

مطالعه خواص فیزیکوشیمیایی و وزن مولکولی صمغ دانه بارهنگ استخراج شده با پیش تیمار فراصوت

رسول نیکنام^۱، علی ایاسه^{۲*}، بابک قنبرزاده^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۲- استادیار، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۳- استاد، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

(تاریخ دریافت: ۹۶/۰۸/۰۴ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۷/۲۳)

چکیده

هیدروکلوئیدها مجموعه‌ای از بیوپلیمرهای با وزن مولکولی بالا هستند که به عنوان قوام دهنده، ژل کننده، امولسیفایر، پایدار کننده و جایگزین چربی در فرمولاسیون محصولات غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرند. دانه بارهنگ با نام علمی *Plantago major* L. متعلق به خانواده *Plantaginaceae* می‌باشد که در طول سالیان متوالی به عنوان بهبود دهنده زخم، تقویت کننده سیستم ایمنی و آنتی اکسیدان استفاده شده است. خواص فیزیکوشیمیایی مختلف صمغ دانه بارهنگ شامل وزن مولکولی، فعالیت آبی، دانسیته توده و ضربه، انحلال پذیری و شاخص تراکم پذیری و هم چنین خواص عملگرایی شامل فنل کل، فلاوونوئید کل و فعالیت آنتی اکسیدانی محاسبه گردید. پیوندهای گلیکوزیدی و گروه‌های کربوکسیل، متیل و هیدروکسیل در بررسی نتیجه طیف سنجی مادون قرمز (FT-IR) صمغ دانه بارهنگ مشاهده گردید که تأییدی بر نتایج بررسی‌های قبلی بر روی دانه بارهنگ بود.

کلید واژگان: صمغ دانه بارهنگ، خواص فیزیکوشیمیایی، وزن مولکولی، طیف سنجی مادون قرمز (FT-IR)

*مسئول مکاتبات: ayaseh@tabrizu.ac.ir

۱- مقدمه

صمغ‌ها پلی‌ساکاریدهایی هستند که به طور عمده از منابع گیاهی، دریایی و ترشحات میکروبی به دست می‌آیند که هر کدام دارای ساختار متفاوت و خصوصیات مختلف می‌باشند [۱]. به دلیل افزایش درخواست‌ها برای تولید محصولات غذایی با ویژگی‌های عملکردی مناسب، معرفی منابع جدید صمغ‌ها با خصوصیات عملکردی بالا به یکی از اهداف اصلی محققان صنعت غذا و تولید کنندگان تبدیل شده است که در این بین، استفاده از صمغ‌های استخراج شده از دانه‌های گیاهی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است که علت آن مواردی هم چون قیمت مناسب، خصوصیات عملکردی بالا و در دسترس بودن می‌باشد [۲].

دانه‌های گیاهی از منابع قدیمی و سنتی صمغ‌ها هستند که تا به حال تحقیقات زیادی در این زمینه صورت گرفته است که می‌توان به استخراج صمغ از دانه‌هایی مانند دانه خرنوب، دانه به، دانه شاهی، دانه ریحان، دانه بالنگو شیرازی و دانه قدومه شیرازی اشاره کرد [۳].

دانه بارهنگ با نام علمی *Plantago major* L. متعلق به خانواده *Plantaginaceae* می‌باشد. این گیاه به صورت وسیع در ایران کشت می‌شود و تولید دانه‌های بسیار، یکی از خصوصیات اصلی این گیاه می‌باشد. به صورت سنتی، از این گیاه به عنوان بهبود دهنده زخم، تقویت کننده سیستم ایمنی و آنتی اکسیدان استفاده می‌شود [۴].

یکی از روش‌های متداول استخراج صمغ از دانه‌های گیاهی، استخراج آبی می‌باشد که امروزه روش‌هایی مانند استخراج با کمک پیش تیمار فراصوت به عنوان جایگزین روش‌های معمول در نظر گرفته می‌شود. از مزایای استخراج با پیش تیمار فراصوت می‌توان به مواردی هم چون دمای پایین، هزینه کمتر و سادگی روش اشاره کرد [۵، ۶].

بررسی نتایج مطالعات پیشین نشان داد که صمغ دانه بارهنگ از ۶۰٪ رطوبت، ۲۳٪ خاکستر، ۲۰٪ پروتئین و ۸۸٪ ۴۷٪ کربوهیدرات تشکیل شده است. هم چنین با انجام کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC) مشخص شد که این صمغ دارای هشت نوع مونوساکارید شامل گلوکز (۲/۷۶٪)، فروکتوز (۰/۹۲٪)، زایلوز (۱۰/۴۶٪)، رامنوز (۲۱/۸۴٪)، گالاکتوز (۲/۴۶٪)،

آرابینوز (۵۲/۶۱٪)، ساکارز (۵/۲۳٪) و گلوکورونیک اسید (۳/۶۹٪) می‌باشد. بیشترین قند موجود در این صمغ مربوط به آرابینوز و سپس رامنوز می‌باشد [۴].

هدف اصلی این مقاله بررسی خصوصیات عملکردی صمغ دانه بارهنگ استخراج شده با پیش تیمار فراصوت به عنوان یک منبع هیدروکلونیدی جدید و شناساندن ویژگی‌های مختلف آن شامل فنل کل، فلاوونوئید کل، فعالیت آنتی اکسیدانی و خواص مربوط به پودر صمغ استخراج شده شامل فعالیت آبی، دانسیته توده و ضربه، پیوستگی پودر، تراکم پذیری پودر و حلالیت پودر می‌باشد. هم چنین وزن مولکولی محلول‌های صمغ دانه بارهنگ و طیف سنجی مادون قرمز (FT-IR) نیز مورد محاسبه و بررسی قرار گرفت.

