علمی پژوهشی

تاثیر شدت و زمان فراصوت بر روی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و رئولوژیکی بتاگلوکان حاصل از آرد یولاف

مریم شمشیرساز[۱]، علی معتمد زادگان[۲*]، مهران اعلمی[۳]، مهدی شیخ عربی[۴و۵]

۱- دانش آموخته دکتری گروه علوم وصنایع غذایی،دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی ومنابع طبیعی ساری، ایران
۲- دانشیار گروه علوم وصنایع غذایی، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی ومنابع طبیعی ساری، ایران
۳- دانشیار گروه علوم وصنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی ومنابع طبیعی گرگان، ایران
٤- مرکز تحقیقات سلامت فراورده های غذایی، دارویی و طبیعی،دانشگاه علوم پزشکی گلستان، گرگان، ایران
۵ - مرکز تحقیقات پزشکی سلولی و مولکولی، دانشگاه علوم پزشکی گلستان، گرگان، ایران

(تاریخ دریافت: ۹۸ /۰٤/۱٤ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۹/۲٤)

چکیده

بتاگلوکان فیبر خوراکی و هیدروکلوئید(صمغ) محلول در آب است و خاصیت قوام دهندگی، امولسیون کنندگی، پایدار کنندگی و ژله‌ای شدن دارد. در این پژوهش تاثیر شدت امواج فراصوت (۰،۵۰، ۷۵ و ۱۰۰) درصد معادل با (۰، ۲۰۰، ۳۰۰و٤۰۰) وات و زمان(۰، ۳/۵ و۷) دقیقه بر روی ویژگی های فیزیکی شیمیایی و رئولوژیکی بتاگلوکان استخراجی بررسی شد. نتایج نشان داد که شدت و زمان امواج فراصوت بر روی ویژگی‌های خاکستر، پروتئین، فیبر، کربوهیدرات و مقدار بتاگلوکان معنی دار بود ($p<۰/۰۵$)، درحالیکه بر روی چربی معنی دار نبود ($p>۰/۰۵$). بیشترین مقدار بتاگلوکان (۷۷/۱درصد) در نمونه با شدت ۲۰۰ وات در ۳/۵دقیقه و کمترین مقدار بتا گلوکان(۵۵/٦ درصد) در نمونه با شدت ٤۰۰ وات در ۳/۵ دقیقه مشاهده شد. با افزایش سرعت برشی، ویسکوزیته ظاهری تمام نمونه ها کاهش یافت وکلیه نمونه ها رفتار رقیق شوندگی با برش داشتند. بالاترین ضریب قوام، ویسکوزیته برشی صفر و پایین ترین اندیس جریان مربوط به نمونه شاهد بود و پایین ترین ضریب قوام، ویسکوزیته برشی صفر وبالاترین اندیس جریان، در نمونه با شدت ٤۰۰ وات به مدت ۳/۵ دقیقه مشاهده شد. نتایج حاصل از برازش داده‌ها با مدل‌های مختلف رئولوژیکی مستقل از زمان نشان داد که مدل هرشل بالکی وکارو بیشترین ضریب تبیین را داشت. آزمون کرنش در ناحیه ۰/۵ درصد در نظر گرفته شد. نتایج آزمون روبش فرکانس نشان داد، ابتدا با افزایش فرکانس هر دو مدول افت وذخیره افزایش یافت، در فرکانس های بالا مدول ذخیره کاهش یافت و در کلیه نمونه‌ها $G''>G'$ بود.

کلید واژگان: بتاگلوکان، فراصوت، رئولوژی، روبش فرکانس

* مسئول مکاتبات: amotgan@yahoo.com

۱- مقدمه

بتا گلوکان غلات پلی ساکارید غیر نشاسته‌ای طویل وخطی و ترکیبی از واحدهای (۳_ ۱)ß (٤_ ۱)ß_ D گلوکزاست. ساختار حاصل پلی ساکاریدی از سلوتریوز[1] (۷۲_۵۸) درصد و سلوتترایوز[2] (۳۰_۲۰) درصد تشکیل شده است واختلاف ساختاری بتاگلوکان غلات نسبت تری ساکارید به تتراساکارید می‌باشد [۱،۲]. این ترکیب در دیواره سلولی آندوسپرم و لایه آلرون جو، یولاف، گندم، سورگوم وسایرغلات، همچنین دیواره سلولی مخمر، قارچ خوراکی، قارچ بیماریزا، باکتری، جلبک، گلسنگ با ساختاری متفاوت از غلات یافت می شود، اما عمده ترین منبع آن جو ویولاف است [۳،٤]. بتاگلوکان فیبر خوراکی و هیدروکلوئید(صمغ) محلول در آب است [۵]. خواص تغذیه ای وعملکردی آن به علت ویسکوزیته بالادر غلظت کم می‌باشد [٦] همچنین خاصیت قوام دهندگی، امولسیون کنندگی، پایدار کنندگی و ژله‌ای شدن دارد و در سوپ‌ها، سس، دسرهای سالادی، صنایع آشامیدنی [۷] فراوردهای نانوایی، محصولات لبنی وگوشتی کاربرد دارد [۳].

