/۵درصد افزایش می‌یابد (۵،۷). از این رو می‌توان گفت استفاده از دانه کامل شنبلیله و دمای ۳۸ درجه سانتی‌گراد در فرایند استخراج آبی، باعث کاهش مؤثر ورود پروتئین به صمغ در تمام نمونه‌ها گردیده است. همانطوریکه در جدول مشاهده می‌گردد تفاوت معنی‌داری در محتوای خاکستر و رطوبت صمغ‌های استخراج شده وجود ندارد (P>۰/۰۵) که می توان نتیجه گرفت روش بکار گرفته شده برای تخلیص صمغ در این پژوهش دارای کارایی بالایی برای حذف ناخالصی‌های موجود در صمغ خام اولیه بوده است.

تأثیر تیمارهای استخراج بر خواص رئولوژیکی: منحنی‌های تغییرات تنش برشی-سرعت برشی برای محلول‌های ۰/۵ و ۱ درصد صمغ‌های شنبلیله در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد در شکل (۱ و ۲) ارائه شده است. همانطور که مشاهده می‌شود تغییر تیمارهای استخراج اثر زیادی بر پارامترهای رئولوژیکی صمغ‌ها داشته است.

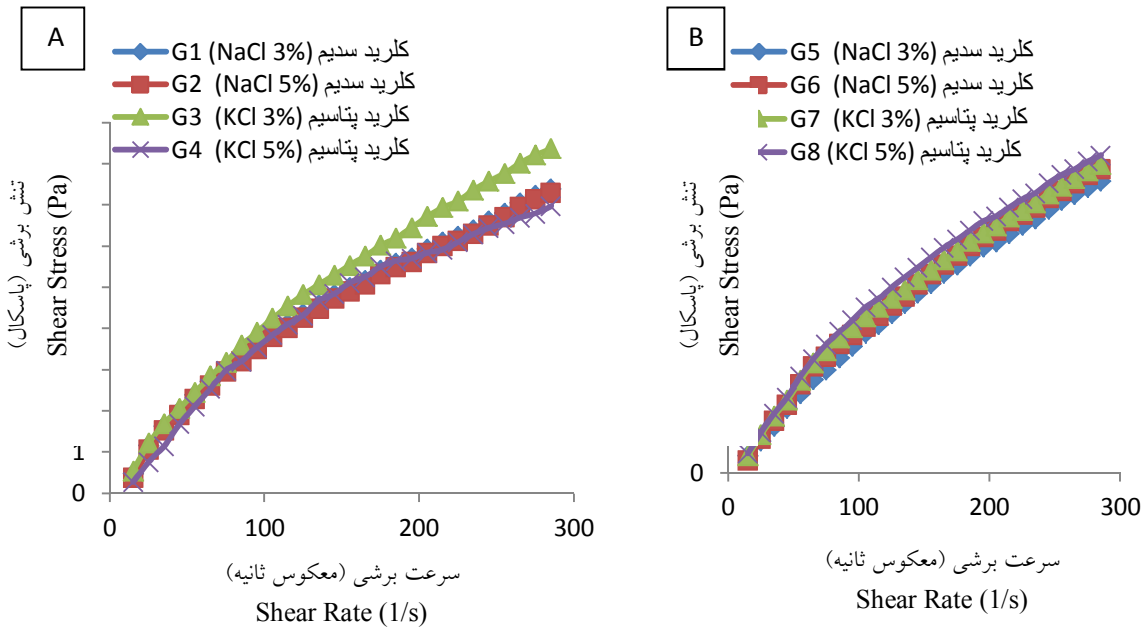
با توجه به شکل ۱ و ۲ می‌توان دریافت که نمونه‌های صمغ از نظر رئولوژیکی جزو سیالات غیر نیوتنی طبقه بندی می‌شوند، زیرا رابطه تنش برشی و سرعت برش یک رابطه غیر خطی است و در توافق با نتایج جیانگ و همکاران (۲۰۰۷) می‌باشد (۱۶). رفتار رقیق شونده با برش برای اغلب هیدروکلوئیدها، مانند صمغ دانه شاهی و صمغ دانه کتان مشاهده شده است (۱۷،۸). رابطه بین ویسکوزیته ظاهری و سرعت برشی نمونه‌ها در شکل ۳ نشان داده شده است. با افزایش درجه برشی در تمامی نمونه‌ها کاهش ویسکوزیته ظاهری مشاهده شد. در سرعت‌های برشی پایین با تغییر در سرعت برش ویسکوزیته کاهش ناگهانی داشت، در حالی که در سرعت‌های بالاتر این کاهش ملایم‌تر بود. می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش سرعت برش، پلیمر صمغ که دارای زنجیره‌های بلند هستند و به صورت تصادفی و بهم ریخته قرار دارند، به صورت ردیفی در جهت جریان قرار گرفته و باعث شکستن اتصالات قوی زنجیره‌های جانبی پلیمر با یکدیگر و در نتیجه کاهش ویسکوزیته می‌شوند (۱۵،۲۶). پارامترهای بدست آمده برای مدل قانون توان در جدول ۳ و ۴ خلاصه شده است. نتایج نشان داد مدل قانون توان (معادله ۱) قادر به برازش اطلاعات بدست آمده با ضریب تبیین (R^2) از ۰/۹۵ تا ۰/۹۹ بود و بیانگر این مطلب است که مدل قانون توان برای توصیف رفتار جریان نمونه‌ها مناسب می‌باشد. مقادیر n_p (شاخص رفتار جریان) به دست آمده کمتر از یک می‌باشند که تأیید کننده رفتار رقیق شونده با برش (سودوپلاستیک) در تمام نمونه‌ها می‌باشد.