۲- مواد و روش‌ها

۱-۲- آماده سازی نمونه

دانه‌های بارهنگ استفاده شده در این پژوهش از بازار محلی تبریز خریداری و پس از بسته بندی در ظروف پلاستیکی، تا زمان استفاده در جای خشک و خنک نگهداری شدند. همه مواد شیمیایی مورد استفاده در این تحقیق از شرکت مرک تهیه شدند.

۲-۲- استخراج^۱ صمغ دانه بارهنگ با پیش تیمار

فراصوت

ابتدا برای تمیز کردن دانه‌های بارهنگ، این دانه‌ها به صورت کامل در آب مقطر غوطه ور و به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد مخلوط شدند. سپس دانه‌های تمیز شده، به نسبت ۱ به ۱۰ با آب مقطر مخلوط گشته تا پیش تیمار فراصوت روی آن‌ها صورت گیرد. بعد از اعمال این پیش تیمار (توان ۴۰۰ وات، دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد و زمان ۳۰ دقیقه)، محلول آب و دانه فیلتر شده و دانه‌ها با آب مقطر گرم (حدود ۵۰ درجه سانتی‌گراد) مخلوط شدند. پس از مخلوط شدن کامل دانه‌ها و آب مقطر در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد و زمان ۴۰ دقیقه، از یک استخراج کننده مجهز به صفحه چرخنده (پارس خزر، ایران) جهت جدا سازی موسیلاژ از دانه‌ها استفاده شد سپس عمل

1. Extraction

برای تعیین پیوستگی نمونه‌های پودر صمغ از نسبت هاسنر^۶ استفاده شد که براساس رابطه (۲-۱) به دست آمد:

$$HR = \frac{TD}{BD} \quad (1-2)$$

در این رابطه HR نشان دهنده نسبت هاسنر، TD نشان دهنده دانسیته ضربه و BD نشان دهنده دانسیته توده می‌باشد [۱۰].

۶-۲- اندازه گیری شاخص تراکم پذیری^۷ پودر صمغ تولید شده

برای تعیین شاخص تراکم پذیری پودر صمغ دانه بارهنگ از رابطه (۲-۲) استفاده شد:

$$CI = 1 - \frac{1}{HR} \quad (2-2)$$

در این رابطه، CI نشان دهنده شاخص تراکم پذیری و HR نشان دهنده نسبت هاسنر می‌باشد [۱۱].

۷-۲- اندازه گیری نم پذیری^۸ پودر صمغ تولید شده

برای تعیین نم پذیری پودر صمغ دانه بارهنگ از روش فوجس و همکاران با کمی تغییرات استفاده شد. جهت محاسبه این پارامتر، ۰/۱ گرم پودر صمغ در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد روی سطح ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر بدون هم زدن ریخته و زمان صرف شده برای ته نشست ذرات از سطح آب به داخل آن به طوری که هیچ ذره‌ای بر روی سطح آب نمانده باشد برای تعیین شاخص نم پذیری استفاده گردید [۱۲].

۸-۲- اندازه گیری حلالیت^۹ پودر صمغ تولید شده

جهت اندازه گیری حلالیت پودر صمغ دانه بارهنگ، ۱ گرم پودر صمغ به ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر افزوده شد و اختلاط این دو به مدت ۵ دقیقه با همزن مغناطیسی ۷۰۰ دور در دقیقه ادامه یافت. سپس محلول حاصل در $3000 \times g$ به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفوژ شد و از محلول فوقانی ۲۵ میلی‌لیتر جدا و به یک پلیت شیشه‌ای که از قبل توزین شده بود منتقل شد. پلیت در آن دمای ۱۰۵

فیلتراسیون صورت گرفت. در مرحله بعد، از اتانول ۹۶٪ به نسبت ۱ به ۳ برای رسوب دهی صمغ استخراج شده استفاده شد. صمغ رسوب داده شده از پارچه کتان فیلتر شد و دو بار با اتانول ۷۰٪ و دو بار با اتانول ۹۶٪ در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ دقیقه در هر بار جهت خالص سازی شستشو داده شد. این فرآیند شستشو جهت حذف کامل باقی مانده‌های احتمالی دانه‌ها و بهبود هر چه بیشتر رنگ صمغ تولیدی صورت گرفت. بعد از شستشو، صمغ استحصال شده به مدت ۱۶ ساعت در آن (فن آزما گستر، ایران) با دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد جهت خشک شدن قرار داده شد سپس صمغ خشک شده، آسیاب و پس از بسته بندی در جای خشک و خنک جهت آزمایشات بعدی نگهداری شد [۷].

۳-۲- اندازه گیری فعالیت آبی^۲ پودر صمغ تولید شده

برای اندازه گیری فعالیت آبی پودر صمغ دانه بارهنگ از دستگاه کالبره شده در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد (Novasina، انگلستان و آلمان) استفاده گردید [۸].

۴-۲- اندازه گیری دانسیته توده^۳ و ضربه^۴ پودر صمغ تولید شده

دانسیته توده با افزودن تدریجی ۲ گرم پودر صمغ به استوانه مدرج (۱۰ میلی‌لیتر) با درجه بندی ۰/۱ میلی‌لیتر و از نسبت جرم پودر به حجم اشغال شده در استوانه مدرج با واحد g/mL محاسبه گردید. برای اندازه گیری دانسیته ضربه، به صورت مکانیکی ضربات متوالی (در حدود ۱۰۰ ضربه) به استوانه مدرج وارد شد تا زمانی که تغییرات حجم پودر در استوانه متوقف شود و در نهایت نسبت جرم پودر به حجم حاصل پس از ضربه محاسبه و دانسیته ضربه با واحد g/mL تعیین گردید [۹].