ماهیت روشهای استخراج بر روی خلوص محصول، ساختمان، وزن مولکولی، خواص فیزیکی شیمیایی و عملکردی بتاگلوکان تاثیر می‌گذارد. فراصوت روشی است که در آن ماده خام وحلال استخراج تحت پروب یا حمام فراصوت قرار می‌گیرند، گرما و فشار زیاد ناشی از کاویتاسیون [۸] سبب پارگی دیواره سلولی و کاهش اندازه ذرات و نفوذ حلال به آنها شده، افزایش نرخ انتقال جرم و راندمان استخراج همچنین کاهش زمان استخراج، مصرف حلال و انرژی می‌شود [۹]. مقالات زیادی تاثیر روش‌های مختلف استخراج (آب داغ، اسیدی ، قلیایی، آنزیمی، اکستروژن و فراصوت) ونوع غلات را برروی خواص رئولوژی بتاگلوکان بررسی کردند واین اختلاف ناشی از وزن مولکولی می‌باشد [۱۳-۱۰]. در بررسی خواص رئولوژیکی بتاگلوگان استخراجی به روش (آبی، آنزیمی وقلیایی) از جو، رفتار رقیق شوندگی با برش مشاهده شد ومدل هرشل بالکی، بهترین مدل برازش جهت توصیف رفتار جریان نمونه‌های بتاگلوکان بود [۱۰،۱٤]. در آزمون روبش فرکانس، در غلظت (۲و٤٪) بتاگلوکان با ازدیاد مداوم فرکانس مدول ذخیره(G') وافت (G'') افزایش یافت و رفتار ویسکوز را نشان داد و خواص الاستیک بهبود یافت [٦]. همتیان وهمکاران در سال ۲۰۱۷ تاثیراستخراج با امواج فراصوت را بر روی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی وعملکردی بتاگلوکان جو بررسی کردند. نتایج نشان داد با افزایش شدت و زمان فراصوت رفتار جریان وضریب قوام بتاگلوکان جو بدون پوشینه به ترتیب افزایش وکاهش یافت [۱۲]. درک خواص رئولوژی بتاگلوکان منجر به کاربرد آن به عنوان پایدار کننده، قوام دهنده بافت، جایگزین کننده چربی در محصولات غذایی و استفاده‌های زیست دارویی می‌شود [۱۵]. تاکنون در زمینه استخراج بتاگلوکان از بذر یولاف بدون پوشینه رقم China تحقیقی انجام نشده است. هدف از مطالعه حاضر بررسی ویژگی‌های رئولوژیکی بتاگلوکان حاصل از آرد یولاف رقم China به روش استخراج با فراصوت بود.

۲- مواد و روشها

۲-۱- مواد

یولاف زراعی بدون پوشینه رقم (China) از مرکز تحقیقات کشاورزی کرج تهیه شد. کیت آنزیمی جهت اندازه گیری بتاگلوکان از شرکت مگازیم ایرلند تهیه شد و سایر مواد شیمیایی مورد آزمایش از نماینده شرکت مرک آلمان خریداری شد.

۲-۲- روش ها

۲-۲-۱- استخراج بتاگلوکان

ابتدا یولاف زراعی با آسیاب چکشی خرد شده تا آرد کامل بدست آید. ۱۰۰گرم آرد کامل یولاف با اتانول ۸۰ درصد(حجمی/حجمی) به مدت ۲ ساعت دردمای ۸۵ درجه سلسیوس رفلاکس شد، سپس در آون در دمای ٤۰ درجه سلسیوس به مدت ۱۲ ساعت خشک شد [۱٦]. استخراج بتاگلوکان با آب گرم وفراصوت به روش همتیان و همکاران در سال ۲۰۱۷، لیمبرگر بایر و همکاران در سال ۲۰۱٤، رومن و همکاران در سال ۲۰۱٤[۱۳،۱۲،۱۷] از بررسی شرایط بهینه سازی استخراج (نسبت حلال به آرد، زمان، دما و انتخاب دامنه فراصوت) و آزمایشات اولیه با اندکی تغییرات انجام شد. سپس آرد کامل یولاف با آب مقطر به نسبت ۱به ۱۰ مخلوط شد و سوسپانسیون در معرض پروب فراصوت (٤۰۰ وات، ۲۰ کیلوهرتز) با پروب تیتانیوم ۱۲میلی متر در دامنه (۰،۵۰، ۷۵ و ۱۰۰درصد) در دمای ٤۷ درجه سلسیوس وpH=۷-۷/۵ به مدت

1. cellotrios
2. cellotetraios

(۰ ، ۳/۵ و ۷دقیقه) قرارگرفت، مخلوط حاصل به مدت پانزده دقیقه با **۴۰۰۰rpm** سانتریفوژ شد. مایع رویی با اسید کلریدریک ۲ مولار به pH (۴/۵-۴) رسانده شد و به مدت پانزده دقیقه در دمای ٤ درجه سلسیوس با **۴۰۰۰rpm** سانتریفوژ شد، مجددا مایع رویی با سود به pH=۷ رسانده شد، حال هم حجم آن اتانول ۹٦ درصد حجمی/ حجمی اضافه شد و یک شب در دمای ٤ درجه سلسیوس قرار داده شد و بتاگلوکان به مدت پانزده دقیقه با **۴۰۰۰rpm** سانتریفوژ جدا شد، سپس رسوب حاصله با خشک کن انجمادی خشک شد.

