

## تأثیر فرایند هیدروترمال بر خواص فیزیکوشیمیایی و عملکردی بتاگلوکان یولاف

اعظم ستاری<sup>۱</sup>، جعفر محمدزاده میلانی<sup>۲\*</sup>، زینب رفتنی امیری<sup>۲</sup>، علی پاکدین پاریزی<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۲- دانشیار مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۳- استادیار پژوهشکده ژنتیک و زیست فناوری، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری

(تاریخ دریافت: ۹۸/۰۲/۱۷ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۶/۰۳)

### چکیده

در این پژوهش استخراج بتاگلوکان از یولاف با روش استخراج آبی انجام شد. پس از آسیاب کردن دانه کامل یولاف پوست کنده، تحت فرایند هیدروترمال توسط اتوکلاو در سه دمای ۱۱۰، ۱۲۰ و ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد در دو زمان ۱۰ و ۲۰ دقیقه قرار گرفت تا تأثیر دما و زمان بر خواص فیزیکوشیمیایی و عملکردی بتاگلوکان سنجیده شود. پس از استخراج، ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و عملکردی بتاگلوکان استخراجی شامل راندمان استخراج، ظرفیت نگهداری آب، ظرفیت امولسیون‌کنندگی و پایداری امولسیون، ریز ساختار با میکروسکوپ الکترونی و شناسایی گروه‌های عاملی با FTIR مورد آزمون قرار گرفت. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که بیشترین راندمان استخراج بتاگلوکان از آرد هیدروترمال شده در دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ دقیقه بود. بیشترین ظرفیت امولسیون‌کنندگی مربوط به تیمار ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ دقیقه، ۳۵/۱۷ درصد بود، در میزان پایداری امولسیون تفاوت معنی‌داری بین همه تیمارها به جز ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه وجود نداشت و در میزان ظرفیت جذب آب تفاوت معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد. در بررسی ریز ساختار با میکروسکوپ الکترونی مشاهده شد که هر چه دما و زمان افزایش می‌یابد بافت بتاگلوکان حاصل اسفنجی‌تر و متخلخل‌تر است. در شناسایی گروه‌های عاملی بتاگلوکان یولاف با طیف‌سنجی FTIR نیز به نظر می‌رسد بتاگلوکان به طور مشخصی در محدوده  $1000$  تا  $1200$   $\text{cm}^{-1}$  قرار داشت.

کلید واژگان: بتاگلوکان، یولاف، فرایند هیدروترمال، خصوصیات فیزیکوشیمیایی

\*مسئول مکاتبات: jmilany@yahoo.com

## ۱- مقدمه

یولاف در ارتباط با تغذیه انسان، یکی از غلات سرشار از فیبرهای محلول مانند بتاگلوکان است و یک منبع خوب از پروتئین، ویتامین ها و مواد معدنی است [۱].

بتاگلوکان یک پلی ساکارید غیر نشاسته ای و محلول در آب است که دارای یک زنجیره خطی است که از واحدهای بتاگلوکوپیرانوزیل تشکیل شده است که ۷۰ درصد آن از اتصالات ۱ به ۴ و ۳۰ درصد آن از اتصالات ۱ به ۳ است [۲] و از لحاظ ساختاری در دیواره سلولهای آندوسپرم و لایه آرون غلاتی مانند جو و یولاف و به مقدار کمتر در چاودار و گندم و در دیواره سلولی قارچها و مخمرها وجود دارد. مقدار بتاگلوکان در جو ۳-۷ درصد و در یولاف ۵-۱۱ درصد و گندم حدود ۲/۱ درصد می باشد [۳]. این پلی ساکارید وزن مولکولی بین ۱/۰ تا ۵/۲ میلیون گرم بر مول را دارد [۴-۹].

بتاگلوکان پلیمری از واحدهای گلوکز است که این واحدها با توجه به اینکه از اتصالات نوع بتا هستند توسط آنزیم های موجود در دستگاه گوارش انسان هضم نمی شوند از این رو بتاگلوکان در ردیف فیبرهای رژیمی محلول در آب طبقه بندی می شود [۱۰ و ۱۱] همانطور که می دانیم فیبرهای غذایی نقش مهمی را در سلامت انسان دارند که نه تنها کاهش خطر ابتلا به چاقی و کلسترول خون، سرطان روده بزرگ، دیابت، غلظت لیپید خون، یبوست، فشار خون بالا را باعث می شوند [۱۲-۱۷]. بتاگلوکان هیدروکلئید اصلی موجود در غلات و مخمرهاست که توانایی تشکیل ژل داشته و باعث افزایش ویسکوزیته محلول می شود. از این رو می تواند به عنوان عامل قوام دهنده به منظور تولید مواد غذایی عملگرا و یا به عنوان جایگزین چربی جهت بهبود بافت و ویژگی های فیزیکی محصولات کم چرب در فرمولاسیون آنها استفاده گردد [۱۸].

ویژگی های ویسکوالاستیک ژل های حاصل از بتاگلوکان بستگی به وزن مولکولی اجزای آن دارد. تفاوت در روش های استخراج بر روی اندازه مولکولی پلی ساکاریدهای جدا شده تأثیر می گذارند. افزایش دمای استخراج می تواند باعث افزایش در اندازه مولکولی بتاگلوکان غلات استخراج شده شود [۱۹]. این تغییرات در وزن مولکولی به طور مستقیم بر برخی خواص بتاگلوکان تأثیر می گذارد [۲۰]. به عنوان مثال مقادیر مختلف وزن مولکولی از بتاگلوکان و اندازه ذرات، ویسکوزیته متفاوتی دارند [۲۱]. خواص محلولهای این پلی ساکاریدها و ویسکوزیته آنها بستگی به مقدار (مثل غلظت) و اندازه (وزن مولکولی) زنجیره های پلیمری بستگی دارد. بنابراین میزان انحلال آنها و

همچنین غلظت و اندازه مولکولی پلی ساکارید به شدت با فعالیت فیزیولوژیکی آنها مرتبط است. ساختار مولکولی این پلی ساکاریدها، ترکیب و ویژگی های دیواره سلولی از جمله عواملی هستند که روی حلالیت بتاگلوکان تأثیر می گذارند.

