

## بررسی اثر صمغ دانه ریحان بر ویژگی‌های رئولوژیکی ژل حاصل از آلومین سفیده تخم مرغ

سعید میرعرب رضی<sup>۱</sup>، علی معتمدزادگان<sup>۲\*</sup>، احمد شهیدی<sup>۳</sup>، علی رشیدی نژاد<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی دکتری علوم و صنایع غذایی، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

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

۳- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد آیت الله آملی آمل

۴- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه مسی، نیوزلند

(تاریخ دریافت: ۹۵/۰۴/۲۶ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۱/۲۹)

### چکیده

پروتئین‌ها دارای خصوصیات عملکردی مختلفی می‌باشند که ژل‌کنندگی یکی از این خصوصیات است. در این پژوهش تاثیر مقادیر مختلف صمغ دانه ریحان (۰، ۰/۰۵، ۰/۱، ۰/۳، ۰/۵ درصد) بر ویژگی‌های رئولوژیکی ژل حاصل از آلومین سفیده تخم مرغ (۴ درصد) بررسی شد. نتایج نشان داد که با افزایش سرعت برشی، ویسکوزیته ظاهری ژل به تدریج کاهش یافت که بیانگر رفتار رقیق شونده با برش بود. اندازه گیری ویسکوزیته در سرعت برشی ثابت ۵۰ بر ثانیه نشان داد نمونه ژلی که فاقد صمغ دانه ریحان بود ویسکوزیته آن  $0.663 \text{ Pa.s}$  بود ولی با افزایش میزان صمغ دانه ریحان، ویسکوزیته افزایش یافت. بیشترین مقدار ویسکوزیته مربوط به نمونه حاوی ۰/۵ درصد صمغ دانه ریحان بود ( $0.32 \text{ Pa.s}$ )، همچنین وجود حلقه هیستریسیس بیانگر وجود رفتار وابستگی با زمان نمونه‌های ژل بود. نتایج حاصل از برازش داده‌ها با مدل‌های مختلف رئولوژیکی نشان داد که مدل کارو بیشترین ضریب تبیین را دارد. در آزمون روبش کرنش، ناحیه خطی در حدود ۱ درصد تعیین شد. نتایج آزمون روبش فرکانس نشان داد که مدول افت در تمامی نمونه‌ها با افزایش فرکانس افزایش یافت اما این روند در مدول ذخیره تنها در فرکانس‌های پایین مشاهده شد. در تمامی فرکانس‌ها مدول ذخیره نمونه‌های حاوی ۰/۱ و ۰/۵ درصد صمغ دانه ریحان بیشتر بوده و در نمونه فاقد صمغ دانه ریحان کمترین مقدار را داشت. مدول افت نیز در نمونه فاقد صمغ دانه ریحان مقادیر کمتری را نشان داد.