۲-۲-۲- اندازه گیری ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی آرد کامل یولاف

خاکستر، پروتئین، چربی، فیبر به ترتیب به روش AACC08_01، AACC46-10، AACC30_20، AACC32_10 تعیین شد. بتاگلوکان با کیت آنزیمی از شرکت مگازیم ایرلند به روش AACC,2003,32_23 اندازه گیری شد. مقدار کربوهیدرات به روش تفاضلی محاسبه شد[۱۸].

۲-۲-۳- تهیه ژل

یک گرم بتاگلوکان خشک شده به ۹۹ گرم آب مقطر (w/w) اضافه شد و در دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ٦۰ دقیقه بر روی هم زن مغناطیسی همزده شد، برای جذب کامل آب مخلوط، در یخچال (دمای ٤ درجه سلسیوس) به مدت یک شب قرار داده شد [۱۲،۱٤].

۲-۲-٤- آزمون‌های رئولوژیکی

کلیه آزمون‌های رئولوژیکی (رفتارجریانی و رفتارنوسانی) با رئومتر مخروط و صفحه (Physica, MCR 301, GmbH, Germany)AntonPaar به قطر ۵۰ میلی متر وفاصله ۰/۲۰٦ میلی مترانجام گرفت. برای تنظیم دما سیستم Peltier plate با حساسیت ۰/۰۱ مجهزبه سیرکولاتور/ آب (Viscotherm VT) به کار رفت.

برای هرنمونه آزمون رفتارجریان پایا با افزایش سرعت برشی از ۰ تا ۱۵۰۰ بر ثانیه در دمای ۲۰ درجه سلسیوس انجام شد [۱]، سپس داده‌های رئولوژیکی با مدل‌های مختلفی با نظیر پاورلا(اسوالد۱)، هرشل بالکی(۲) و مدل کارو(۳) برازش شد.

۱) $\tau=k\gamma^n$

۲) $\tau=k\gamma^n+\tau_0$

۳) $\mu=\mu_\infty+(\mu._{}\mu_\infty)/(1+(\lambda\gamma')^2)^{1-n/2}$

τ تنش برشی (pa)، γ سرعت برشی s^{-1}، k ضریب قوام(pa.s)، τ_0 تنش تسلیم(pa)، n شاخص رفتار جریان (بدون بعد)،γ'سرعت برشی صفرs^{-1}، μ ویسکوزیته در سرعت برشی معین(pa.s)،.μ ویسکوزیته در سرعت برشی صفر(pa.s)،μ_∞ ویسکوزیته در سرعت برشی بی نهایت (pa.s) می‌باشد.

آزمون روبش کرنش در فرکانس ثابت ۱ هرتز، دمای۲۰ درجه سلسیوس وکرنش (۰/۰۱ _۱۰۰درصد) برای تعیین ناحیه خطی نمونه‌ها انجام شد و کرنش ۰/۵ درصد به عنوان محدوده خطی در نظر گرفته شد. آزمون روبش فرکانس در فرکانس ۰/۱ تا ۱۰۰ هرتز در ناحیه کرنش خطی ودمای ۲۰ درجه سلسیوس انجام شد ومدول‌های ذخیره (G') وافت (G'') در برابر فرکانس رسم شد [۱، ۱۹،۲۰].

۳-۳- طرح آماری

به منظور تاثیر امواج فراصوت بر روی نتایج ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی شدت امواج به عنوان عامل اول در چهار سطح (۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ٤۰۰) وات و زمان به عنوان عامل دوم در سه سطح (۰، ۳/۵ و۷) دقیقه در قالب طرح کاملا تصادفی با آرایش فاکتوریل در سه تکرار با نرم افزارspss۲۰ آنالیز شد. در صورت معنی داری میانگین‌ها با آزمون چند دامنه دانکن در سطح احتمال ۹۵٪ (p<۰/۰۵) مورد مقایسه قرار گرفتند. برای آنالیز داده های رئولوژیکی از نرم افزار رئوپلاس نسخه ۳/٤ استفاده شد.

Table 1 Physicochemical Characteristics of Defatted Oat flour

Oat Flour	Moisture%	Ash%	Protien%	Fat%	Fibre%	Carbohydrate%	ßglucan%
	12.80±0.26	2.25±0.37	13±0.11	0.97±0.05	3±0.05	63.46±0.88	4.68±0.05