۵-۲- اندازه گیری پیوستگی^۵ پودر صمغ تولید شده

2. Water activity
3. Bulk density
4. Tapped density
5. Cohesiveness
6. Hausner ratio
7. Compressibility index

8. Wettability
9. Solubility
10. Molecular weight

درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ ساعت قرار داده شد تا به طور کامل خشک گردد. وزن ماده جامد خشک شده نسبت به پودر اولیه بر حسب درصد جهت تعیین مقدار انحلال پذیری در آب استفاده شد [۱۳].

۹-۲- آزمون تعیین وزن مولکولی^{۱۰} صمغ تولید شده

شده

برای تعیین وزن مولکولی محلول‌های پودر صمغ دانه بارهنگ، از دستگاه نانو زتا سایزر (Malvern، انگلستان) بر اساس پراکندگی نور پویا استفاده شد. جهت اندازه گیری، محلول استوک در غلظت ۰/۰۰۱ گرم بر میلی‌لیتر در آب دیونیزه تهیه گردید که برای تهیه این محلول، پودر صمغ به مدت ۲ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد روی همزن مغناطیسی با آب دیونیزه به صورت مداوم مخلوط سپس محلول حاصل به مدت ۲۰ دقیقه در ۶۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ (هتیچ، آلمان) شد تا ناخالصی‌ها حذف گردد. سپس از فیلتر با مش ۰/۴۵ میکرون عبور داده شد. در نهایت، محلول‌هایی با رقت پایین‌تر از محلول استوک در محدوده ۰/۰۰۰۱ تا ۰/۰۰۰۴ گرم بر میلی‌لیتر تهیه گردید و وزن مولکولی براساس ۳ نقطه غلظت تعیین شد [۱۴].

۱۰-۲- طیف سنجی مادون قرمز^{۱۱} (FT-IR)

صمغ تولید شده

برای انجام این آزمون، نمونه‌ها ابتدا به صورت کامل خشک شده و در دسیکاتور قرار گرفتند. سپس نمونه‌ها با پودر برمید پتاسیم با نسبت مشخص مخلوط گشته و از آن‌ها قرص تهیه شد و در نهایت طیف نمونه‌ها توسط دستگاه طیف سنجی مادون قرمز (Bruker، آلمان) مورد ارزیابی قرار گرفت. توان تفکیک برای تمامی موارد در گستره ۴۰۰ تا ۴۰۰۰ cm^{-1} در نظر گرفته شد [۱۵].

۱۱-۲- اندازه گیری فنل کل^{۱۲} صمغ تولید شده

برای اندازه گیری ترکیبات فنلی صمغ دانه بارهنگ از روش فولین - سیکالچو^{۱۳} استفاده شد. عصاره پودر صمغ دانه بارهنگ در طی مراحل متوالی به کمک متانول آماده سازی شد. در مرحله

بعد، ۲۵۰ میکرولیتر از عصاره خالص استخراج شده (۵۰۰ میلی گرم به ازای میلی‌لیتر) با ۳/۵ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط شد و محلول حاصل به لوله آزمایش حاوی ۰/۲۵ میلی‌لیتر معرف فولین - سیکالچو رقیق شده به نسبت ۱ به ۱۰ اضافه گردید و جهت تکمیل واکنش، ۳ دقیقه زمان در نظر گرفته شد. بعد از گذشت زمان مورد نظر، ۱ میلی‌لیتر سدیم کربنات ۲۰٪ به مخلوط اضافه گردید سپس محلول حاصل به مدت ۱۵ دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد و شرایط تاریک نگهداری شد و در نهایت جذب محلول‌های حاصل توسط اسپکتروفوتومتر (Unico، آمریکا) در طول موج ۷۶۵ نانومتر اندازه گیری گردید. برای تعیین مقدار فنل کل از اسید گالیک به عنوان استاندارد استفاده شد و اعداد به دست آمده به صورت میلی‌گرم گالیک اسید در گرم پودر صمغ خشک شده تعیین گردید [۱۶ و ۱۷].

۱۲-۲- اندازه گیری فلاوونوئید کل^{۱۴} صمغ تولید شده

شده

برای اندازه گیری فلاوونوئید کل صمغ دانه بارهنگ، از روش رنگ سنجی آلومینیوم کلرید استفاده شد. عصاره پودر صمغ دانه بارهنگ در طی مراحل متوالی به کمک متانول آماده سازی شد. سپس، ۲۵۰ میکرولیتر از عصاره خالص استخراج شده (۵۰۰ میلی‌گرم به ازای میلی‌لیتر) به لوله آزمایش حاوی ۱۵۰ میکرولیتر سدیم نیتريت ۵٪ اضافه و به مدت ۵ دقیقه تا انجام واکنش نگهداری شد. در مرحله بعد، ۱۵۰ میکرولیتر آلومینیوم کلرید ۱۰٪ به محلول اضافه و ۱ دقیقه زمان در نظر گرفته شد تا واکنش انجام گیرد. سپس، مقدار ۱ میلی‌لیتر سدیم کلرید ۱ نرمال به محلول اضافه گردید و محلول حاصل به مدت ۱ ساعت در محل تاریک نگهداری شد تا رنگ زرد به صورت کامل نمایان گردد. در نهایت، جذب توسط اسپکتروفوتومتر (Unico، آمریکا) در طول موج ۴۱۵ نانومتر اندازه گیری شد. برای تعیین مقدار فلاوونوئید کل از کوئرستین به عنوان استاندارد استفاده شد و اعداد به دست آمده به صورت میلی‌گرم کوئرستین در گرم پودر صمغ خشک شده تعیین گردید [۱۸].