کلید واژگان: آلومین، رئولوژی، ویسکوزیته، هیستریسیس

\*مسئول مکاتبات: amotgan@yahoo.com

## ۱- مقدمه

ژل رفتاری بینابین یک ماده جامد و مایع را دارد که علاوه بر نشان دادن خصوصیات الاستیک، خصوصیات ویسکوز را هم نشان می‌دهد [۱]. تشکیل ژل‌ها به طور گسترده‌ای توسط عوامل فیزیکی (دما و فشار) و شیمیایی (اسید، یون و آنزیم) القا می‌شود. در مورد ژل‌های پروتئینی، تشکیل ژل توسط پروتئین نیازمند یک عامل محرک برای باز کردن ساختار پروتئین می‌باشد که به کمک فرایند تجمع، یک شبکه سه بعدی منظم از اجتماعات یا رشته های مولکولی ایجاد می‌کند که دارای اتصالات عرضی غیر کووالانسی و یا به ندرت پیوندهای کووالانسی می‌باشد. شرایط تشکیل ژل بیشتر به پارامترهای فیزیکی (دما و فشار)، شیمیایی (اسید، آنزیم و یون)، کیفیت حلال، غلظت عامل ژل کننده، جرم مولی یا درجه پلیمریزاسیون بستگی دارد [۲]. دناتوراسیون اصلی ترین تغییر در ساختار پروتئین می‌باشد که بدون تغییر در توالی اسیدهای آمینه، نتیجه تغییر تعادل بین نیروهای مختلف نظیر پیوندهای الکترواستاتیکی، هیدروژنی، پیوندهای دی سولفیدی، واکنش‌های دوقطبی-دوقطبی و هیدروفوبیک است. بازگشایی کامل (دناتوراسیون کامل) شبکه پروتئینی تنها در حضور عوامل دناتوره کننده قوی نظیر اوره و هیدروکلرید گوانیدین ایجاد می‌شود [۳]. همواره یک یا چند نوع عامل ژل کننده برای رسیدن به خصوصیات بافتی مطلوب در فرمولاسیون غذایی به کار برده می‌شوند. عامل ژل کننده ای که اغلب در این محصولات به کار می‌روند هیدروکلئوئیدهای غذایی هستند [۱]. عوامل ژل دهنده از طریق ایجاد قوام و پایداری به بهبود بافت غذا کمک می‌کنند. تنها برخی هیدروکلئوئیدها خاصیت ژل کنندگی دارند که در تعداد معدودی از صمغ‌ها دیده می‌شود. بسیاری از پلی ساکاریدهای ایجاد کننده ژل، هتروپلی ساکارید هستند و ماهیت هیدروکلئوئیدی دارند. برخی پروتئین‌ها نیز به منظور ایجاد ژل استفاده می‌شوند [۴].

صمغ دانه ریحان از جمله هیدروکلئوئیدهایی است که اخیراً پژوهش‌های متعددی بر روی آن صورت پذیرفته است. حسینی پرور و همکاران در سال ۲۰۱۰، ترکیب شیمیایی صمغ دانه ریحان را اندازه گیری کردند. پلی ساکارید استخراج شده از دانه ریحان شامل دو بخش اصلی از گلوکومانان (۴۳٪) با اتصالات عرضی (۴→۱) گزیلان (۲۴/۲۹ درصد) و دارای بخش کوچکی گلوکان (۲/۳۱ درصد) می‌باشد. همچنین حضور آرابینوگالاکتان بسیار منشعب علاوه بر گلوکومانان و گزیلان گزارش شده است [۵]. خواص رئولوژیکی صمغ دانه ریحان در مقایسه با صمغ‌های زانتان، گوار و کونجاک و همچنین برهمکنش صمغ دانه ریحان با گالاکتومانان‌هایی نظیر صمغ‌های گوار و لوبیای لوکاست پیش از این توسط حسینی پرور و همکاران گزارش شده است [۶]. آزمونهای نوسانی با مطالعه رفتار ویسکوالاستیک و ژله ای شدن صمغ دانه ریحان نشان دادند که این صمغ قادر به ایجاد یک ژل ضعیف در محیط می‌باشد و موجب افزایش تنش تسلیم شده و یک ژل برگشت پذیر با حرارت ایجاد می‌نماید [۷].

پروتئین‌ها در مواد غذایی سبب ایجاد ویژگی‌های مختلفی نظیر افزایش ویسکوزیته، تولید کف و ایجاد ژل می‌شوند که بررسی خصوصیات این ویژگی‌ها حائز اهمیت می‌باشد. هدف از انجام این پژوهش بررسی تاثیر مقادیر مختلف صمغ دانه ریحان بر ویژگی‌های رئولوژیکی ژل حاصل از پروتئین آلبومین تخم مرغ بود.

## ۲- مواد و روش

مواد مورد استفاده در این پژوهش دانه ریحان بود که از فروشگاه محلی (نکا؛ مازندران) تهیه شد. آلبومین تخم مرغ (Applichem, Germany, A4344, 0250, lot 7K005289) با پایه آزمایشگاهی خریداری شد.