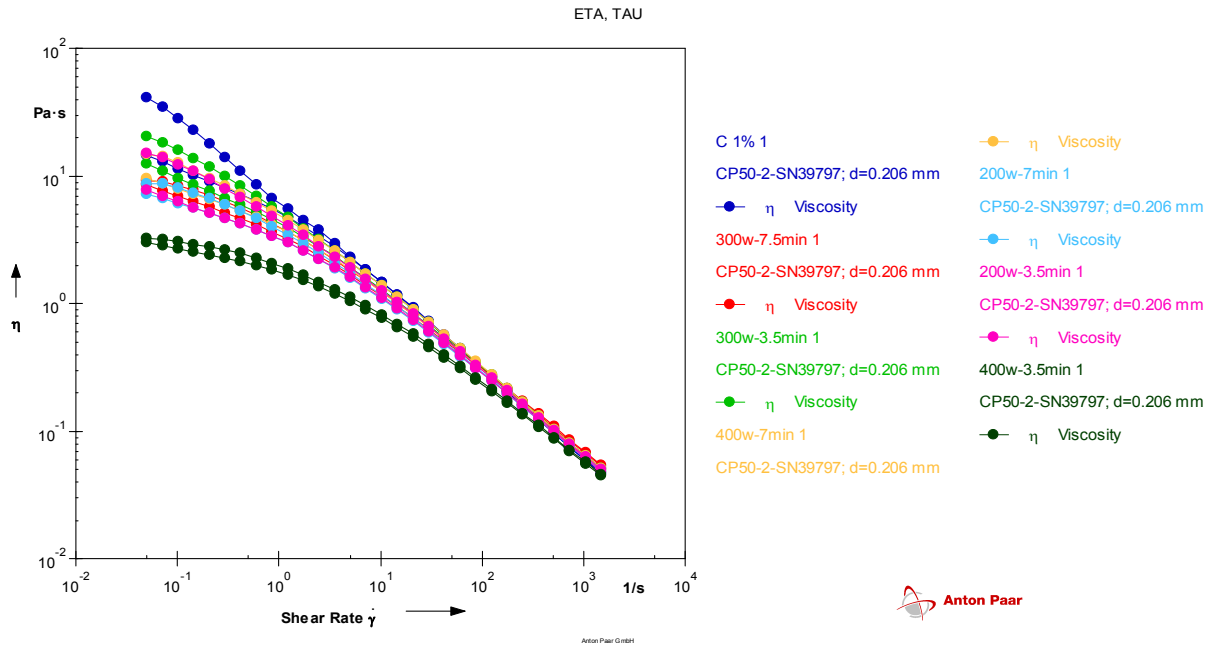

Fig 1 Apparent Viscosity Versu Shear rate for extracted ß glucans

Table 3 The parameters of shear rate – shear stress based rheological models for extracted ß glucans

Models/ Sample	0	200w.3.5 min	300w.3.5 min	400w.3.5 min	200w.7 min	300w.7 Min	400w.7 Min
Ostwald models							
K (Pa.s)	6.345	4.291	4.7969	1.6298	3.153	3.3376	4.2676
n	0.3381	0.4310	0.4044	0.5722	0.4731	0.4796	0.4308
R^2	0.9926	0.9372	0.9536	0.7427	0.8742	0.8742	0.9066
Herschel bulkley models							
τ_0(Pa)	0.9144	1.34	1.6223	0.4435	1.2236	1.2229	1.7572
K (Pa.s)	7.4848	5.9348	7.0139	2.4134	5.0072	5.2245	6.7496
n	0.3092	0.3565	0.3355	0.4839	0.3804	0.3892	0.3427
R^2	0.9989	0.9963	0.9979	0.9956	0.9959	0.9922	0.9946
Carreau models							
μ.(Pa.s)	54.6	13.742	18.914	2.8137	7.7945	8.2162	12.954
(Pa.s)μ_∞	5.6397	5.971	6.0709	5.4398	5.8243	6.4707	6.054
n	0.3319	0.3930	0.3734	0.4581	0.4024	0.411	0.3782
λ	24.094	5.785	7.2345	1.0631	2.715	2.7808	4.1387
R^2	0.9993	0.9863	0.9881	0.9786	0.9832	0.9850	0.9792

٤- نتایج و بحث

با توجه به جدول ۲ تاثیر شدت و زمان امواج فراصوت بر روی ویژگی‌های خاکستر، پروتئین، فیبر، کربوهیدرات و مقدار بتاگلوکان معنی دار بود($p<۰/۰۵$)، درحالیکه بر روی چربی معنی دار نبود($p>۰/۰۵$). حسینی و همکاران در سال ۲۰۱۸ نشان دادند روش استخراج با آب داغ، قلیا و آنزیم بر روی بتاگلوکان استخراجی به طور قابل توجهی چربی را حذف کرد و تفاوت معنی داری در ویژگی‌های خاکستر، پروتئین، کربوهیدرات و مقدار بتاگلوکان حاصل از این روش‌ها مشاهده شد. روش

استخراج بر روی خلوص بتاگلوکان تاثیر می‌گذارد [٤]. امواج فراصوت سبب تورم بافت سول گیاهی از طریق ایجاد تخلخل وانتشاربتاگلوکان توام با ناخالصی‌هایی مانند پروتئین، کربوهیدرات ومواد معدنی می‌شود [۲۱،۱۱].