هر چه شاخص رفتار جریان (n_p) کمتر باشد، سیال بیشتر رفتار شل شونده با سرعت برش نشان خواهد داد. در نتیجه نمونه G۴ (۳٪ کلرید سدیم و pH۶) که دارای شاخص رفتار جریان پایین‌تری است (۰/۲۶)، رفتار سودوپلاستیک قوی تری از خود نشان می‌دهد، یعنی تغییرات ویسکوزیته آن با درجه برش شدیدتر است.



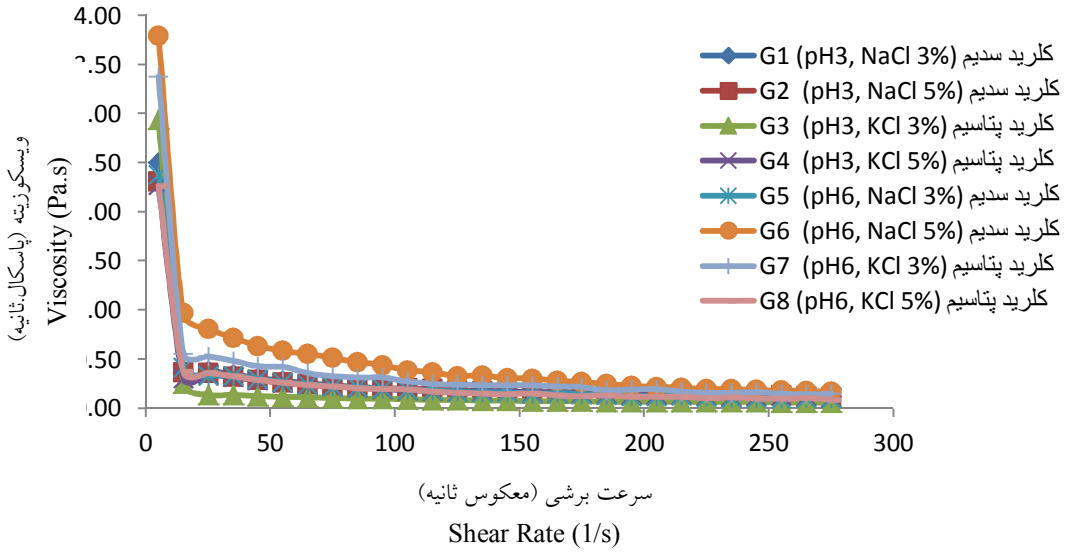
شکل ۱: تغییرات تنش برشی و سرعت برشی برای غلظت ۱٪ (وزنی/حجمی) محلول صمغ شنبلیله با شرایط مختلف استخراج pH و نمک، pH۳ (A) و pH۶ (B) در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد

Figure 1. Shear stress and shear rate changes for concentration 1% (w/v) of Fenugreek gum solutions with various extraction conditions pH and Salt, pH 3 (A) and pH 6 (B) at 25 °C.