## ۲-۱- استخراج صمغ دانه ریحان

برای استخراج صمغ از روش رضوی و همکاران (۲۰۰۹) [۸] (دمای ۷۰ درجه سانتی گراد، pH ۸، زمان خیساندن ۲۰ دقیقه و نسبت آب به دانه ۱:۶۵ (وزنی/وزنی) جهت استخراج صمغ)

به دلیل ژل بودن نمونه ها از ژئومتر مخروط و صفحه استفاده شد. برای هر نمونه آزمون رفتار جریانی پایا با افزایش سرعت برشی از ۰/۰۰۱ تا ۳۰۰ بر ثانیه و سپس کاهش سرعت برشی از ۳۰۰ تا ۰/۰۰۱ بر ثانیه (دمای ۲۰ درجه سانتی گراد) انجام شد و سپس داده های رئولوژیکی با مدل های مختلفی نظیر پاورلا (۱)، هرشل بالکلی (۲)، کراس (۳) و کارو (۴) برازش شد [۲]:

$$(1) \quad \tau = k\dot{\gamma}^n$$

$$(2) \quad \tau = k\dot{\gamma}^n + \tau_0$$

$$(3) \quad \eta_a = \eta_{\infty} + \frac{\eta_0 - \eta_{\infty}}{1 + (\alpha_c \dot{\gamma})^m}$$

$$(4) \quad \eta_a = \eta_{\infty} + \frac{\eta_0 - \eta_{\infty}}{(1 + (\lambda_c \dot{\gamma})^2)^N}$$

که  $\tau$  تنش برشی (Pa)،  $\dot{\gamma}$  سرعت برشی s-1،  $k$  ضریب قوام (Pa.sn)،  $\tau_0$  تنش تسلیم (Pa)،  $n$  شاخص رفتار جریان،  $\alpha_c$  و  $\lambda_c$  ثابت های زمانی مرتبط با زمان استراحت پلیمر در محلول و  $N$  و  $m$  توان های بدون واحد می باشند.

آزمون روبش کرنش (در فرکانس ثابت ۱ هرتز، دمای ۲۰ درجه سانتی گراد و کرنش ۰/۰۱-۱۰۰ درصد) برای تعیین ناحیه خطی نمونه ها انجام شد. آزمون های دینامیکی در ناحیه خطی ویسکوالاستیک انجام گرفت و مدول های ذخیره ( $G'$ ) و افت ( $G''$ ) در برابر فرکانس رسم شد. آزمون روبش فرکانس در فرکانس ۰/۱ تا ۱۰۰ هرتز در ناحیه کرنش خطی و دمای ۲۰ درجه سانتی گراد انجام پذیرفت [۲ و ۹].

## ۲-۴- طرح آماری

در این پژوهش از طرح آماری کاملاً تصادفی با ۳ تکرار استفاده شد. برای رسم منحنی ها از نرم افزار اکسل ۲۰۰۷ استفاده شد. مقایسه میانگین توسط آزمون دانکن در سطح آماری ۹۵ درصد با نرم افزار SPSS انجام گرفت. برای آنالیز داده های رئولوژیکی از نرم افزار رئوپلاس (نسخه ۳/۴) استفاده گردید.

## ۳- نتایج و بحث

همه نمونه های ژل رفتار رقیق شونده با برش داشتند و ویسکوزیته به تدریج با افزایش سرعت برشی کاهش یافت (شکل ۱). هنگامی که سرعت برشی به اندازه کافی افزایش یافت