12. Total Phenolic Content (TPC)

13. Folin - Cicalteu

14. Total Flavonoid Content (TFC)

15. DPPH radical scavenging activity

11. Fourier Transform Infrared Spectroscopy

۱۳-۲- اندازه گیری فعالیت آنتی اکسیدانی¹⁵

صمغ تولید شده

برای اندازه گیری فعالیت آنتی اکسیدانی صمغ دانه بارهنگ از روش رادیکال آزاد DPPH استفاده شد. ابتدا عصاره پودر صمغ دانه بارهنگ در طی مراحل متوالی به کمک متانول آماده سازی شد. سپس، ۳ میلی لیتر از عصاره با ۲/۷ میلی لیتر محلول DPPH تهیه شده در متانول مخلوط گردید و بعد محلول حاصل به مدت ۱ ساعت در محل تاریک نگهداری و در نهایت مقدار جذب محلول توسط اسپکتروفوتومتر (Unico، آمریکا) در طول موج ۵۱۷ نانومتر اندازه گیری گردید. درصد بازدارندگی محلول پودر صمغ از رابطه (۳-۲) به دست آمد:

$$\frac{A_{DPPH} - A_{Sample}}{A_{DPPH}} \times 100 \quad (3-2)$$

که در این رابطه A_{DPPH} نشان دهنده جذب محلول DPPH تهیه شده با متانول و A_{Sample} نشان دهنده جذب محلول پودر صمغ می باشد [۱۹].

۱۴-۲- آنالیز آماری

برای تجزیه و تحلیل آماری نتایج از طرح کاملاً تصادفی استفاده گردید. آنالیز واریانس (ANOVA) داده ها با نرم افزار SPSS 21.0 و مقایسه میانگین داده ها با آزمون دانکن در سطح معنی داری ۰/۰۵ مورد بررسی قرار گرفت. همه آزمون ها در ۳ تکرار انجام شد.

۳- نتایج و بحث

۱-۳- نتایج مربوط به فعالیت آبی پودر صمغ

تولید شده

فعالیت آبی یکی از خصوصیات بسیار مهم مواد غذایی بوده که از نقطه نظر حفظ سلامت ماده غذایی، زمان نگهداری، طعم، رنگ، ارزش غذایی و بالاخره جنبه های اقتصادی از اهمیت ویژه ای برخوردار است. فعالیت آبی عبارت است از نسبت فشار بخار آب محصول به فشار بخار آب خالص پس از رسیدن به حالت تعادل رطوبتی در همان درجه حرارت. به طور معمول، مقادیر فعالیت

آبی پایین تر از ۰/۶، نشان دهنده پایداری نسبی ماده از لحاظ میکروبیولوژیکی می باشد [۸]. مقادیر فعالیت آبی پودر صمغ دانه بارهنگ 0.02 ± 0.309 به دست آمد که نشان دهنده پایداری پودر صمغ بود. اندازه گیری فعالیت آبی از آزمون های رایج پودر ها مانند پودر صمغ می باشد و مقادیر فعالیت آبی برای پودرهای دیگر مانند پودر انگور، گوجه فرنگی و آب پرتقال در منابع موجود است [۲۰ و ۲۱].

۲-۳- نتایج دانسیته توده و ضربه پودر صمغ

تولید شده

دانسیته یکی از پارامترهای مهمی است که خواص عملگرایی پودر را تحت تأثیر قرار می دهد. دانسیته توده پودر صمغ دانه بارهنگ مقدار 0.08 ± 0.294 گرم بر میلی لیتر به دست آمد. براساس پژوهش های پیشین، دانسیته توده این صمغ پایین تر از صمغ هایی هم چون صمغ عربی (0.61 گرم بر میلی لیتر) [۲۱] و صمغ گوار (0.06 ± 0.474 گرم بر میلی لیتر) [۲۲] و بالاتر از صمغ هایی مانند صمغ Durian (0.173 تا 0.203 گرم بر میلی لیتر) [۲۳] و صمغ Grewia (0.160 گرم بر میلی لیتر) [۲۴] می باشد. دانسیته ضربه این صمغ نیز 0.03 ± 0.326 گرم بر میلی لیتر به دست آمد. نکته قابل توجه این است که نقش دانسیته ضربه در مباحث مهندسی بیشتر از دانسیته توده است و جهت تعیین خصوصیات جریان پودر صمغ از نسبت این دو دانسیته استفاده می گردد. همانند دانسیته توده، دانسیته ضربه این صمغ نیز پایین تر از مقادیر ذکر شده برای صمغ عربی (0.86 گرم بر میلی لیتر) [۲۱] و صمغ گوار (0.05 ± 0.546 گرم بر میلی لیتر) [۲۲] و بالاتر از صمغ هایی مانند صمغ Durian (0.199 تا 0.258 گرم بر میلی لیتر) [۲۳] و صمغ Grewia (0.01 ± 0.170 گرم بر میلی لیتر) [۲۴] می باشد.

۳-۳- نتایج مربوط به پیوستگی پودر صمغ تولید

شده

نسبت هاسنر برای تعیین جریان پذیری مواد پودری یا گرانولی استفاده می شود. نسبت هاسنر کمتر از ۱/۲ نشان دهنده پیوستگی کم، بین ۱/۲ و ۱/۴ نشان دهنده پیوستگی متوسط و مقادیر بالای ۱/۴ نشان دهنده پیوستگی بیشتر پودر می باشد. پیوستگی پودر

حلالیت کمتری نسبت به این دو صمغ دارد. روش خشک کردن و ساختار مولکولی از جمله مواردی هستند که می‌توانند در حلالیت نمونه‌های پودری مؤثر واقع شوند [۱۳].