دانه یولاف منبع خوبی از پروتئین است و حاوی اسیدهای چرب غیراشباع، ترکیبات فنولیک، فیبر رژیمی و نشاسته است. دانه یولاف ۲-۵ برابر چربی بیشتر از گندم دارد و غنی از لیپاز، لیپواکسیداز و دیگر آنزیم های هیدرولیتیک است. با گذشت زمان، آنزیم ها به هیدرولیز چربی های حاضر در دانه جو منجر می شوند که باعث طعم تند می شوند. با توجه به تأثیر فعالیت آنزیمی بر پایداری لیپیدهای یولاف لازم است که این آنزیم ها در طی فراوری یولاف غیر فعال شوند.

یکی از روش های موجود برای غیر فعال کردن آنزیم ها، فرایند هیدروترمال است [۲۲] که شامل هوای داغ، بخار دادن که شامل اعمال بخار در شرایط معمولی و نرمال و بخار در اتوکلاو است. در پژوهش حاضر سعی شده است تا اثر فرایند هیدروترمال بر آرد یولاف با اتوکلاو و بتاگلوکان استخراجی از آن از نظر خواص فیزیکوشیمیایی و عملکردی مورد بررسی قرار گیرد.

## ۲- مواد و روش ها

### ۲-۱- آماده سازی نمونه

نمونه های دانه کامل یولاف پوست کنده از شرکت جام نور طلایی خریداری شد. جهت تهیه آرد، دانه های یولاف با آسیاب آزمایشگاهی آرد شد و از الک با مش ۵۰ عبور داده شدند. سپس در بسته های پلاستیکی غیر قابل نفوذ به رطوبت بسته بندی و در فریزر ۲۰- درجه سانتی گراد تا انجام آزمایشات نگهداری شدند.

### ۲-۲- ترکیب شیمیایی یولاف

به منظور اندازه گیری رطوبت و خاکستر و پروتئین آرد از روش استاندارد (AOAC, ۲۰۰۵) استفاده شد [۲۳]. میزان چربی آرد از روش استاندارد AACC به شماره ۳۰-۲۵ اندازه گیری شد [۲۴]. مقدار نشاسته نیز به روش پلاریمتری تعیین گردید [۲۵].

### ۲-۳- فرایند هیدروترمال

در این پژوهش فرایند هیدروترمال با اتوکلاو در دماهای ۱۱۰، ۱۲۰ و ۱۳۰ درجه سانتی گراد در دو زمان ۱۰ و ۲۰ دقیقه بر روی آرد یولاف صورت گرفت.

## ۲-۴- استخراج بتاگلوکان

با توجه به نمودار ۱، فیبر رژیمی بتاگلوکان به روش آبی توسط روش اسکندی و همکاران (۲۰۰۳) [۲۶] و احمد و همکاران (۲۰۰۹) [۲۷] با کمی تغییر از آرد یولاف استخراج شد. در این استخراج از آب مقطر با دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد استفاده شد و اختلاط آب و آرد در این دما به مدت ۹۰ دقیقه صورت گرفت.

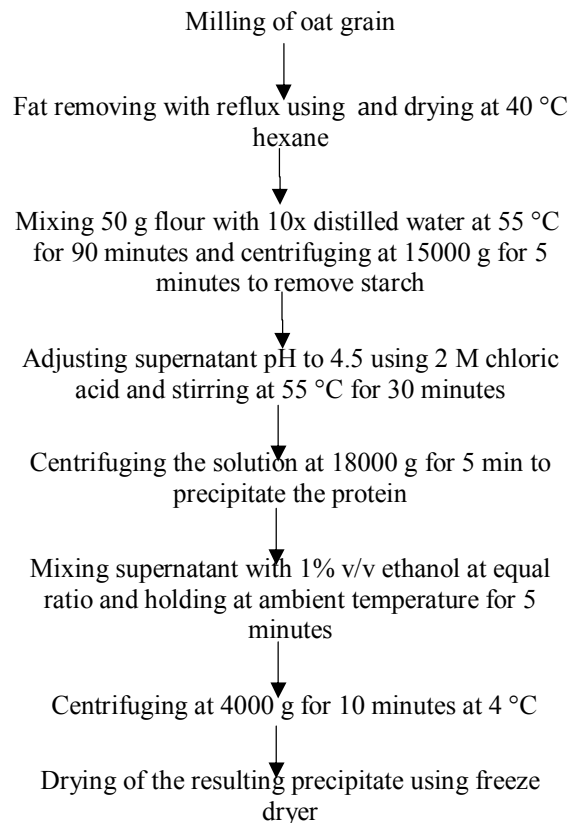


Chart 1 Hot water extraction of beta glucan from oat

## ۲-۵- تهیه محلول بتاگلوکان

برای تهیه این محلول، ۱ گرم بتاگلوکان در ۱۰۰ گرم آب مقطر به آرامی و توسط همزن مغناطیسی در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد حل و به منظور جذب کامل آب توسط بتاگلوکان، محلول به مدت یک شب در دمای یخچال نگهداری شد.

## ۲-۶- راندمان استخراج

راندمان استخراج از رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$100 \times \frac{\text{مقدار گرم آرد یولاف/مقدار گرم بتاگلوکان}}{\text{راندمان استخراج}} = (\%)$$

## ۲-۷- اندازه گیری ظرفیت جذب آب

برای اندازه‌گیری ظرفیت جذب آب بتاگلوکان استخراج شده، ۲۰ میلی لیتر آب مقطر به لوله سانتریفیوژ حاوی ۲۰۰ میلی گرم بتاگلوکان اضافه شد. سپس به مدت ۱۲ ساعت در حمام آب شیکردار در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد به طور مداوم مخلوط شد. پس از گذشت این دوره، لوله به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد با دور ۱۴۰۰۰g سانتریفیوژ شد. مایع رویی درون لوله تخلیه شد و رسوب حاصل توزین و درون آون با دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ ساعت قرار داده شد. سپس رسوب از آون خارج شده و به طور مجدد توزین شد. اختلاف وزن اولیه رسوب و وزن ثانویه رسوب نشان دهنده میزان جذب آب نمونه می‌باشد که براساس ۱ گرم صمغ گزارش شد [۲۸ و ۲۹].