شکل ۲- تغییرات تنش برشی و سرعت برشی برای غلظت ۰/۵٪ (وزنی/حجمی) محلول صمغ شنبلیله با شرایط مختلف استخراج pH و نمک، pH۳ (A) و pH۶ (B) در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد

Figure 1. Shear stress and shear rate changes for concentration 0.5 % (w/v) of Fenugreek gum solutions with various extraction conditions pH and Salt, pH 3 (A) and pH 6 (B) at 25 °C.



شکل ۳: تغییرات ویسکوزیته و سرعت برشی برای غلظت ۱٪ (وزنی/حجمی) محلول صمغ شنبلیله با شرایط مختلف استخراج pH و نمک در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد

Figure 3. Viscosity and shear rate changes for 1% (w/v) Fenugreek gum solutions with various extraction conditions pH and Salt at 25 ℃.

تحقیقات نشان می‌دهد که رفتار سودوپلاستیک زمانی اهمیت دارد که شاخص رفتار جریان کمتر از ۰/۶ باشد (۱۷). این خصوصیت برای فرمولاسیون امولسیون‌های روغن در آب و همچنین برای ایجاد محلول‌هایی با ویسکوزیته ظاهری بالا با احساس دهانی مناسب از اهمیت فراوانی برخوردار است، از آنجاییکه تمامی نمونه‌های صمغ استخراج شده از دانه شنبلیله دارای n کمتر از ۰/۶ می‌باشند از این حیث بسیار مطلوب می‌باشند.

در تمام نمونه‌ها افزایش غلظت صمغ باعث افزایش ضریب قوام K_p و کاهش مقدار n_p گردید. این نتایج با نتایج کوچکی و همکاران (۲۰۰۹)، کاراژیان و همکاران (۲۰۰۹) همخوانی دارد، این محققان نشان دادند که افزایش غلظت صمغ دانه‌های مرو و شاهی سبب افزایش ضریب قوام در محلول آنها می‌شود (۳،۱۷). علت این افزایش بالا رفتن تعداد مولکول‌های با وزن مولکولی بالا در فاز مایع می‌باشد که سبب افزایش مقاومت در برابر جریان و در نتیجه افزایش ضریب قوام محلول صمغ می‌شود. در این پژوهش بیشترین ضریب قوام در نمونه حاوی ۱ درصد صمغ GV در pH۶ به میزان ۰/۲۹±۳/۹۸۹ مشاهده شد.

جدول ۳- اثر متغیرهای استخراج بر پارامترهای قانون توان، **K** و **n** در **pH**های (۳-۶)، غلظت صمغ (٪۱-۰/۵) و غلظت‌های مختلف (وزنی/حجمی) کلرید سدیم و پتاسیم

Table 3. Effect of extraction variable on Power law parameters, k and n, at different pHs (3-6) , gum concentrations (0.1–0.5%) and different concentrations (w/v) of NaCl and KCl

pH 6							pH 3						
1 %			0.5 %				1 %			0.5 %			غلظت صمغ (w/v) Gum Conc. (w/v)
R^2	n	K (Pa.s)	R^2	n	K (Pa.s)		R^2	n	K (Pa.s)	R^2	n	K (Pa.s)	نوع نمک Salt type
0.97	0.27 ± 0.00 a	3.439± 0.230a	0.96	0.34 ± 0.00a	2.944 ± 0.117a	**G3**	0.97	0.35± 0.00a	2.672± 0.31a	0.95	0.39± 0.00a	1.815± 0.22a	کلرید سدیم (۳ درصد) **G1** NaCl (3%)
0.96	0.26 ± 0.00 a	3.109± 0.267b	0.95	0.35 ± 0.00a	2.650± 0.340b	**G4**	0.96	0.37± 0.00a	2.128± 0.27b	0.95	0.41± 0.00a	1.132± 0.26a	کلرید سدیم (۵ درصد) **G2** NaCl (5%)
0.96	0.28 ± 0.00 a	3.989± 0.294a	0.99	0.36 ± 0.00a	2.160± 0.127a	**G7**	0.98	0.33 ± 0.00a	2.215± 0.119a	0.98	0.38 ± 0.00a	1.164 ±0.19a	کلرید پتاسیم (۳ درصد) **G5** KCl (3%)
0.98	0.31 ± 0.00 a	2.743± 0.165b	0.99	0.37 ± 0.00a	1.577± 0.285b	**G8**	0.95	0.35 ± 0.00a	1.351± 0.182b	0.99	0.40 ± 0.00a	0.907± 0.15a	کلرید پتاسیم (۵ درصد) **G6** KCl (5%)