۳-۷- نتایج مربوط به اندازه گیری وزن مولکولی

پودر صمغ تولید شده

اندازه گیری وزن مولکولی محلول‌های پودر صمغ دانه بارهنگ در ۳ غلظت ۰/۰۰۰۱۰، ۰/۰۰۰۲۵ و ۰/۰۰۰۴۰ گرم بر میلی‌لیتر اندازه گیری شد. نتایج حاصل نشان داد که با افزایش غلظت از ۰/۰۰۰۱۰ تا ۰/۰۰۰۴۰ گرم بر میلی‌لیتر، وزن مولکولی از ۱۶۹۰ کیلودالتون به ۳۰۷۰ کیلودالتون رسید. در نتیجه، میانگین وزن مولکولی محلول پودر صمغ دانه بارهنگ مقدار $۰/۴۱ \pm ۲۲۵۰$ کیلودالتون به دست آمد که این مقدار کمتر از مقادیر ارائه شده برای صمغ زانتان (۴۲۰۰ کیلودالتون) [۲۸]، صمغ دانه بالنگو (۳۶۵۰ کیلودالتون) [۱۴]، صمغ کارایا (۱۰۰۰۰ کیلودالتون) [۲۸] و صمغ عربی (۳۰۰۰ - ۵۰ کیلودالتون) [۲۸] و بیشتر از مقادیر به دست آمده برای صمغ مریم گلی (۴۳۰ کیلودالتون) [۲۹] و صمغ دانه شاهی (۵۴۰ کیلودالتون) [۳۰] است.

۳-۸- نتایج مربوط به اندازه گیری فنل کل پودر

صمغ تولید شده

مقدار فنل کل این صمغ $۱/۰۳ \pm ۴۵/۶۶$ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک به دست آمد. پژوهش‌های پیشین مقدار فنل کل برای پلی‌ساکاریدهای استحصال شده از دانه‌های مختلف از جمله پلی-ساکارید حاصل از *Echinaceae purpurea* L. ($۱ \pm ۲۲/۳$ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک) [۳۱]، موسیلاژ دانه بارهنگ ($۱/۶ \pm ۷۶/۷۹$ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک) [۷] و پلی‌ساکارید حاصل از *Pistacia lentiscus* ($۰/۱۲ \pm ۹/۹۲$ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک) [۳۲] را گزارش کرده‌اند. تفاوت مقادیر فنل کل به دست آمده در این پژوهش برای صمغ دانه بارهنگ و موسیلاژ دانه بارهنگ مربوط به تفاوت در روش استخراج، جداسازی، رسوب دهی صمغ از موسیلاژ با الکل و مراحل خالص سازی آن می‌باشد.

صمغ دانه بارهنگ مقدار $۰/۰۲ \pm ۱/۱۰۸۰$ به دست آمد. در نتیجه، پودر صمغ دانه بارهنگ دارای پیوستگی کم و جریان پذیری مناسب می‌باشد که از این نظر شباهت بسیاری به صمغ حاصل از بامیه^{۱۶} دارد که پیوستگی پودر حاصل از آن در دامنه ۱/۱۰ تا ۱/۱۸ می‌باشد [۲۵].

۳-۴- نتایج مربوط به شاخص تراکم پذیری پودر

تولید شده

یکی از روش‌های تعیین جریان پذیری پودر، شاخص تراکم پذیری می‌باشد. اگر این شاخص کمتر از ۱۰٪ باشد، نشان دهنده جریان پذیری عالی، بین ۱۱ تا ۱۵٪، جریان پذیری خوب، ۱۶ تا ۲۰٪، جریان پذیری متوسط و بالاتر از ۳۱٪ نشان دهنده جریان پذیری ضعیف پودر حاصله می‌باشد. شاخص تراکم پذیری پودر صمغ دانه بارهنگ مقدار $۱/۷۲ \pm ۱۱/۶۹۴$ ٪ به دست آمد که نشان می‌دهد این پودر دارای جریان پذیری خوب می‌باشد. شاخص تراکم پذیری این پودر کمتر از مقادیر ارائه شده برای صمغ گوار ($۰/۷ \pm ۱۳/۰۵$ ٪) [۲۲]، صمغ عربی ($۲۸/۴۲$ ٪) [۲۱] و صمغ Durian ($۲۲/۸۵ - ۱۳/۶۰$ ٪) [۲۳] می‌باشد.

۳-۵- نتایج مربوط به نم پذیری پودر صمغ تولید شده

نم پذیری پودر یکی از خصوصیات فیزیکی مهم است که در بازسازی دوباره پودر می‌تواند مؤثر باشد. در این پژوهش، زمان مورد نیاز برای اینکه پودر به صورت کامل در آب غوطه ور شود اندازه گیری شد و مقدار $۰/۱۷ \pm ۷/۴۷$ ثانیه به دست آمد. بر هم کنش بین مولکولی در پودر به عنوان پارامتری است که اهمیت بسیاری در نم پذیری آن دارد [۲۶].

۳-۶- نتایج مربوط به حلالیت پودر صمغ تولید

شده

برای تعیین دقیق رفتار پودر در محلول آبی از پارامتر حلالیت استفاده می‌شود. حلالیت پودر صمغ دانه بارهنگ $۳۷/۲۲ - ۲۶/۶۷$ ٪ به دست آمد. بررسی نتایج حاصل از تحقیقات پیشین نشان داد که صمغ دانه خرنوب دارای ۵۰٪ حلالیت در ۲۵ درجه سانتی‌گراد [۲۷] و صمغ Durian دارای دامنه حلالیت ۵۷/۵ - ۴۳٪ [۲۳] می‌باشد. در مقایسه، صمغ دانه بارهنگ،

16. Okra gum

۳-۹- نتایج مربوط به اندازه گیری فلاوونوئید

کل پودر صمغ تولید شده

مقدار فلاوونوئید کل صمغ دانه بارهنگ استخراج شده با پیش تیمار فراصوت $1/96 \pm 61/25$ میلی گرم بر گرم ماده خشک به دست آمد. نتایج حاصل از پژوهش‌های پیشین مقدار فلاوونوئید کل پلی ساکارید حاصل از *Echinaceae purpurea* L. از $86 \pm$ میلی گرم بر گرم ماده خشک [۳۱] و موسیلاژ دانه بارهنگ $(2 \pm 97/80)$ میلی گرم بر گرم ماده خشک [۷] را تعیین کرده‌اند.