## ۲-۸- ویژگی های امولسیون

ویژگی‌های امولسیون بوسیله روش اسریداران و همکاران (۲۰۱۲) با کمی تغییر تعیین شد. ابتدا محلول نیم درصد بتاگلوکان به روش ذکر شده تهیه شد و ۲۰ گرم روغن مایع ذرت به نمونه اضافه شد. توئین ۸۰ به میزان ۱/۰ درصد (وزنی/وزنی) به عنوان امولسیفایر به نمونه اضافه شد. سپس نمونه به مدت ۲ دقیقه توسط دستگاه اولتراسونیکس با دور ۲۰۰۰۰ rpm هم‌زده شد. امولسیون فوق سپس در ۱۱۰۰g به مدت ۵ دقیقه سانتریفیوژ گردید. در نهایت ارتفاع لایه امولسیفایر شده و محتوی کل موجود در لوله تعیین شد. قابلیت امولسیون از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$100 \times \frac{\text{ارتفاع کل محتویات لوله/ ارتفاع لایه امولسیون}}{\text{ظرفیت امولسیون کننده}} = (\%)$$

پایداری امولسیون نیز از طریق حرارت دادن امولسیون برای ۳۰ دقیقه در ۸۰ درجه سانتی‌گراد و سانتریفیوژ کردن به مدت ۵ دقیقه در ۱۲۰۰g تعیین شد [۳۰].

$$100 \times \frac{\text{ارتفاع لایه امولسیون قبل از حرارت‌دهی/ ارتفاع لایه امولسیون بعد از حرارت‌دهی}}{\text{پایداری امولسیون}} = (\%)$$

## ۲-۹- میکروسکوپ روبشی (SEM)

نمونه‌های مورد نظر با استفاده از میکروسکوپ روبشی مدل وگا ۳ با دو درشت‌نمایی ۳۰۰X و ۰.۲/۲ KX مشاهده شد. بر روی پایه، چسب دو طرفه چسبانده و توسط آن نمونه پودری

صمغ بین ۱/۱۵ تا ۸۵/۱ در تیمارهای مختلف بود (جدول ۲). بیشترین راندمان استخراج مربوط به تیمار  $106^{\circ}\text{C}$  که ۱۰ دقیقه اتوکلاو شده بود و کمترین راندمان استخراج مربوط به تیمار  $120^{\circ}\text{C}$  که به مدت ۱۰ دقیقه اتوکلاو شده بود (شکل ۱) به طور خاص هنوز معلوم نیست که چقدر و با چه سرعتی، بتاگلوکان از دیواره سلولی ماتریکس یولاف استخراج می شود. بسته به روش مورد استفاده، استخراج بتاگلوکان یولاف ممکن است دشوار باشد و مقدار پلی ساکارید استخراج شده به پارامترهای مختلفی نظیر اندازه ذرات و دمای استخراج بستگی داشته باشد [۳۱ و ۳۲].

**Table 2** Effect of different treatments on extraction efficiency of  $\beta$ -glucan

Treatments	Extraction efficiency (%)
Control	1.3 <sup>bc</sup>
110 °C , 10min	1.85 <sup>a</sup>
110 °C , 20 min	1.65 <sup>ab</sup>
120 °C , 10 min	1.15 <sup>c</sup>
120 °C , 20 min	1.34 <sup>bc</sup>
130 °C , 10 min	1.28 <sup>c</sup>
130 °C , 20 min	1.47 <sup>bc</sup>

### ۳-۳- اندازه گیری ظرفیت جذب آب

ظرفیت نگهداری آب فیبرهای رژیمی مانند بتاگلوکان به وسیله اندازه گیری میزان آب باقیمانده پس از سانتریفیوژ کردن بدست می آید. نتایج نشان داد که ظرفیت جذب آب نمونه بین تیمارهای مختلف معنی دار ( $P>0/05$ ) نبود (جدول ۳). مطابق جدول ۳، ظرفیت جذب آب در محدوده بین ۱/۲۵ تا ۹۵/۱ بود. با توجه به این که ظرفیت جذب آب به خلوص بتاگلوکان های استخراج شده بستگی دارد، و میزان خلوص بتاگلوکان به روش استخراج آن وابسته است [۳۳]، به همین علت چون در این پژوهش از یک روش استخراج استفاده شده، می توان استنباط کرد که شاید میزان خلوص بتاگلوکان های استخراجی از تیمارها تفاوت چندانی باهم نداشتند، پس در میزان ظرفیت جذب آب آنها نیز تفاوت معنی داری وجود نداشت. در پژوهشی دیگر که آسیف و همکاران در سال ۲۰۰۹ بر روی چهار روش استخراج بتاگلوکان از جو انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که بیشترین ظرفیت جذب آب را روش استخراج آبی و بعد قلیایی داشت، و کمترین را روش استخراج آنزیمی به خود اختصاص داد [۳۴].

برداشته شد و در دستگاه پوشش دهی با طلا قرار گرفت و بعد در داخل دستگاه میکروسکوپ روبشی قرار می دهیم.

### ۲-۱۰- طیف سنجی مادون قرمز (FTIR)

طیف سنجی مادون قرمز توسط طیف سنج مدل Cary 630- 2017 ساخت Agilent امریکا انجام شد. این دستگاه لیزری است و شدت نور آن بسیار بالا بوده و از طول موج ۶۵۰ تا ۴۰۰۰ را رصد می کند. پودر همگن شده زیر دستگاه پرس قرار گرفته و وارد دستگاه طیف سنج می شود و تصاویر FTIR مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

### ۲-۱۱- تجزیه و تحلیل آماری

تمامی نتایج حاصل از این پژوهش بر پایه طرح کاملاً تصادفی و با استفاده از نرم افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و هر آزمون در ۳ تکرار صورت گرفت. برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد و در نهایت رسم نمودارها با نرم افزار اکسل صورت گرفت.

### ۳- نتایج و بحث

#### ۳-۱- ترکیب شیمیایی آرد یولاف

در طول استخراج بتاگلوکان از آرد یولاف، ناخالصی هایی در آرد دیده شد (جدول ۱). به منظور افزایش درجه خلوص بتاگلوکان از یولاف، حذف این ناخالصی ها با حداکثر مقدار ضروری است. ترکیب شیمیایی یولاف همانگونه که در جدول ۱ آمده است، نشان داد که میزان نشاسته (۲/۶۱)، پروتئین (۵/۹)، چربی (۷)، رطوبت (۷/۱۰) و مقدار خاکستر (۶۹/۱) درصد بود.