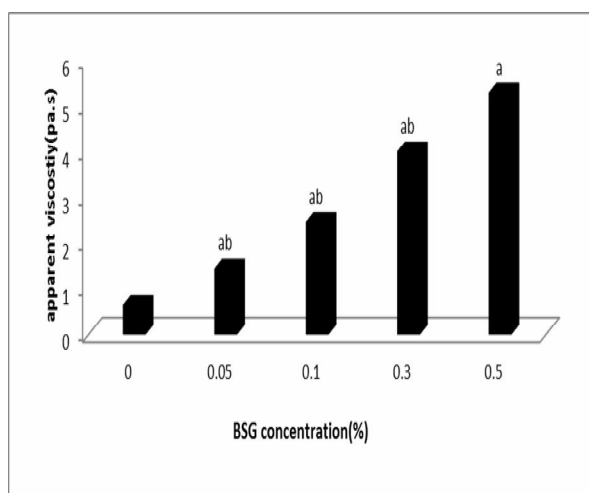
استفاده شد. در مرحله اول استخراج، دانه ها در نصف مقدار آب دیونیزه لازم خیسانده و به مدت ۲۰ دقیقه تا متورم شدن کامل در بن ماری (Memmert, Germany, WB 14) ۷۰ درجه سانتی گراد ( همراه با همزدن در فواصل کوتاه) باقی گذاشته شدند. جداسازی صمغ از دانه های متورم به وسیله عبور دانه ها از دستگاه آبمیوه گیری (Pars Khazar, Rasht, Iran, 700P) انجام گرفت. صمغ جداسازی شده در این مرحله جمع آوری و مابقی صمغ چسبیده به دانه ها با غوطه ور کردن دانه ها در نصف آب باقی مانده و عبور دادن از اکستراکتور جدا شد. صمغ جمع آوری شده از مراحل مختلف با هم مخلوط شده و سپس از یک پارچه ( از جنس حریر با منافذ ریز) با فشار عبور داده شد تا ذرات ریز و ناخالصی های موجود در آن کاملاً صاف شوند. سپس در ظروف یک بار مصرف با حجم مشخصی ریخته شده، منجمد شده و توسط خشک کن انجمادی (FDU, Operon, South Korea, 8624) خشک شد.

## ۲-۲- تهیه ژل

تمامی فرمول ها بر اساس غلظت پروتئین ۴ درصد (که توانایی تشکیل ژل دارد) و غلظت های مختلف صمغ دانه ریجان برابر با ۰، ۰/۰۵، ۰/۱، ۰/۳، ۰/۵ درصد تنظیم شد. همه تیمارها به مدت ۳۰ ثانیه با سرعت متوسط همزن، همزده و همگن شدند. ۷۰ میلی لیتر از مخلوط در بشر ریخته شده و سر آن با فویل آلومینیومی پوشیده شد و در حمام آب (دمای ۸۵ درجه سانتی گراد) برای ۳۰ دقیقه حرارت داده شد. بعد از حرارت دادن ژل های تشکیل شده در ظرف آب و یخ خنک و در دمای ۲-۴ درجه سانتی گراد برای ۱۲ ساعت قبل از آزمون نگهداری شدند [۲].

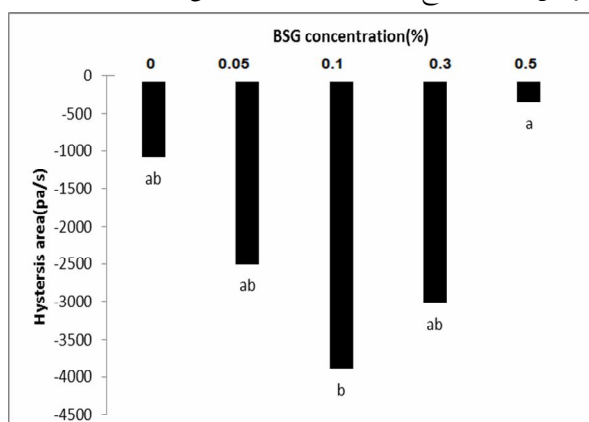
## ۲-۳- انجام آزمون های رئولوژیکی

کلیه آزمون های رئولوژیکی (رفتار جریانی و رفتار نوسانی) با استفاده از دستگاه رئومتر (Physica, MCR 301, Anton Paar GmbH, Germany) انجام گرفت. برای تنظیم دما سیستم Peltier plate با حساسیت ۰/۰۱ مجهز به سیرکولاتور آب (Viscotherm VT) به کار رفت.