میانگین های حداقل دارای یک حرف مشابه اختلاف آماری معنی دار با یکدیگر ندارند (P>۰/۰۵)

The average values with similar letters have no statistically significant difference (0.05<P)

همچنین مشاهده شد که تغییرات pH تأثیر زیادی بر پارامترهای رئولوژیکی دارد (۱۷). بصورتیکه در تمام نمونه‌ها، ضریب قوام K_p به طور قابل توجهی توسط pH تحت تأثیر قرار گرفته و حداکثر و حداقل مقادیر K_p به ترتیب در pH ۶ و ۳ بدست آمد (جدول ۳،۴). به عنوان مثال، در غلظت ۱٪ محلول صمغ مقادیر K_p در pH های ۳ و ۶ به ترتیب ۲/۲۱۵ و ۳/۹۸۹ ($Pa.s^n$) به دست آمد. مشاهده می‌گردد تیمار pH فرایند استخراج بر مقدار شاخص n_p محلول‌های صمغ تأثیر کوچک اما مهمی دارد. در تمام محلول‌های صمغ حداکثر و حداقل مقدار n_p به ترتیب در pH ۳ و ۶ به دست آمد. به طور کلی، مقادیر n_p و K_p معکوس یکدیگر تغییر می‌کنند. به عبارت دیگر محلول‌های صمغ با مقدار K_p بالاتر مقدار n_p کمتری را نشان می‌دهند (جدول۳،۴). به طور مشخص رفتار سودوپلاستیک قوی محلول‌های صمغ شنبلیله به ساختار زنجیره میله‌ای آن بستگی دارد که باعث افزایش درگیری ماکرومولکولی محلول می‌شود. از سویی بررسی تغییرات تنش برشی در مقابل سرعت برشی صمغ‌های بدست آمده نشان می‌دهد که استفاده از غلظت‌های مختلف نمک‌های کلرید سدیم و پتاسیم در محلول استخراج باعث تغییر شاخص‌های رفتار جریان صمغ‌ها گردید. به صورتیکه اثر آنها بر شاخص رفتار جریان مثبت بود یعنی با افزایش غلظت نمک از ۳ به ۵ ٪ شاخص رفتار جریان نیز از ۰/۲۷ به ۰/۳۷ در تیمار کلرید سدیم و از ۰/۲۸ به ۰/۳۵ در تیمار کلرید پتاسیم افزایش یافته است. قوام محلولهای صمغ نیز با افزایش غلظت نمک افزایش یافته است به صورتیکه با افزایش غلظت نمک در تیمار استخراج از ۳ به ۵ درصد مقادیر K_p به ترتیب ۱/۱۲۸ و ۳/۵۳۹ برای کلرید سدیم و ۱/۳۵۱ و ۳/۹۸۹ ($Pa.s^n$) برای کلرید پتاسیم در محلول ۱درصد صمغ بود.