Table 2 Physicochemical Characteristics of extracted ß_glucans

β_glucan extracted	0	200w.3.5 min	300w.3.5 min	400w.3.5 min	200w.7 min	300w.7 min	400w.7 min
Ash %	4.31^{a}±0.03	4.02^{c}±0.05	3.92^{d}±0.05	4.21^{b}±0.02	3.35^{f}±0.05	3.35^{f}±0.03	3.47^{e}±0.05
Protien %	7.33^{g}±0.14	8.41^{f}±0.08	12.04^{c}±0.05	9.95^{e}±0.05	12.68^{a}±0.05	12.3^{b}±0.05	11.01^{d}±0.05
Fat %	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0
Crude Fibre %	0.21^{a}±0.003	0.2^{b}±0.003	0.2^{b}±0.003	0.2^{b}±0.003	0.174^{c}±0.00	0.174^{c}±0.0	0.174^{c}±0.0
Carbohydrate	12.53^{d}±0.08	5.23^{f}±0.08	13.52^{c}±0.08	23.73^{a}±0.08	19.18^{b}±0.11	4.37^{g}±0.08	8.23^{e}±0.17
Beta glucan%	69.38^{d}±0.03	77.1^{a}±0.05	64.36^{e}±0.08	55.6^{g}±0.05	58.73^{f}±0.08	73.4^{b}±0.18	71.36^{c}±0.17

Means with different letters differ significantly in($p<0.05$)

با افزایش شدت امواج فراصوت از ۲۰۰ به ٤۰۰ وات در زمان ۳/۵ دقیقه مقدار خلوص بتاگلوکان کاهش یافت، همچنین با افزایش شدت امواج فراصوت از ۲۰۰ به ۳۰۰ در زمان ۷ دقیقه مقدار خلوص بتاگلوکان افزایش و در شدت ٤۰۰ وات اندکی کاهش یافت. نمونه با شدت ۲۰۰ وات در ۳/۵ دقیقه بیشترین مقدار بتاگلوکان (۷۷/۱درصد) و نمونه شدت ٤۰۰ وات و زمان ۳/۵ دقیقه کمترین مقدار بتا گلوکان (۵۵/٦درصد) بود. این امراحتمالا به این علت است بتاگلوکان داخل دیواره سلولی اندوسپرم نسبت به سایر ترکیبات محلول با سرعت کمتری خارج می‌شود و در زمان‌های کوتاه و ابتدایی اعمال امواج فراصوت، ناخالصی‌هایی مانند سایر پلی ساکاریدهای محلول در آب، کربوهیدرات و پروتئین همراه با بتاگلوکان خارج می‌شوند، به تدریج با افزایش زمان و شدت امواج فراصوت از ۲۰۰ تا ۳۰۰ وات بتاگلوکان بیشتری در آب حل شده و غلظت بتاگلوکان نسبت به سایر ترکیبات افزایش یافت [۸] از سوی دیگر در شدت ٤۰۰ وات انرژی بیشتر بواسطه وجود پدیده کاویتاسیون سبب تخریب دیواره سلولی و نفوذ هرچه بیشتر آب به عنوان حلال در دیواره سلولی ذرات آرد یولاف شده و پلی ساکارید بیشتری خارج می‌شود وخلوص بتاگلوکان کاهش یافت [۱۷] این نتایج با نقی پور (۲۰۱۷) مطابقت داشت [۱۱، ۱۲،۲۷].

ضریب قوام (k) بزرگی ویسکوزیته وn شاخص رفتار جریان چگونگی رفتار ماده غذایی را مشخص می‌کند ومقادیر آن در محدوده ۱_۰ است. در سیالات نیوتنی۱ =n، در سیالات سودوپلاستیک (رقیق شونده با برش) ۱>n>۰ و در سیالات دایلاتانت (غلیظ شونده) با برش ۱<n است[۲۲].

طبق شکل یک با افزایش سرعت برشی، ویسکوزیته ظاهری تمام نمونه‌ها کاهش یافت و کلیه نمونه‌ها رفتار رقیق شوندگی با برش داشتند. مطابق با جدول سه و بررسی برازش مدل استوالد و هرشل بالکی، شاخص رفتار جریان در محدوده کوچکتر از یک بود و بتاگلوکان های استخراجی رفتار غیر نیوتنی و سودو پلاستیک را نشان دادند. با توجه به ضریب همبستگی(R^2) مدل هرشل بالکی و کارو بهترین مدل حاصل از برازش داده ها انتخاب شدند. با افزایش شدت و زمان فراصوت ضریب قوام، ویسکوزیته و شاخص رفتار جریان نسبت به نمونه شاهد به ترتیب کاهش، کاهش وافزایش داشت. درمجاورت حباب‌های کاویتاسیون ناشی از امواج فراصوت، نیروی برشی زیادی بر روی هیدرو کلوئید اعمال می‌شود، دما در مجاورت حباب‌ها افزایش می‌یابد و سبب شکست ماکرومولکولها می‌شود [۲،۱۱]. همتیان و همکاران در سال ۲۰۱۷ نشان دادند، بکار بردن امواج فراصوت برای استخراج بتاگلوکان از جو اثرات تخریبی بر روی ساختار آن داشت و با افزایش شدت و زمان ضریب قوام، ویسکوزیته کاهش و شاخص رفتارجریان افزایش یافت وبه موازات افزایش خلوص بتاگلوکان، ضریب قوام افزایش یافت. در این پژوهش پایین ترین ضریب قوام و بیشترین شاخص رفتارجریان در نمونه با ۱۰۰درصد شدت فراصوت (٤۰۰ وات) به مدت ۳/۵ دقیقه مشاهده شد وافزایش ضریب قوام و کاهش شاخص رفتارجریان در نمونه با ۱۰۰درصد شدت فراصوت (٤۰۰ وات) به مدت ۷ دقیقه ناشی از خلوص بیشتر بتاگلوکان بود.