**Fig 2** Effect of BSG concentration on viscosity of gels at constant shear rate of  $50 \text{ s}^{-1}$

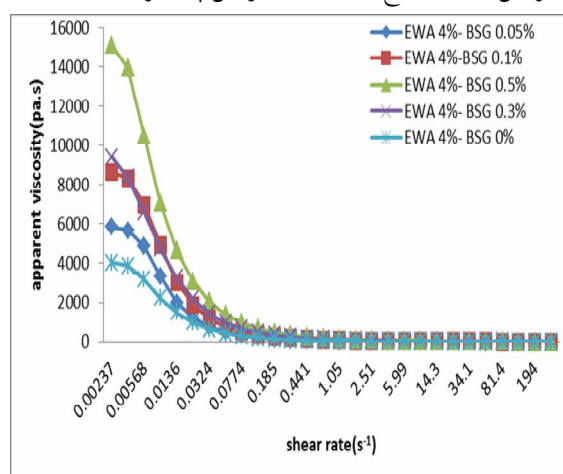
اندازه گیری افزایش و کاهش سرعت برشی وجود حلقه هیستریسیس را نشان داد که بیانگر وجود رفتار وابستگی به زمان در نمونه های ژل می باشد (شکل ۳). میزان هیستریسیس نمونه های ژل با افزایش صمغ دانه ریحان از ۰ تا ۰/۵ درصد ۳۵۵/۷- تا ۳۸۹۳- پاسکال بر ثانیه متغیر بود. مساحت هیستریسیس با افزایش غلظت صمغ دانه ریحان روند مشخصی نداشت.



**Fig 3** Effect of BSG concentration on hysteresis area of gel samples

نتایج حاصل از برازش داده ها با مدل های مختلف رئولوژیکی در جدول ۱ نشان داده شده است. طبق نتایج بدست آمده مدل کارو با داشتن بیشترین ضریب تبیین به عنوان بهترین مدل انتخاب شد. در جدول ۱ پارامترهای مختلف مدل کارو نشان داده شده است.

تا بر حرکت براونی غلبه کند مقاومت به جریان کاهش می یابد و در نتیجه ویسکوزیته کاهش پیدا می کند [۱۰] همچنین ممکن است رفتار رقیق شوندگی با برش نتیجه شکست پیوندهای بین اجزای تشکیل دهنده ژل باشد. حسینی پرور و همکاران (۲۰۱۰) [۶] گزارش کردند محلول های صمغ دانه ریحان (۰/۱ تا ۲ درصدوزنی/وزنی) دارای رفتار سودوپلاستیک اند. آن ها همچنین گزارش کردند که سودوپلاستیکی محلول های صمغ دانه ریحان با افزایش غلظت صمغ دانه ریحان، افزایش پیدا کرد.



**Fig 1** Apparent viscosity versus shear rate for gel samples

در شکل ۲ تاثیر میزان صمغ دانه ریحان بر ویسکوزیته ظاهری ژل حاوی مقدار ثابت آلبومین در سرعت برشی ثابت ۵۰ بر ثانیه نشان داده شده است. در نمونه ژل که فاقد صمغ دانه ریحان بود ویسکوزیته  $0.663 \text{ Pa.s}$  بود ولی با افزایش میزان صمغ دانه ریحان، ویسکوزیته نیز افزایش یافت. بیشترین میزان ویسکوزیته مربوط به نمونه حاوی ۰/۵ درصد صمغ دانه ریحان بود ( $5.32$ ).

افزایش ویسکوزیته با افزایش غلظت صمغ می تواند به دلیل افزایش قابلیت نگهداری آب و بر همکنش های بین مولکولی باشد [۲]. هیوئی در سال ۲۰۰۱ [۱۱] افزایش ویسکوزیته و ضریب قوام را به افزایش مولکول های پلیمری که بر روی رئولوژی موثرند نسبت داد که در نهایت موجب افزایش بر هم کنش های بین مولکولی و درگیری زنجیره ها می شود. همچنین عنوان کرد که تفاوت ویسکوزیته صمغ های موسیلاژی محلول در آب برای غلظت های بالا بیشتر از غلظت های پایین است.