۳-۱۰- نتایج مربوط به اندازه گیری فعالیت آنتی

اکسیدانی پودر صمغ تولید شده

عوامل آنتی اکسیدانی موجود در مواد مختلف می‌توانند سبب کاهش پایداری رادیکال‌های آزاد DPPH گردند و رنگ بنفش محلول DPPH را به رنگ زرد تبدیل کنند. مقادیر فعالیت آنتی اکسیدانی برای پلی ساکاریدهای مختلف مانند پلی ساکارید *Pistacia vera* L. (% ۵۴/۲) [۳۳]، پلی ساکارید *Pistacia lenticus* (% ۳۳/۳) [۳۴]، پلی ساکارید *Dictyophora indusiata* (% ۵۶/۸) [۲۴] و پلی ساکارید *Plantago depressa* (% ۶۱/۵ - ۲۳/۷) وابسته به غلظت [۳۵] گزارش شده است. فعالیت بازدارندگی محلول‌های صمغ دانه بارهنگ $0/19 \pm 34/10$ % به دست آمد که بسیار نزدیک به پلی ساکارید حاصل از *Pistacia lenticus* می‌باشد. در پژوهش حاضر، فعالیت بازدارندگی دانه‌های بارهنگ نیز مورد بررسی قرار گرفت $0/09 \pm 85/76$ % گزارش شد که نشان دهنده فعالیت آنتی اکسیدانی بالای این دانه گیاهی می‌باشد و با وجود اینکه مراحل مختلف رسوب دهی، خالص سازی و شستشو بر روی صمغ استحصال شده سبب کاهش فعالیت آنتی اکسیدانی شده است اما هم چنان صمغ به دست آمده دارای خاصیت آنتی اکسیدانی خوبی می‌باشد. هم چنین، فعالیت آنتی اکسیدانی بالای دانه‌های بارهنگ در مقایسه با صمغ حاصل از آن می‌تواند به دلیل وجود گروه‌های هیدروکسیل فراوانی باشد که مانند دهنده الکترون عمل می‌کنند و سبب انتقال الکترون‌ها به رادیکال‌های آزاد DPPH می‌گردند [۳۵].

۳-۱۱- نتایج مربوط به طیف سنجی مادون قرمز

(FT-IR) پودر صمغ تولید شده

طیف سنجی مادون قرمز جهت تشخیص و تعیین گروه‌های عملکردی قندها و کربوهیدرات‌های پیچیده استفاده می‌شود که در شکل (Figure 1) آورده شده است. فاصله بین پیک‌های 800 تا 1200 cm^{-1} به عنوان ناحیه اثر انگشت^{۱۷} برای کربوهیدرات‌ها نامیده می‌شود و شاخص خوبی از تفاوت در ساختار در میان صمغ‌های مختلف است [۳۶]. جذب در طول موج بین 900 تا 1050 cm^{-1} می‌تواند نشان دهنده پیوند های C-O و C-H باشد. وجود پیک در طول موج $1646/02$ و $1739/48 \text{ cm}^{-1}$ احتمالاً نشان دهنده پیوندهای C=O و C=C می‌باشد. جذب در طول موج 2900 تا 3000 cm^{-1} به ویژه پیک حاصل شده در طول موج $2927/79 \text{ cm}^{-1}$ در ارتباط با وجود پیوندهای C-H گروه‌های متیل شامل CH_2 و CH_3 می‌باشد. جذب در ناحیه وسیع بین طول موج‌های 2927 تا 3434 cm^{-1} نشان دهنده وجود گروه‌های هیدروکسیل مربوط به اسیدهای کربوکسیلیک و گروه‌های هیدروکسیل الکلی است [۳۷]. نتایج مشابهی، برای موسیلاژ دانه بارهنگ [۷] و صمغ دانه مریم گلی [۲۹] از طیف سنجی مادون قرمز به دست آمده است.

۴- نتیجه گیری کلی

خواص فیزیکوشیمیایی و عملگرایی مربوط به صمغ دانه بارهنگ استخراج شده با پیش تیمار فراصوت در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفت. نتایج به دست آمده نشان داد که مقدار فتل کل این صمغ، $1/03 \text{ mg/g} \pm 45/66$ ، فلاوونوئید کل $1/96 \pm 61/25$ ، فعالیت آنتی اکسیدانی آن، $0/19 \pm 34/10$ % و میانگین وزن مولکولی $0/41 \pm 2250$ کیلو دالتون می‌باشد. طیف سنجی مادون قرمز (FT-IR) نشان داد که پیوندهای گلیکوزیدی و گروه‌های متیل، کربوکسیل و هیدروکسیل در این صمغ موجود هستند. خواص فیزیکوشیمیایی دیگر شامل فعالیت آبی ($0/02 \pm 0/309$)، دانسیته توده ($0/08 \pm 0/294$ گرم بر میلی لیتر)، دانسیته