**Table 1** Chemical composition of oat flour

Chemical Component	Value (%)
Protein	9.5
Ash	1.69
Crude lipid	7
Moisture	10.7
Starch	61.2

#### ۳-۲- راندمان استخراج

راندمان صمغ بتاگلوکان نشان دهنده وزن صمغ به دست آمده در ۱۰۰ گرم آرد یولاف بود. با توجه به جدول ۱، راندمان

**Table 4** Emulsifying capacity of the extracted  $\beta$ -glucan at different condition

Treatments	Emulsion function(%)
Control	15.95 <sup>ab</sup>
110 °C , 10min	14.99 <sup>b</sup>
110 °C , 20 min	16.48 <sup>ab</sup>
120 °C , 10 min	17.35 <sup>a</sup>
120 °C , 20 min	15.34 <sup>b</sup>
130 °C , 10 min	15.68 <sup>ab</sup>
130 °C , 20 min	15.79 <sup>ab</sup>

**Table 3** Water holding capacity of extracted  $\beta$ -glucan at different condition

Treatments	water holding capacity(%)
Control	1.53 <sup>a</sup>
110 °C , 10min	1.36 <sup>a</sup>
110 °C , 20 min	1.56 <sup>a</sup>
120 °C , 10 min	1.95 <sup>a</sup>
120 °C , 20 min	1.25 <sup>a</sup>
130 °C , 10 min	1.81 <sup>a</sup>
130 °C , 20 min	1.48 <sup>a</sup>

### ۳-۵- پایداری امولسیون

پایداری امولسیون همان‌طور که در جدول ۵ مشخص است، تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای مختلف به غیر از نمونه هیدروترمال شده در دمای ۱۲۰ °C به مدت ۲۰ دقیقه وجود نداشت. پایداری امولسیون به عوامل مختلفی بستگی دارد که مهم‌ترین آن‌ها جمع شدن و به هم آمیختگی ذرات موجود می‌باشد. هیدروکلوئیدها اصولاً مولکول‌های آبدوست هستند که با حضورشان از طریق افزایش فضای آبی پیوسته اطراف قطرات فاز پراکنده و تثبیت آنها در شبکه ژل مانند با ایجاد ممانعت فضایی، سرعت خامه‌ای شدن را کاهش و در نتیجه پایداری امولسیون را افزایش می‌دهند. در واقع این ترکیبات با تغییر رفتار رئولوژیکی در نواحی بین قطرات روغن، سرعت جداسازی فاز را کنترل می‌کنند. بر این اساس، احتمالاً دلیل اصلی پایداری امولسیون‌های تهیه شده در این بررسی، افزایش گرانیروی می‌باشد [۳۷].

**Table 5** Emulsion stability of the extracted  $\beta$ -glucan at different condition

Treatments	Emulsion stability (%)
Control	19.45 <sup>a</sup>
110 °C , 10min	19.46 <sup>a</sup>
110 °C , 20 min	19.71 <sup>a</sup>
120 °C , 10 min	18.63 <sup>a</sup>
120 °C , 20 min	16.28 <sup>b</sup>
130 °C , 10 min	19.03 <sup>a</sup>
130 °C , 20 min	18.47 <sup>a</sup>

### ۳-۶- میکروسکوپ روبشی

به طور کلی مورفولوژی تیمارهای استخراج شده با ظاهر متخلخل و اسفنجی مشاهده شد. همان‌طور که در شکل ۵ مشهود است با افزایش دما و زمان، اندازه و شکل ذرات با هم متفاوت‌اند و هر چه زمان و دما افزایش می‌یابد تیمارها متخلخل و اسفنجی‌ترند. در پژوهشی دیگر، که مارتینز و

### ۳-۴- امولسیون کنندگی

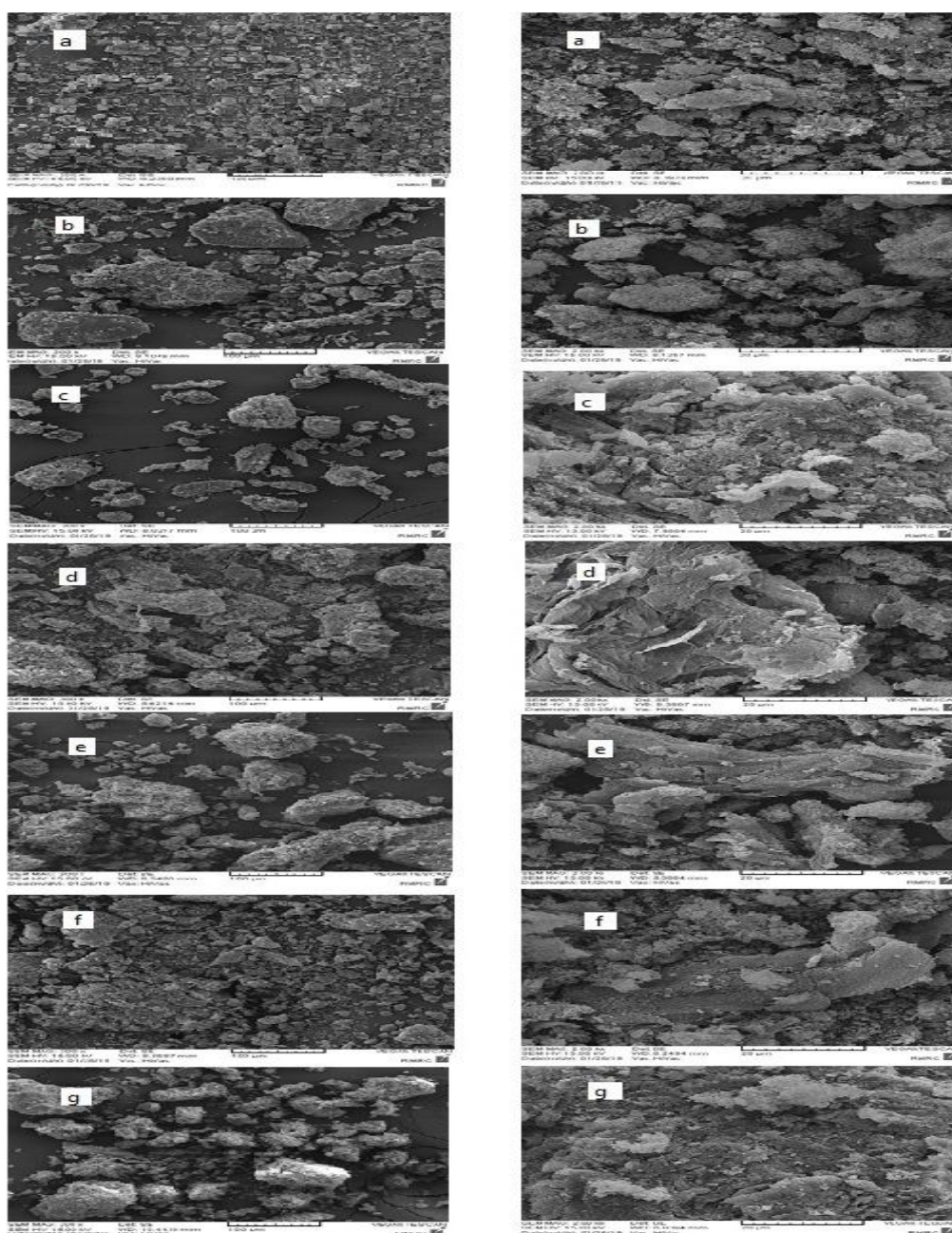
وابستگی فعالیت امولسیون کنندگی به pH و تعادل آبدوست- چربی‌دوست پروتئین‌ها مربوط است، پروتئین‌ها در فضای بین سطحی آب و روغن به گونه‌ای جهت‌گیری می‌شوند که قسمت چربی‌دوست آن به سمت قسمت محلول در چربی و قسمت آبدوست آن به سمت قسمت محلول در آب قرار می‌گیرد [۳۵] که با افزایش غلظت پروتئین قابلیت تشکیل امولسیون در نمونه‌های استخراجی افزایش می‌یابد. به نظر می‌رسد دمای بهینه فعالیت پروتئین در بتاگلوکان، تیمار ۱۲۰ به مدت ۱۰ دقیقه است.