ویسکوزیته، ضریب قوام کربوهیدرات با ازدیاد وزن مولکولی، افزایش و شاخص رفتار جریان(۱ >n) کاهش می‌یابد [۲۳] و بتاگلوکان با وزن مولکولی بالا سبب افزایش ویسکوزیته محلول می‌شود [۱]. بالاترین ضریب قوام، ویسکوزیته برشی صفر و پایین ترین اندیس جریان مربوط به نمونه شاهد بود. فرحناکی و همکاران در سال ۲۰۱۳ گزارش کردند که با افزایش شدت فراصوت وزن مولکولی موسیلاژ گیاه مریم گلی کاهش یافت و به موازات آن شاخص رفتار جریان افزایش یافت [۲۵].

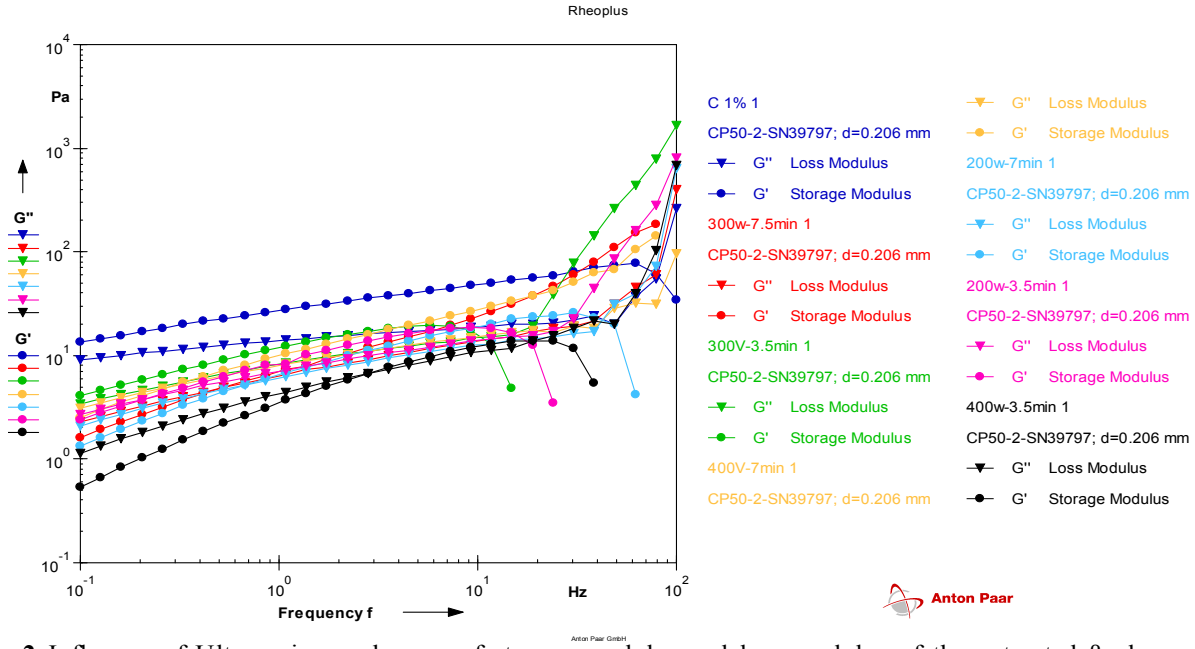

Fig 2 Influence of Ultrasonic on changes of storage modulus and loss modulus of the extracted ß glucan

انجام آزمون‌های ویسکوالاستیک زمانی قابل تفسیر خواهند بود که در محدوده ویسکوالاستیک خطی انجام شوند. آزمون روبش کرنش درفرکانس ثابت ۱ هرتز، دمای ۲۰ درجه سلسیوس و کرنش ۰/۰۱ _۱۰۰درصد) برای تعیین ناحیه خطی نمونه‌ها انجام شد و کرنش ۰/۵ درصد به عنوان محدوده خطی در نظر گرفته شد. از این محدوده برای تعیین ژل قوی از ضعیف استفاده می‌شود[۲۶]. آزمون روبش فرکانس در فرکانس ۰/۱ تا ۱۰۰ هرتز در ناحیه کرنش خطی ودمای ۲۰ درجه سلسیوس انجام شد.

با توجه به شکل ۲ ابتدا با افزایش فرکانس هر دو مدول افت وذخیره افزایش یافت و در فرکانس‌های بالا مدول ذخیره کاهش یافت، همچنین در کلیه نمونه‌ها $G''>G'$ بود. در محلول رقیق در تمام فرکانس‌ها مدول افت از مدول ذخیره بالاتر است و با افزایش فرکانس بهم میل کرده ونزدیکتر می‌شوند [۱]. seshadri و همکاران در سال ۲۰۰۳ با بکار بردن افزایش شدت و زمان فراصوت نشان دادند که حباب‌های بسیار ناپایداری حین کاویتاسیون ایجاد شده که در عرض میلی ثانیه فرو می‌پاشد و نیروی برشی ودمای ایجاد شده احتمالا سبب تجزیه مولکول پکتین و تشکیل ژل ضعیفتر شد [۲۷].