17. Finger print area

- [5] Raza, A., Li, F., Xu, X., & Tang, J. (2017). Optimization of ultrasonic-assisted extraction of antioxidant polysaccharides from the stem of *Trapa quadrispinosa* using response surface methodology. *International Journal of Biological Macromolecules*, 94, 335 – 344.
- [6] Rostami, H., & Gharibzadeh, S.M.T. (2016). Microwave-assisted extraction of jujube polysaccharide: Optimization, purification and functional characterization. *Carbohydrate Polymers*, 143, 100 – 107.
- [7] Alizadeh Behbahani, B., Tabatabaei Yazdi, F., Shahidi, F., Hesarinejad, M., Mortazavi, S., & Mohebbi, M. (2016). *Plantago major* seed mucilage: Optimization of extraction and some physicochemical and rheological aspects. *Carbohydrate Polymers*, 155, 68 – 77.
- [8] Sarabandi, K., Peighambaroust, S.H., & Shirmohammadi, M. (2014). Physical properties of spray dried grape syrup as affected by drying temperature and drying aids. *International Journal of Agriculture and Crop sciences*, 7, 928 – 934.
- [9] Goula, A.M., & Adamopoulos, K.G. (2004). Influence of spray drying conditions on residue accumulation – Simulation using CFD. *Drying Technology*, 22, 1107 – 1128.
- [10] Jinapong, N., Supphantharika, M., & Jamnong, P. (2003). Production of instant soymilk powders by ultrafiltration, spray drying and fluidized bed agglomeration. *Journal of Food Engineering*, 84, 194 – 205.
- [11] Carr, R. (1965). Evaluating flow properties of solids. *Chemical Engineering*, 72, 163 – 168.
- [12] Fuchs, M., Turchiuli, C., Bohin, M., Cuvelier, M.E., Ordonnaud Peyrat – Millard, M.N., & Dumoulin, E. (2006). Encapsulation of oil in powder using spray drying and fluidised bed agglomeration. *Journal of Food Engineering*, 75, 27 – 35.
- [13] Cano-Chauca, M., Stringheta, P.C., Ramos, A.M., & Cal-Vidal, J. (2005). Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 6, 420 – 428.
- [14] Mohammad Amini, A., & Razavi, S.M.A. (2012). Dilute solution properties of Balangu (*Lallemantia royleana*) seed gum: effect of

ضربه 0.3 ± 0.26 گرم بر میلی لیتر)، پیوستگی پودر 0.2 ± 0.11 ، شاخص تراکم پذیری پودر 1.72 ± 1.694 ، نم پذیری پودر 0.17 ± 0.47 ثانیه و حلالیت پودر $22/37 - 26/67$ ٪ در صمغ دانه بارهنگ استخراج شده با پیش تیمار فراصوت گزارش شد.

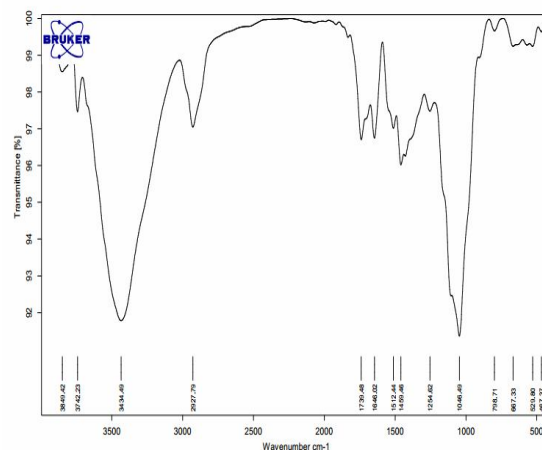


Fig 1 FT-IR spectra of PMS gum

۵- منابع

- [1] Rahimi, S. (2012). Determination of some chemical, physicochemical, structural, and rheological properties of Persian gum [dissertation]. Tehran: Tarbiat Modares University. Faculty of Agriculture.
- [2] Naji, S., Razavi, S.M.A., & Karazhiyan, H. (2012). Effect of thermal treatments on functional properties of cress seed (*Lepidium sativum*) and xanthan gums: A comparative study. *Food Hydrocolloids*, 28, 75 – 81.
- [3] Koocheki, A., Taherian, A.R., Razavi, S.M.A., & Bostan, A. (2009). Response surface methodology for optimization of extraction yield, viscosity, hue and emulsion stability of mucilage extracted from *Lepidium perfoliatum* seeds. *Food Hydrocolloids*, 23(8), 2369 – 2379.
- [4] Samuelsen, A. (2000). The traditional uses, chemical constituents and biological activities of *Plantago major* L. A review. *Journal of Ethnopharmacology*, 71, 1 – 21.