**Table 1** Result of fitting data using different models and Carreau parameter

BSG concentration(%)	Rheological model				Carreau parameter		
	Herschel bulkley	Ostwald	Carreau	Cross	A	P	Zero viscosity
0	0.864	0.505	0.937	0.884	181.4 <sup>a</sup>	0.451	3664.6 <sup>c</sup>
0.05	0.825	0.752	0.888	0.635	278.4 <sup>a</sup>	0.421	5556.3 <sup>bc</sup>
0.1	0.726	0.605	0.903	0.66	257.7 <sup>a</sup>	0.421	8096.9 <sup>b</sup>
0.3	0.699	0.549	0.93	0.739	263 <sup>a</sup>	0.419	14088 <sup>a</sup>
0.5	0.65	0.64	0.939	0.847	342.2 <sup>a</sup>	0.405	9134.4 <sup>b</sup>

در بخش آزمون نوسانی ناحیه خطی ویسکوالاستیک برای مخلوط ژل صمغ دانه ریحان-آلبومین در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد و فرکانس ۱ هرتز (دامنه کرنس ۰/۱ تا ۱۰۰ درصد) در حدود ۱ درصد بود. از این آزمون اغلب برای تعیین ژل های قوی و ضعیف استفاده می شود. ژل های قوی بیشتر از ژل های ضعیف در ناحیه خطی باقی می مانند [۱۹]. آزمون روبش فرکانس در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد و فرکانس ۰/۱ تا ۱۰۰ هرتز و کرنش ۱ درصد انجام گرفت. در ابتدا با افزایش فرکانس هر دو مدول افت و ذخیره افزایش یافت. افزایش مدول افت با افزایش فرکانس را می توان این گونه تفسیر نمود که هنگامی که فرکانس های پایین به ماده اعمال می شود ماده زمان کافی برای بازسازی پیوندهای شکسته شده را در چرخه فرکانس دارد ولی هنگامی که فرکانس های بالا اعمال می شود ماده فرصت بازسازی پیوندهای شکسته را نداشته و هنگامی که پیوندها شکسته می شوند جزء ویسکوز افزایش یافته و ماده رفتار ویسکوالاستیک را نشان می دهد [۲۰]. همچنین افزایش فرکانس احتمالاً سبب تشکیل شبکه ماکرومولکولی در امولسیون می شود که موجب افزایش مدول ذخیره با افزایش فرکانس می شود. در فرکانس های بالا مدول ذخیره کاهش یافت که می تواند به دلیل تخریب ساختار ژل باشد. در ژل های حاوی مقادیر مختلف صمغ دانه ریحان در فرکانس های پایین مدول ذخیره بیشتر از مدول افت بود. بالاتر بودن مدول ذخیره از مدول افت بیانگر وجود ساختار ژلی در سیستم می باشد [۲۱ و ۲۲] اما در فرکانس های بالاتر مدول افت افزایش یافت.

این در حالی است که مدل های کراس و کارو قادر به توصیف وابستگی به سرعت برشی دیسپرسیون های پکتین های متوکسیل بالا و دانه خرنوب [۱۲]، صمغ کونجاک [۱۳]، محلول صمغ کهور [۱۴] و دیگر صمغ ها [۱۵] بودند. برای گالاتومانان ها و دیگر پلی ساکاریدهای با ساختار مارپیچ تصادفی در سرعت های برشی خیلی کم و خیلی زیاد نوعی رفتار نیوتنی مشاهده شده است که به ترتیب ویسکوزیته صفر و بی نهایت نامیده شده است [۱۶]. برای این نوع پلی ساکارید ها از مدل هایی نظیر کراس و کارو استفاده می شود [۱۷ و ۱۸]. نتایج حاصل از برازش نشان داد که مدل کارو با داشتن بیشترین ضریب تبیین مدل مناسبی برای توصیف داده ها می باشد. در بررسی نمودارها بخش نیوتنی در نرخ های برشی پایین مشاهده نشد که نشان می دهد ویسکوزیته برشی صفر<sup>۴</sup> در نرخ های برشی بسیار پایین وجود دارد. حسینی پرور و همکاران در سال ۲۰۱۰ [۶] این رفتار را برای صمغ دانه ریحان گزارش کردند. در واقع مولکول های پلی ساکارید با کنفورماسیون سفت<sup>۵</sup> دارای ویسکوزیته برشی صفر بالایی هستند و خصوصیات رقیق شوندگی با برش قوی دارند. علت این پدیده این است که مولکول های پلیمری سفت با افزایش نرخ برشی به سرعت در جهت جریان قرار می گیرند و در نتیجه بر همکنش های فیزیکی بین زنجیره های پلیمری مجاور کاهش می یابد. این خاصیت امکان پمپ کردن آسان مایعات را فراهم می کند [۶].