اثر غلظت‌های مختلف صمغ‌های شنبلیله بر پارامترهای رفتار جریان نیز در جدول ۳ و ۴ نشان داد که برای تمام نمونه‌ها افزایش در غلظت همراه با افزایش در سودوپلاستیسیته بود که با کاهش در مقادیر شاخص رفتار جریان مشخص شد. این موضوع نشان داد که انحراف از رفتار نیوتنی (n=۱) با افزایش در غلظت صمغ افزایش می‌یابد. همانطور که مشاهده می‌گردد، ضریب قوام با افزایش غلظت صمغ افزایش یافت. عموماً با افزایش مواد جامد، ویسکوزیته به دلیل افزایش محدودیت رانش مولکولی در اثر درگیری بین زنجیره‌های پلیمری افزایش می‌یابد (۲۶). بنابراین صمغ دانه شنبلیله برای بکارگیری در فرمولاسین‌های مواد غذایی یا دارویی که نیازمند بافت لزجی کمتر یا احساس دهانی مطلوب‌تر می‌باشند بسیار مناسب به نظر می‌رسد.

نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش استخراج آبی صمغ دانه شنبلیله با موفقیت انجام شد. تیمارهای استخراج تأثیر معنی‌داری بر راندمان، ترکیب شیمیایی و خصوصیات رئولوژیکی صمغ‌های دانه شنبلیله داشتند. با استفاده از آنالیز واریانس مطلوب‌ترین شرایط استخراج صمغ تیمار کلرید پتاسیم ۳درصد و pH برابر ۳، با دارا بودن بالاترین راندمان استخراج و پایین‌ترین محتوی پروتئین بترتیب ۱۷/۵ و ۲/۹۴درصد می‌باشد. مدل قانون توان به عنوان مدل مناسب برای توصیف خواص رئولوژیکی صمغ‌های به دست آمده به عنوان تابعی از غلظت نمک‌های کلرید سدیم و پتاسیم و pH ۳ و۶ تشخیص داده شد. مطالعه رفتار جریان و محاسبه شاخص‌های رئولوژیکی مشخص نمود که pH محلول استخراج، تأثیر قابل توجهی بر شاخص رفتار جریان محلول‌های صمغ داشته و ضریب قوام محلول صمغ شنبلیله با افزایش غلظت نمک افزایش

یافته است. اندیس رفتار جریان یک تغییر جزئی را نشان داد، که ممکن است به علت ماهیت نمک‌ها و عدم ایجاد تغییر در انعطاف پذیری زنجیره صمغ باشد. علاوه بر این در غلظت‌های یکسان نمک، کلرید پتاسیم بیشترین و کلرید سدیم کمترین تأثیر را بر خصوصیات رئولوژیکی صمغ شنبلیله دارا بودند. علاوه بر این استفاده از نمک‌ها در فرایند استخراج آبی علاوه بر تأثیر مشخص بر متوسط راندمان استخراج صمغ، به میزان زیادی باعث مهار فعالیت آنزیم‌های دانه شده و در نتیجه شکل‌گیری مواد تلخ مزه کاهش یافته، محصولی عاری از مزه تولید می‌شود (۱۴). در مجموع چنین به نظر می‌رسد که استخراج آبی صمغ دانه شنبلیله در مقایسه با استخراج به کمک حلال آلی هزینه تولید پایین‌تر و دستیابی به صمغی با کیفیت بالا، که امکان تولید تجاری آنرا فراهم می‌آورد. تحقیقات بیشتر برای بررسی کامل‌تر اثر سایر نمک های معمول مورد استفاده در سیستم های مواد غذایی برای صمغ شنبلیله مورد نیاز است.