اغلب هیدروکلوئیدها می‌توانند به عنوان پایدارکننده امولسیون‌های روغن در آب عمل کنند. اما تعداد اندکی از آن‌ها نقش امولسیفایری دارند. بتاگلوکان فاقد قسمتهای آبیگریز می‌باشد و قابلیت پایداری امولسیون را دارد. بنابراین یک امولسیفایر واقعی نیست بلکه می‌تواند با افزایش گرانیروی فاز آبی محلولهای دیسپرسیون از به هم پیوستن قطرات روغن جلوگیری نموده و باعث پایداری شدن سیستم‌های امولسیونی می‌شود [۳۶].

با افزایش دما خلوص بتاگلوکان و قدرت قوام دهندگی آن افزایش می‌یابد. بنابراین این نوع بتاگلوکان می‌تواند باعث افزایش گرانیروی فاز آبی امولسیون و پایداری بیشتر امولسیون گردد اما مطابق جدول ۴ بیشترین قابلیت امولسیونی برای تیمار اتوکلاو شده در دمای ۱۲۰ °C به مدت ۱۰ دقیقه بود که شاید این احتمال می‌رود که دمای بهینه هیدروترمال برای خواص امولسیون کنندگی بتاگلوکان دمای ۱۲۰ °C به مدت ۱۰ دقیقه باشد که دمای هیدروترمال شده بیشتر از این باعث آسیب به ساختمان پروتئین‌ها و از بین رفتن ساختار پروتئین‌های موجود در بتاگلوکان و در نتیجه خاصیت امولسیون کنندگی آن کم می‌شود.

حرارت بالا در این فرایند حرارتی گزارش کردند. همان‌طور که در تصاویر مشخص است فرایند اتوکلاو بر مورفولوژی بتاگلوکان به علت از دست دادن یکپارچگی فیزیکی روی سطح بتاگلوکان که نشان‌دهنده ژلاتینه شدن جزئی آن‌هاست، تأثیر گذار است. تصاویر SEM نشان می‌دهد که اتوکلاو آرد یولاف چگونه بر ویژگی‌های مورفولوژی بتاگلوکان تأثیر می‌گذارد و سبب آسیب به ساختار آن می‌شود که می‌تواند بر حلالیت تأثیر بگذارد و همچنین بر خواص تغذیه‌ای بتاگلوکان یولاف نیز اثرگذار باشد.

همکاران در سال ۲۰۱۳ [۳۸] بر روی نشاسته استخراج شده از آرد یولاف اتوکلاو شده در دو دمای  $120^{\circ}\text{C}$  و  $130^{\circ}\text{C}$  به مدت ۲۰ دقیقه مشاهده کردند که در نمونه کنترل گرانول‌های خوشه‌ای مشاهده نکردند و حضور گرانول‌های چند ضلعی در نشاسته استخراج شده مشهود بود، فقدان گرانول‌های خوشه‌ای در نشاسته یولاف استخراج شده ممکن است به علت تجزیه خوشه‌های نشاسته هنگام فرایند استخراج باشد. اما در نمونه‌های اتوکلاو شده خوشه‌های نشاسته با سطح آسیب دیده مشاهده کردند که علت آن‌را اثر ژلاتینه شدن به علت درجه



**Fig 1** Microstructure of different beta-glucan treatments at two magnifications 300x and 1000 x; a) Control; b)  $110^{\circ}\text{C}$ , 10min; c)  $110^{\circ}\text{C}$ , 20min; d)  $120^{\circ}\text{C}$ , 10min, e)  $120^{\circ}\text{C}$ , 20min, f)  $130^{\circ}\text{C}$ , 10min, g)  $130^{\circ}\text{C}$ , 20min