۵- نتیجه گیری

بتاگلوکان پلی ساکارید غیر نشاسته‌ای به دلیل خواص تغذیه ای وتکنولوژی در فراورده های غذایی کاربرد دارد و بررسی خواص رئولوژی با توجه به نوع استخراج (آبی و فراصوت) و استفاده آن در مواد غذایی ضروری است. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی نشان داد، نمونه با شدت ۲۰۰ وات در ۳/۵ دقیقه بالاترین مقدار بتاگلوکان (۷۷/۱درصد) و نمونه با شدت ٤۰۰ وات در ۳/۵ دقیقه کمترین مقداربتا گلوکان (۵۵/٦درصد) را داشت. آزمون رفتارجریان نشان داد با افزایش سرعت برشی، ویسکوزیته ظاهری تمام نمونه‌ها کاهش یافت و کلیه نمونه‌ها رفتار رقیق شوندگی با برش داشتند ومدل هرشل بالکی و کارو بهترین مدل جهت برازش مدل‌ها انتخاب شدند. نتایج آزمون روبش فرکانس نشان داد، ابتدا با افزایش فرکانس هر دو مدول افت و ذخیره افزایش یافت، در فرکانس‌های بالامدول ذخیره کاهش یافت که ناشی از شکستن زنجیره خطی بتاگلوکان طی امواج فراصوت و رقیق شدن ژل بتاگلوکان بود.

٦- منابع

[1] Lazaridou, A.,Duta,D., Papageorgiou,M., Belc,N., Biliaderis, C.G. 2007.Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. Journal of Food Engineering,Vol,79, PP: 1033–1047.

[2] Tiwar, B. K., Muthukumarappan, K.,Donnell, C. P., Cullen, P. J.2010.Rheological Properties of Sonicated Guar, Xanthanand Pectin Dispersions, Vol, 13,PP: 223–233.

[3] Havrlentova, M., Petrulakova,Z., Burgarova,A.,Gago,F.,Hlinkova,A., Sturdik,E. 2011.Cereal β-glucans and their Significance for the Preparationof Functional Foods, Vol. 29,PP:. 1–14.

[4] Zhu,F., Du,B., Xu,B.2016. A critical review on production and industrial applications of ß-glucans. Food Hydrocolloids,Vol, 52, PP: 275-288.

[5] Anttila, H., Soontag_ Strohm, T., Salovaara, H2004.Viscosity of ß_glucan in oat product, Agriculture and FoodScience,Vol, 13,PP:80_87.

[6] Dongowski G.,Drzikova, B., Senge, B., Blochwitz, R., Gebhardt, E., Habel, A.2005. Rheological behaviour of ß-glucan preparations from oat products.Food Chemistry,Vol, 93, PP: 279–29.

[7] Ahmad, A., Anjum, F.M,.Zahoor,T., Nawaz, H., Dilshad. S.M.R., 2012.ß-Glucan: AValuable Functional Ingredient in Foods. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, ,Vol , 52, PP:201–212.

[8] Roman, O. B., Aloso, E and Lucas, S.2011. Optimization of the ß-glucan extraction conditions from different waxy barly culture, Journal of Cereal Sciences, Vol,53, PP: 211_276.

[9] Alzorqi,I., Sudheer,S., Lu,T.J, Manickam, S.2016. Ultrasonically extracted ß-D-glucan from artificially cultivated mushroom, characteristic properties and antioxidant activity.UltrasonicsSonochemistry.

[10] Hoseini, Z.1, MohammadzadehMilani, J., Farmani, J.2018. The effect of different extraction methods on functionalproperties of β-glucan extracted from barely. Journal of Food science and ThecnologyVol,15, PP:325_335.

[11] Naghipour, F., TabatabaeiYazdi, F., Karimi, M., Mortazavi, S. A., Mohebbi, M. 2017. Sorghum Pretreatment by Ultrasound for Improvement of β-GlucanExtraction by Hot Water Method and Evaluation of It'sPhysicochemical Properties, JFST Vol,14.PP:25_34.

[12] HematianSourki, A., Koocheki, A., Elahi, M. 2017. Ultrasound-assisted extraction of ß-glucan from hull-less barley:Assessment of physicochemical and functional properties. International Journal of Biological Macromolecules Vol,. 95,PP: 462–475.

[13] Limberger-Bayer,V. M., Francisco,A.D, Chan, A., Oro,T., Ogliari, P. J, Barreto, P.L.M.2014. Barley ß-glucans extraction and partial characterization,FoodChemistry,Vol, 154, PP:84–89.

[14] Mikkelsen, M. S., Jespersen, B. M., Larsen, F. H., Blennow., A., Engelsen, S. B. 2013. Molecular structure of large-scale extracted b-glucan from barley and oat:Identification of a significantly changed block structure in a high ß-glucan barley mutant. Food Chemistry,Vol, 136, PP:130–138.

[15] Colleoni-Sirghie,M., Kovalenko, I.V., Briggs, J.L., Fulton,B., White.P.J.2003. Rheological and molecular properties of water soluble(1,3) (1,4)-b-D-glucans from high-ß-glucan and traditional oat lines Carbohydrate Polymers,Vol 52, PP: 439–447.