منابع

1. Alcock, N.W., Crout, A.D. H.G., Gregrio, M.V. M., Pike, G. and Samuel, C.J. 1989. Stereochemistry of the hydroxy-iso-leucine from Trigonella foenum-graecum. Phytochemistry Journal. 28:7.1835-1841.
2. AOAC Method, 2005, Association of Official Analytical Chemists, 18th Ed. Arlington, Virginia.
3. Balke, D.T., and Diosady, L.L. 2000. Rapid aqueous extraction of mucilage from whole white mustard seed. Food Research International. 33:5.347-356.
4. Bostan, A., Razavi, S. M. A., and Farhoosh, R. 2010. Optimization of hydrocolloid extraction from wild Sage Seed (Salvia macrosiphon) using response surface methodology. International Journal of Food Properties. 13:6.1380-1392.
5. Brummer, Y., Cui, W., Wang, Q. 2003. Extraction, purification and physicochemical characterization of fenugreek gum. Food Hydrocolloids. 17:229-236.
6. Chang, Y.H., Cui,S.W., Roberts, K.T., Ng, P. K. W., and Wang, Q. 2011. Evaluation of extrusion modified fenugreek gum. Food Hydrocolloids. 25:5.1296–1301.
7. Choi, M.P.K., Chan, K.K.C., Leung, H.W., and Huie, C.W. 2003. Pressurized liquid extraction of active ingredients (ginsenosides) from medicinal plants using non-ionic surfactant solutions. Journal of Chromatography. 983:153–162.
8. Cui, W., Mazza, G., Oomah, B.D., and Biliaderis, C.G. 1994. Optimization of an aqueous extraction process for flaxseed gum by Response Surface Methodology. LWT - Food Science and Technology. 27:363-369.
9. Dickinson, E. 2003. Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed system. Food Hydrocolloids. 17:25-39.
10. Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A., and Smith, F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Analytical Chemistry J. 28:350–356.
11. Furuta, H., Takahashi, T., Tobe, J., Kiwata, R., Maeda, H. 1998. Extraction of water soluble polysaccharides under acidic conditions. Bioscience Biotechnology Biochemistry Journal. 62:2300-2305.
12. Garti, N., Madar, Z., Aserin, A., and Sternheim, B. 1997. Fenugreek galactomannans as food emulsifiers. Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie. 30:305-311.
13. Glicksman, M. 1982. Food Hydrocolloids. CRC Press, Boca Raton, FL, Pp:7-30.
14. International Patent System, 2012, Extraction of the hydrocolloids from fenugreek seed (trigonella foenum graecum). Publication number: WO2012031592 A1. UK.

15. Jiang, J.X., Zhu, L.W., Zhang, W.M., Sun, R.C. 2007. Characterization of Galactomannan Gum from Fenugreek (Trigonella foenum-graecum) Seeds and Its Rheological Properties. International Journal of Polymeric Materials. 56:1145–1154.
16. Karazhiyan, H., Razavi, S.M.A., Phillips, G.O., Fang, Y., Al-Assaf, S., Nishinari, K., Farhoosh, R. 2009. Rheological properties of Lepidium sativum seed extract as a function of concentration, temperature and time. Food Hydrocolloids. 23:8.2062–2068.
17. Koocheki, A., Mortazavi, S.A., Shahidi, F., Razavi, S.M.A., Taherian, A.R. 2009. Rheological properties of mucilage extracted from Alyssum homolocarpum seed as a new source of thickening agent. Journal of Food Engineering. 91:3.490–496.
18. Koocheki, A., Mortazavi, S.A., Shahidi, F., Razavi, S.M.A., Kadkhodaee, R., Milani, J.M. 2010. Optimization of mucilage extraction from Qodume shirazi seed (Alyssum homolocarpum) using response surface methodology. Journal of Food Process Engineering. 33:861-872.
19. Kristjansson, M., Eybye, K., Mhlanga, E.G. 2012. The Effect of Drying Methods on Functionality Properties and Odour Profile of Purified Fenugreek Gum Extracted with a Novel Extraction Method. Annual transactions of the nordic rheology society Journal. 20:297-301.
20. Madar, Z., and Shomer, I. 1990. Polysaccharide composition of a gel fraction derived from fenugreek and its effect on starch digestion and bile acid absorption in rats. Agriculture and Food Chemistry. 38:1535–1539.
29.
21. Razavi, S., Mortazavi, S. A., Matia-Merino, L., Hosseini-Parvar, S. H., Motamedzadegan, A. Khanipour, E. 2009. Optimisation study of gum extraction from Basil seeds (Ocimum basilicum L.). Food Science and Technology. 44:1755-1762.
22. Singthong, J., Ningsanond, S., and Cui, S.W. 2009. Extraction and physicochemical characterisation of polysaccharide gum from Yanang (Tiliacora triandra) leaves. Food Chemistry. 114:1301-1307.
23. Somboonpanyakul, P., Wang, Q., Cui, W., Barbut, S., and Jantawat, P. 2006. Malva nut gum. (Part I): extraction and physicochemical characterization. Carbohydrate Polymers J. 64: 247-253.
24. Srinivasan, K. 2006. Fenugreek (Trigonella foenum-graecum): A Review of Health Beneficial Physiological Effects. Food Reviews International. 22: 203-224.
25. Vardhanabhuti, B., and Ikeda, S. 2006. Isolation and characterization of hydrocolloids from monoi (Cissampelos pareira) leaves. Food Hydrocolloids. 20:6.885–891.
26. Williams, P.A., and Phillips, G.O. 2000. Handbook of Hydrocolloids. Wood head Publishing, Cambridge, Pp:137–154.
27. Youssef, M. K., Wang, Q., Cui, S.W., and Barbut, S. 2009. Purification and partial physicochemical characteristics of fenugreek gums. Food Hydrocolloids. 23:2049-2053.
28. Wu, Y., Cui, W., Eskin, N., and Goff, H. 2009. An investigation of four commercial galactomannans on their emulsion and rheological properties. Food Research International. 42:1141-1146.