- Gum from durian fruit seed. *Chemistry Central Journal*, 7, 1 – 8.
- [24] Nep, El., & Conway, BR. (2011). Physicochemical characterization of Grewia polysaccharide gum: effect of drying method. *Carbohydrate Polymers*, 84, 446 – 453.
- [25] Bae, KE., & Lee, SJ. (2008). Microencapsulation of avocado oil by spray drying using whey protein and maltodextrin. *Journal of Microencapsulation*, 25, 549 – 560.
- [26] Cuq, B., Rondet, E., & Abecassis, J. (2011). Food powders engineering, between knowhow and science: Constrains, skates and opportunities. *Powder Technology*, 208, 244 – 251.
- [27] Dakia, PA., Blecker, C., Roberta, C., Watheleta, B., & Paquota, M. (2008). Composition and physicochemical properties of locust bean gum extracted from whole seeds by acid or water dehulling pre – treatment. *Food Hydrocolloids*, 22, 807 – 818.
- [28] Faria, S., de Oliveira Petkowicz, C.L., de Moraes, S.A.L., Terrones, M.G.H., de Resende, M.M., de Franca, F.P., & Cardoso, V.L. (2011). Characterization of xanthan gum produced from sugar cane broth. *Carbohydrate Polymers*, 86, 469 – 476.
- [29] Razavi, S.M.A., Cui, S.W., Guo, Q., & Ding, H. (2014). Some physicochemical properties of sage (*Salvia macrosiphon*) seed gum. *Food Hydrocolloids*, 35, 453 – 462.
- [30] 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.
- [31] Lee, T., Huang, C., Shieh, X., Chen, C., Chen, L., & Yu, B. (2010). Flavonoid, Phenol and Polysaccharide contents of *Echinacea Purpurea* L. and its immunostimulant capacity in vitro. *International Journal of Environmental Science and Development*, 1 (1), 2010 – 2016.
- [32] Ebrahimzadeh, M.A., Pourmorad, F., & Bekhradnia, A.R. (2008). Iron chelating activity, phenol and flavonoid content of some medicinal plants from Iran. *African Journal of Biotechnology*, 7 (18), 3188 – 3192.
- [33] Sehitoglu, M., Han, H., Kalin, P., Gulcin, I., Ozkan, A., & Aboul-Enin, H. (2015). Pistachio temperature, salt and sugar. *International Journal of Biological Macromolecules*, 51, 235 – 243.
- [15] Razmkhah, S., Razavi, S.M.A., Mohammadifar, M.A., Tutor Ale, M., & Ahmadi Gavlighi, H. (2016). Protein – free cress seed (*Lepidium sativum*) gum: Physicochemical characterization and rheological properties. *Carbohydrate Polymers*, 153, 14 – 24.
- [16] Javanmardi, J., Stushnoff, C., Locke, E., & Vivanco, J.M. (2003). Antioxidant activity and total phenolic content of Iranian *Ocimum* accessions. *Food Chemistry*, 83, 547 – 550.
- [17] A. Baba, S., & A. Malik, S. (2015). Determination of total phenolic and flavonoid content, antimicrobial and antioxidant activity of a root extract of *Arisaema jacquemontii* Blume. *Journal of Taibah University for Science*, 9, 449 – 454.
- [18] Sen, S., De, B., Devanna, N., & Chakraborty, R. (2013). Total phenolic, total flavonoid content, and antioxidant capacity of the leaves of *Meyna spinosa* Roxb., an Indian medicinal plant. *Chinese Journal of Natural Medicines*, 11 (2), 149 – 157.
- [19] Zhao, Z., Zhang, Q., Li, Y., Dong, L., & Liu, S. (2015). Optimization of ultrasound extraction of *Alisma orientalis* polysaccharides by response surface methodology and their antioxidant activities. *Carbohydrate Polymers*, 119, 101 – 109.
- [20] Chegini, GR., & Ghobadian, B. (2007). Spray dryer parameters for fruit juice drying. *World Journal of Agricultural Sciences*, 3, 230 – 236.
- [21] Kumar Singh, A., Panner Selvam, R., & Sivakumar, T. (2010). Isolation, characterization and formulation properties of a new plant gum obtained from *mangifera indica*. *International Journal of Pharmaceutical and Biomedical Research*, 1, 35 – 41.
- [22] Builers, PF., Mbah, CC., & Attama, AA. (2012). Intrinsic and functional properties of a gelling gum from *dioclea reflexa*: a potential pharmaceutical excipient. *British Journal of Pharmaceutical Research*, 2, 50 – 68.
- [23] Mirhosseini, H., & Tabatabaee Amid, B. (2013). Effect of different drying techniques on flowability characteristics and chemical properties of natural carbohydrate – protein

- Plantago depressa*. International Journal of Biological Macromolecules, 93, 644 – 654.
- [36] Naji – Tabasi, S., Razavi, S.M.A., Mohebbi, M., & Malaekheh-Nikouei, B. (2016). New studies on basil (*Ocimum bacilicum L.*) seed gum: Part 1 – Fractionation, physicochemical and surface activity characterization. Food Hydrocolloids, 52, 350 – 358.
- [37] Bellamy, L.J., (1961). The Infrared Spectra of complex molecules. 2nd edition, John Wiley & Sons. New York.
- (*Pistacia vera L.*) Gum: a potent inhibitor of reactive oxygen species. Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry, 30 (2), 264 – 269.
- [34] Mahmoudi, M., Ebrahimzadeh, M.A., Nabavi, S.F., Hafezi, S., Nabavi, S.M., & Eslami, SH. (2010). Anti-inflammatory and antioxidant activities of gum mastic. European Review for Medical and Pharmacological Sciences, 14, 765 – 769.
- [35] Han, N., Wang, L., Song, Z., Lin, J., Ye, C., Liu, Z., & Yin, J. (2016). Optimization and antioxidant activity of polysaccharides from

Studying physicochemical properties and molecular weight of ultrasound-assisted extracted *Plantago major* seed gum

Niknam. R.¹, Ayaseh. A.^{2*}, Ghanbarzadeh. R.³

1. MSc Student, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz

2. Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz

3. Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz

(Received: 2017/10/26 Accepted:2018/10/16)

Hydrocolloids are high-molecular weight biopolymers and they are applied in food formulations as thickening, gelling, emulsifier, stabilizer and fat replacer. *Plantago major* L. seed is sorted in *Plantaginaceae* family and have been used for a long time as wound-healing, immune-modulating and antioxidant purposes. Various physicochemical properties of *Plantago major* seed gum powder including water activity, bulk and tapped density, solubility and compressibility index and functional properties including total phenol content, total flavonoid content and DPPH scavenging activity were evaluated. The results of average molecular weight of *Plantago major* seed gum showed that molecular weight of this gum was lower than xanthan, balangu and acacia gum and higher than sage seed gum. Presence of glycoside bonds and carboxyl, methyl and hydroxyl groups were observed in FT-IR spectra of this gum and approved previous studies on *Plantago major* seed.

Key Words: *Plantago major* L. seed gum, Physicochemical properties, Molecular weight, FT-IR

* Corresponding author E-Mail Address: ayaseh@tabrizu.ac.ir