[16] Skendi, A., Biliaderis, C. G., Lazaridou, A., Izydorczyk, M. S. 2003.Structure and rheological properties of watersoluble β-glucans from oat cultivars of Avena sativa and Avenabysantina. Journal of Cereal Science,Vol 38(1), PP:15-31.

[17] Román,O.B., Alonso, E.,Palaciob,L., Prádanosb,P., Cocero,M.J.2014. Purification and isolation of glucans from barley:Downstreamprocess intensification,Journal of Chemical Engineering and Processing.

[18] Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists.2000. 10th EditionSt. Paul, MN. AACC (2003). Approved

methods (10th ed.). St. Paul, MN: American Association of CerealChemist.
[19] Khorrami, M. Hosseini-Parvar, S.H., Motamedzadegan,A. 2013. The influence of Basil seed gum concentration on the stability, particle size and rheological properties of oil-in- water emulsion stabilized by whey protein isolate, EJFPP, Vol, 5 (2), PP: 91-114.
[20] MirarabRazi, S., Motamedzadegan, A. ,Shahidi, A., Rashidinejad, A. 2018. Study on the effect of Basil seed gum on rheological properties ofegg white albumins gel, Journal of Food science and Thecnology,Vol, 15, PP:271_278.
[21] Roman, B. 2012.Studies of process intensification for the recovery of high weight ß-glucans from cereals.PhD Thesis.University of Valladolid.
[22] Rahbari, M., Aalami, M., Kashaninejad, M., Maghsoudlou, Y. 2014.Effect of wheat germ protein isolate and xanthan gum as egg substitutes on the rheological properties of mayonnaise,Journal of Food science and Thecnology, Vol. 12, PP:131_143
[23] Zhang, M., Bai, X., Zhang,Z. 2011. Extrusion process improves the functionality of soluble dietary fiber in oat bran, Journal of Cereal Science,Vol, 54,PP: 98_103.
[24] Lazaridou, A.,Biliaderisa, C.G., Izydorczyk, M.S.2003.Molecular size ffects on rheological properties of oat ßglucansin solution and gels, Food Hydrocolloids,Vol,17,PP:693–712.
[25] Farahnaky,A., Bakhshizadeh-Shirazi, S., Mesbahi, G., Majzoobi, M., Rezvani, E., Schleining, G.2013. Ultrasound-assisted isolation of mucilaginous hydrocolloids fromSalvia macrosiphon seeds and studying their functional properties, Innovat.Food Sci. Emerg. Technol,Vol, 20, PP: 182–190.
[26] Niknam, R.1, Ayaseh, A. Ghanbarzadeh, B.2018. Steady shear flow and dynamic rheology of the emulsions containingultrasound-assisted extracted Plantago major seed gum, Journal of Food science and Thecnology, Vol, 15, PP:281_298.
[27] Seshadri,R., Weiss, J., Hulbert,G.J., Mount, J.2003. Ultrasonic processing influences rheological and optical properties ofhigh-methoxyl pectin dispersions, Food Hydrocolloids,Vol,17, PP:191–197.

Effect of intensity and time ultrasound on rheological properties of extracted ß_glucan of oat flour

Shamshirsaz, M. [1], Motamedzadegan, A. [1,2*], Aalami, M. [3], Sheykharabi, M. [4,5]

1. Ph.D. Student, Department of Food Science and Technology, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
2. Associate professor,Department of Food Science and Technology,Sari Agricultural Sciences and NaturalResources University
3. Associate professor of Food Science and Technology, Gorgan university of Agricultural Sciences andNatural Resources University
4. Food, drug,and natural paroducts Health Research Center,Golestan University of Medical Sciences, Gorgan, Iran
5. Medical Cellular and Molecular Research Center, Golestan University of Medical Sciences, Gorgan, Iran

(Received: 2019/07/05 Accepted: 2019/12/15)

β_glucan is dietry fibre and water soluble hydrocolloid (gum). It has various physical properties such as thickening, stabilizing, emulsification, and gelation. in this study the effect of intensity and time at four different powers (0, 200, 300, 400 w) in three time (0, 3.5 and 7 min) intrevals were investigated on the physicochemical and the rheological properties of extracted.ß_glucan. The results showed that ultrasound intensity and time were significant on ash, protein, fibre, carbohydrate and β-glucan content ($p < 0.05$), While it was not significant on fats ($p > 0.05$). The highest amount of β-glucan (77.1%) was observed at power 200 w for 3.5 minutes, also the lowest amount of ß-glucan (55.6%) was observed at power 400 w for 3.5 minutes. Result showed that apparent viscosity decreased by increasing of the shear rate. All samples showed shear thinning behavior. The highest consistency coefficient, zero shear viscosity and lowest flow index was control sample., and the lowest consistency coefficient and zero shear viscosity and the highest flow index was observed at power 400 w for 3.5 minutes. The results of fitting data using different rheological models showed Herschel and Carreau models have maximum R^2. Linear region assign about 0.5 % using strain sweep test. Result of frequency sweep test showed initially, loss and storage modulus were increased by adding frequency, the storage modulus were reduced at high frequencies and in all samples were $G'' > G'$.

Key words: β_glucan, Rheology, Frequency sweep, Ultrasonic

* Corresponding Author E-Mail Address: amotgan@yahoo.com