## ۳-۷-طیف سنجی مادون قرمز

طیف سنجی FTIR یک ابزار مفید است که در تغییرات ساختاری بیوپلیمرها و آنالیز ساختاری پلی ساکارید استفاده می‌شود. این طیف‌سنجی ارتعاشات مولکولی در پیوند کوالانسی نشان می‌دهد. منطقه  $650$  تا  $4000$   $\text{cm}^{-1}$  اطلاعات مربوط به ارتعاشات اساسی را فراهم می‌آورد. در شکل ۶ طیف بتاگلوکان یولاف در تیمارهای مختلف نشان داده شده است. طیف‌ها دارای نوارهای جذبی وسیعی از ویژگی‌های مشابه ساختارهای پلی ساکارید را نشان می‌دهند. در ناحیه  $\text{cm}^{-1}$   $3000$  تا  $4000$  طیف‌های مشاهده شده یک نوار عرضی با حداکثر جذب (حداقل نفوذ) را نشان دادند که این را می‌توان به حالت ارتعاشی نرمال کشش نامتقارن و متقارن گروههای OH نسبت داد. زیرا پلی ساکاریدها حاوی تعداد قابل توجهی از گروههای OH است که دارای یک نوار جذب بالای  $\text{cm}^{-1}$   $3000$  است [۳۹] که بیشترین مقدار جذب را تیمار هیدروترمال  $120^\circ\text{C}$  به مدت ۱۰ دقیقه داشت. حداکثر جذب در ناحیه  $\text{cm}^{-1}$   $2800$  تا  $3000$  اتفاق افتاده است که در این ناحیه می‌توان به مقادیر نسبی حالت‌های ارتعاشی متقارن و نامتقارن گروه‌های کششی CH دست یافت [۴۰] که بیشترین مقدار جذب را تیمار هیدروترمال  $130^\circ\text{C}$  به مدت ۱۰ دقیقه داشت. فاصله بین  $\text{cm}^{-1}$   $930$  تا  $1078$  مربوط به نشاسته است، بنابراین پیک  $\text{cm}^{-1}$   $1022$  مربوط به نشاسته موجود در

بتاگلوکان است [۴۱] که بیشترین مقدار نشاسته را تیمار هیدروترمال  $120^\circ\text{C}$  به مدت ۱۰ دقیقه و تیمار کنترل داشت. کربوهیدرات‌ها را می‌توان در پیک  $\text{cm}^{-1}$   $1040$  (پیوند Co از گروه الکل)،  $\text{cm}^{-1}$   $2940$  مربوط به پیوند CH و  $\text{cm}^{-1}$   $3400$  مربوط به پیوند OH است [۴۰]. جذب شدید در  $1645$  برای بتاگلوکان مربوط به آب باند شده است و جذب در  $1740$  مربوط به گروه‌های اسیدی در ساختار پلی ساکاریدهاست. تمام اتم‌های زنجیره ماکرومولکولی در حالت فاز و در حالت عادی در حال ارتعاش‌اند که ارتعاش آنها ناشی از اتصال کشش‌های CC و CO است. بنابراین این پیک نشان‌دهنده وجود پیوندهای گلیکوزیدی و ساختار سیکلیک منوساکاریدهاست. در پژوهشی دیگر که Shah و همکاران [۴۲] در سال ۲۰۱۶ بر روی یولاف انجام دادند مشخص کردند که طیف‌ها در باند  $\text{cm}^{-1}$   $3500$ - $3000$  برای ارتعاش کششی گروه هیدروکسیل و همچنین یک گروه ضعیف C-H در حدود  $\text{cm}^{-1}$   $2800$ - $3000$  قرار گرفته است. در  $1600$  تا  $1650$   $\text{cm}^{-1}$  به علت ارتعاش آب مرطوب، نشان دهنده وجود رطوبت است. به نظر می‌رسد بتاگلوکان یولاف به طور مشخصی بین محدوده  $\text{cm}^{-1}$   $1000$  تا  $1200$  قرار دارد که تحت تاثیر ارتعاشات حلقه‌ها با ارتعاشات کششی باند گلیکوزیدی C-OH همراه است [۴۳].

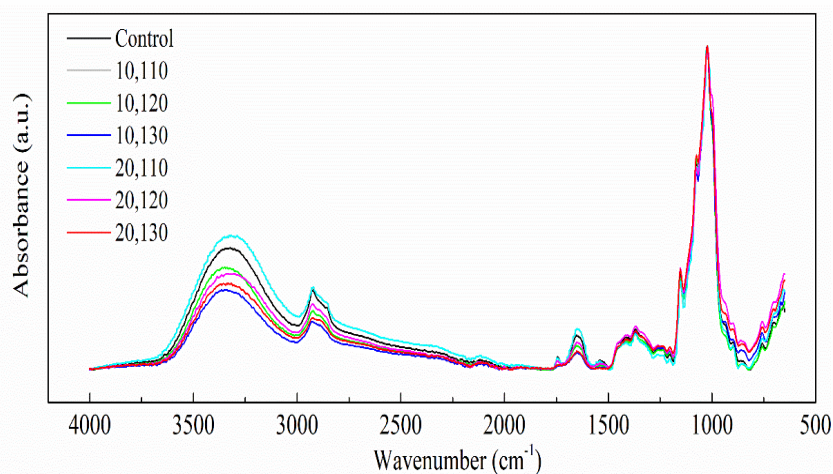


Fig 2 Beta-glucan infrared spectroscopy in different treatments

بررسی شد و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و عملکردی آن مورد آزمون قرار گرفت. در رابطه با راندمان استخراج، دمای هیدروترمال  $106^\circ\text{C}$  به مدت ۱۰ دقیقه از سایر تیمارها بیشتر بود، در ظرفیت نگه‌داری آب تفاوتی از نظر آماری بین تیمارها

## ۴- نتیجه گیری کلی

در این پژوهش اثرات فرایند هیدروترمال در دما و زمان‌های مشخص شده در آرد یولاف و استخراج بتاگلوکان از آن