EJFPP, Vol. 11 (1): 49-64
http://ejfpp.gau.ac.ir

Effect of NaCl and KCl salts and pH on properties of fenugreek seed gum

T. Arabi[1], R. Farhoosh[2*], M. Mohebbi[2], Sh. Golmohammadzadeh[3]
[1]Ph.D student, Departmrnt of Food Science and Technology,
Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
[2]Professor, Departmrnt of Food Science and Technology,
Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
[3]Associate Professor, Nanotechnology Research Center, Mashhad
University of Medical Sciences, Mashhad, Iran

Received: 2016/11/18; Accepted: 2017/10/07

Abstract

Background and objectives: The use of hydrocolloids in food industries has dramatically increased in recent years. Although concentrations of less than 1% are usually used in food systems, they can have important effects on texture, taste, shelf-life, and organoleptic properties of foods. The importance and use of hydrocolloids depend on their functional properties, which are affected by molecular structure and concentration of hydrocolloids as well as their reaction with other food compounds (salt, sugar, fat, and protein), pH, and processing conditions (e.g., temperature). Studying factors affecting the extraction of hydrocolloids is particularly important for finding optimal extraction conditions. We studied the effect of treatments of aquatic extraction process on chemical and rheological properties of fenugreek seed gum.

Materials and methods: In this study, the effects of 3% and 5% sodium and potassium chloride salts and pH of 3 and 6 on chemical compositions of extracted gum were studied. Protein content, fat, ash and moisture were determined according to AOAC Standard methods (2005). Total sugar was determined by phenol-sulfuric acid method by using D-glucose as standard at 490 nm. Rheological properties of fnugreek seed gum were carried out using a rotational viscometer Brookfield for gum concentrations (0.5-1%) at 25 °C. The flow behavior index (n) and consistency index (k) values were computed by fitting the power law model. means were compared using the LSD test ($p<0.05$) in SPSS v. 16.

Results: Extraction variables had significant effects on rheological parameters, chemical composition and extraction efficiency of green seed resin. A substantial part of fnugreek seed gums were composed of polysaccharide (84.22±0.63% maximum) in the sample treated with KCl 3%, and pH 3. The efficiency of gum extraction was significantly influenced by the type and concentration of salt. However, pH had no significant effect. The apparent viscosity decreased with increasing shear rate in all samples, which indicated strong shear thinning behavior with $n_p<0.41$.

Conclusion: The highest gum extraction yield of fenugreek seed was 17.5±1.63%, which was obtained with pH 3 and potassium chloride 3%. The power law model adequately describes the non-Newtonian behavior of green seed resin at various values of pH in the presence of salts with regression coefficient in excess of 95%. Fitness of data in the model showed that consistency coefficient (K_p) and flow behavior index (n_p) decrease with increasing concentration of salt, while consistency coefficient and flow behavior index behaved opposite

* Corresponding author; rfarhoosh@um.ac.ir

each other with increasing pH from 3 to 6 and resin concentration from 0.5% to 1%. Potassium chloride had the highest effect on viscosity of resin solution and sodium chloride had the lowest effect, with the same concentrations.

***Keywords*:** Rheological properties, Sodium chloride and potassium chloride salts, pH, Fenugreek seed gum