- [10] Amiri Oghdai, S. S., Aalami, M., Jafari, S. M., Sadeghi Mahonak, A., (1389). Physicochemical and Rheological Properties of Beta-Glucan Extracted from Hull-Less Barley. *Iranian Journal of Food Science and Technology*, 6 (4): 286-296. [in Persian].
- [11] Pourmohammadi, K., Aalami, M., Shahedi, M., Sadeghi Mahoonak, A., (1390). Effect of microbial transglutaminase on dough rheological properties of wheat flour supplemented with hull-less barley flour. *Journal of Food Science and Technology*, 21: 269-279. [in Persian].
- [12] Welch, R. W. (2011). Nutrient Composition and nutritional quality of oats and Comparisons with other cereals. In F. H. Webster, & P. J. Wood (Eds.), *Oats: Chemistry and technology* (pp. 95–107). St Paul: American Association of Cereal Chemists, Inc (AACC).
- [13] Wolever, T. M. S., Tosh, S. M., Gibbs, A. L., Brand-Miller, J., Duncan, A. M., Hart, V., et al. (2010). Physicochemical properties of oat  $\beta$ -glucan influence its ability to reduce serum LDL cholesterol in humans: A randomized clinical trial. *American Journal of Clinical Nutrition*, 92(4), 723–732.
- [14] Wood, P. J. (2007). Cereal  $\beta$ -glucans in diet and health. *Journal of Cereal Science*, 46(3), 230–238.
- [15] FDA. (2005). 21CFRPart101. Food labeling: Health claims; Soluble dietary fiber from certain foods and Coronary heart disease. Federal register. 70 (246).
- [16] Shah, A., Gani, A., Ahmad, M., Ashwar, B. A., & Masoodi, F. A. (2016).  $\beta$ -Glucan as an encapsulating agent: Effect on probiotic survival in simulated gastrointestinal tract. *International Journal of Biological Macromolecules*, 82, 217–222.
- [17] Zhu, F., Du, B., & Xu, B. (2016). A critical review on production and industrial applications of beta-glucans. *Food Hydrocolloids*, 52, 275–288.
- [18] Lazaridou, A., & Biliaderis, C. G. (2007). Molecular aspects of cereal [beta]-glucan functionality: Physical properties, technological applications and physiological effects. *Journal of Cereal Science*, 46(2), 101–118.
- [19] Wood, P. J., Weisz, J., & Mahn, W. (1991). Molecular characterization of cereal  $\beta$ -glucans II, size exclusion chromatography for Comparison of molecular weight. *Cereal Chemistry*, 68, 530–536.
- مشاهده نشد، در ظرفیت امولسیون کنندگی، تیمار  $120^{\circ}\text{C}$  به مدت 10 دقیقه از سایر تیمارها بهتر بود و قدرت پایداری امولسیون در بین اکثر تیمارها تفاوت معنی داری نداشت. در مجموع می‌توان عنوان کرد که تیمار  $106^{\circ}\text{C}$  به مدت 10 دقیقه از سایر تیمارها بهتر بود.

## ۵- منابع

- [1] Butt, M. S., Tahir-Nadeem, M., Khan, M. K. I., Shabir, R., & Butt, M. S. (2008). Oat: unique among the cereals. *European Journal of Nutrition*, 47(2), 68–79.
- [2] Lazaridou, A., Biliaderis, C. G., & Izydorczyk, M. S. (2003). Molecular size effects on rheological properties of oat  $\beta$ -glucans in solution and gels. *Food Hydrocolloids*, 17(5), 693–712.
- [3] Brennan, C. S., & Cleary, L. J. (2005). The potential use of cereal (1 $\rightarrow$ 3,1 $\rightarrow$ 4)- $\beta$ -d-glucans as functional food ingredients. *Journal of Cereal Science*, 42(1), 1–13.
- [4] Åman, P., Rimsten, L., & Andersson, R. (2004). Molecular weight distribution of  $\beta$ -glucan in oat-based foods. *Cereal Chemistry*, 81(3), 356–36.
- [5] Andersson, A. S.-A. M., & Börjesdotter, D. (2011). Effects of environment and variety on Content and molecular weight of  $\beta$ -glucan in oats. *Journal of Cereal Science*, 54(1), 122–128.
- [6] Beer, M. U., Wood, P. J., & Weisz, J. (1997). Molecular weight distribution and (1 $\rightarrow$ 3) (1 $\rightarrow$ 4)-  $\beta$ -D-glucan Content of Consecutive extracts of various oat and barley cultivars. *Cereal Chemistry*, 74(4), 476–480.
- [7] Beer, M. U., Wood, P. J., Weisz, J., & Fillion, N. (1997). Effect of Cooking and storage on the amount and molecular weight of (1 $\rightarrow$ 3) (1 $\rightarrow$ 4)-  $\beta$ -D-glucan extracted from oat products by an in vitro digestion system. *Cereal Chemistry*, 74(6), 705–709.
- [8] Doublier, J.-L., & Wood, P. J. (1995). Rheological properties of aqueous solutions of (1 $\rightarrow$ 3) (1 $\rightarrow$ 4)-  $\beta$ -D-glucan from oats (*Avena sativa* L.). *Cereal Chemistry*, 72(4), 335–340.
- [9] Johansson, L., Virkki, L., Maunu, S., Lehto, M., Ekholm, P., & Varo, P. (2000). Structural characterization of water soluble  $\beta$ -glucan of oat bran. *Carbohydrate Polymers*, 42(2), 143–148.



- [31] Zhang, M., Liang, Y., Pei, Y., Gao, W., & Zhang, Z. (2009). Effect of Process on Physicochemical Properties of Oat Bran Soluble Dietary Fiber. *Journal of Food Science*, 74(8), C628–C636.
- [32] Wood, P. J., Siddiqui, I. R., & Paton, D. (1978). Extraction of high-viscosity gums from oats. *Cereal Chemistry*, 55, 1038–1049.
- [33] Amiri Oghdai, S. S., Aalami, M., Jafari, S. M., Sadeghi Mahonak, A., (1389). Physicochemical and Rheological Properties of Beta-Glucan Extracted from Hull-Less Barley. *Iranian Journal of Food Science and Technology*, 6 (4): 286-296. [in Persian].
- [34] Ahmad, A., Anjum, F. M., Zahoor, T., Nawaz, H., & Din, A. (2009). Physicochemical and functional properties of barley  $\beta$ -glucan as affected by different extraction procedures. *International Journal of Food Science & Technology*, 44(1), 181–187.
- [35] Lawal, O.S., Adebowale, K.O. (2006). The acylated protein derivatives of canavalia ensiformis (jack bean): A study of functional characteristics. *Journal of Food Science and Technology*, 38, 918-929.
- [36] Dickinson, E., Radford, S.J. and Golding, M. 2003. Stability and rheology of emulsions Containing sodium caseinate: Combined effects of ionic calcium and non-ionic surfactant. *Food Hydro Colloids*, 16: 153-160
- [37] Hung X., Kakoda Y. & Gui, W. 2001. Hydrocolloid in emulsions particle size distribution
- [38] Ovando-Martínez, M., Whitney, K., & Simsek, S. (2013). Analysis of starch in food systems by high-performance size exclusion chromatography. *Journal of Food Science*, 78(2), C192–C198.
- [39] Wang, Y., Ahmed, Z., Feng, W., Li, C., & Song, S. (2008). Physicochemical properties of exopolysaccharide produced by *Lactobacillus kefirifaciens* ZW3 isolated from Tibet kefir. *International Journal of Biological Macromolecules*, 43, 283–288.
- [40] Vieira, L. P. (1998). Estudo de propriedades do sistema macromolecular amido por espectros Cópia vibracional na região do infravermelho. Tesis (Magister Scientiae). Course Agro chemistry, Federal University of Viçosa, Viçosa, MG, Brazil.
- [20] Tosh, S. M., Brummer, Y., Miller, S. S., Regand, A., Defelice, C., Duss, R., ... Wood, P. J. (2010). Processing Affects the Physicochemical Properties of  $\beta$ -Glucan in Oat Bran Cereal. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(13), 7723–7730.
- [21] Wang, Q., & Ellis, P. R. (2014). Oat  $\beta$ -glucan: physico-chemical characteristics in relation to its blood-glucose and cholesterol-lowering properties. *British Journal of Nutrition*, 112(S2), S4–S13.
- [22] Doehlert, D. C., Angelikousis, S., & Vick, B. (2010). Accumulation of oxygenated fatty acids in oat lipids during storage. *Cereal Chemistry Journal*, 87(6), 532–537.
- [23] AOAC, (2005). Official methods for analysis (Vol. II, 15th). Arlington, VA: Association of Official Analytical Chemists.
- [24] AACC. Approved methods of the American association of cereal chemists. Inc., St. Paul, Minnesota: 2000. 10<sup>th</sup> ed.
- [25]--Horwitz, W. (2002). Official Methods of Analysis (17th ed.), Association of Official Analytical Chemists, Inc. : Gaithersburg, USA.
- [26] Skendi, A., Biliaderis, C. G., Lazaridou, A., Izydorczyk, M. S., 2003, Structure and rheological properties of water soluble  $\beta$ -glucans from oat cultivars of *Avena sativa* and *Avena byzantina*. *Journal of Cereal Science*, 38(1), 15-31.
- [27] Ahmad, A., Anjum, F.M., Zahoor, T., Nawaz, H. & Din, A., (2009). Physicochemical and functional properties of barley beta glucan as affected by different extraction procedures. *International Journal of Food Science and Technology*, 44, 181-187.
- [28] Rasti, Sh., Azizi, M, H., Abbasi, S., (1390), Effects of barley  $\beta$ -glucan on some rheological properties of wheat flour, *Iranian Journal of Nutrition and Food Technology*, 6(4): 51-58. [in Persian].
- [29] Wong, K.H., & Cheung, P.C.K., (2004). Dietary fibers from mushroom sclerotia: preparation and physicochemical and functional properties. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 53, 9395–9400.
- [30] Sridaran, A., Karim, A. A., & Bhat, R. (2012). *Pithecellobium jiringa* legume flour for potential food applications: Studies on their physico-chemical and functional properties. *Food Chemistry*, 130(3), 528–535.

- an encapsulating agent: Effect on probiotic survival in simulated gastrointestinal tract. *International Journal of Biological.*
- [43] Kacuráková, M. (2000). FT-IR study of plant cell wall model compounds: pectic polysaccharides and hemicelluloses. *Carbohydrate Polymers*, 43(2), 195–203.
- [41] Mikkelsen, M. S., Jespersen, B. M., Moller, B. L., Laerke, H. N., Larsen, F. H., & Engelsen, S. B. (2010). Comparative spectroscopic and rheological studies on crude and purified soluble barley and oat  $\beta$ -glucan preparations. *Food Research International*, 43, 2417–2424.
- [42] Shah, A., Gani, A., Ahmad, M., Ashwar, B. A., & Masoodi, F. A. (2016).  $\beta$ -Glucan as

## The effect of hydrothermal processing on physicochemical and functional of oat $\beta$ -glucan

Sattari, A.<sup>1</sup>, Mohammadzadeh Milani, J.<sup>2\*</sup>, Raftani Amiri, Z.<sup>2</sup>, Pakdin Parizi, A.<sup>3</sup>

1. M. Sc. Student, Department of Food Science and Technology, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
2. Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran 1.
3. Assistant Professor, Genetics and Biotechnology Institute, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran

(Received: 2019/05/07 Accepted:2019/08/25)

In this study, to extract beta-glucan from oats by hot water extraction method, after milling hulled oat groat, it put into autoclave for hydrothermal processing, at three different temperatures of 110, 120 and 130 °C in two different time (10 and 20 minutes) intervals, to measure the effect of time and temperature on physicochemical and functional properties of  $\beta$ -glucan. After extraction, the physicochemical and functional properties of extracted  $\beta$ -glucan such as extraction efficiency, water holding capacity, emulsion capacity and stability, microstructure (scanning electron microscope (SEM)) and functional groups were tested. The result of this study showed that extracted  $\beta$ -glucan from hydrothermal flour had the highest extraction efficiency at 110 °C for 10 minutes, the highest emulsifying capacity at 120 °C for 10 minutes (17.35%), and There was no significant difference in emulsion stability between all treatments, except 120 °C for 20 minutes and there was no significant difference between treatments in the rate of water absorption capacity. Study of microstructure by SEM, showed that as well as the time and temperature has been increased, the results  $\beta$ -glucan tissue would be spongy. Identifying functional groups of the oats  $\beta$ -glucan by FTIR, the oat  $\beta$ -glucans also appears to have a specific band between 1000-1200  $\text{cm}^{-1}$ .

**Keywords:**  $\beta$ -glucan, Oat, Hydrothermal process, Physicochemical properties

---

\* Corresponding Author E-Mail Address: [jmilany@yahoo.com](mailto:jmilany@yahoo.com)