2. Konjac
3. Mesquite
4. Zero shear viscosity
5. Stiff Conformation

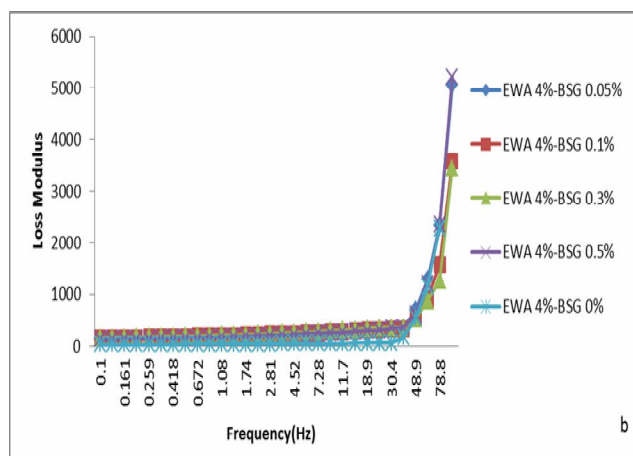
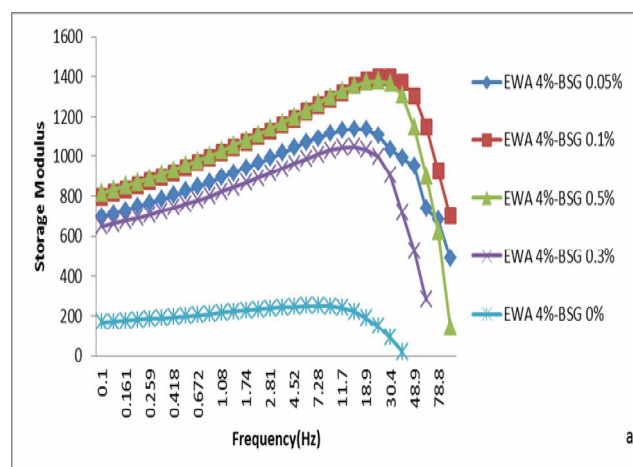
داشت. مدول افت نیز در نمونه فاقد صمغ دانه ریحان مقادیر کمتری را دارا بود و در سایر نمونه‌ها تفاوت زیادی نداشت.

#### ۴- نتیجه گیری

پروتئین‌ها و پلی ساکاریدها بیوپلیمرهایی هستند که به دلیل خواص تغذیه‌ای و تکنولوژیکی معمولاً به محصولات غذایی افزوده می‌شوند و به طور عمده همزمان در غذاهای مختلف حضور دارند. در این پژوهش از آلومین سفیده تخم مرغ و صمغ دانه ریحان به منظور تهیه ژل استفاده شده بود و خواص رئولوژیکی آن مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آزمون رفتار جریان در این پژوهش نشان داد همه نمونه‌های ژل رفتار رقیق‌شونده با برش داشتند و ویسکوزیته به تدریج با افزایش سرعت برشی کاهش یافت. این رفتار می‌تواند نتیجه شکست پیوندهای بین اجزای تشکیل دهنده ژل باشد. ویسکوزیته ژل با افزایش میزان صمغ دانه ریحان بیشتر شد. اندازه گیری افزایش و کاهش سرعت برشی وجود حلقه هیستریسیس را نشان داد که بیانگر وجود رفتار رئوپکتیک در نمونه‌های ژل می‌باشد. مدل کارو با داشتن بیشترین ضریب تبیین به عنوان بهترین مدل جهت برازش داده‌ها انتخاب شد. نتایج آزمون روبش فرکانس نشان داد در ابتدا با افزایش فرکانس هر دو مدول افت و ذخیره افزایش یافت ولی در ادامه مدول ذخیره کاهش یافت که می‌تواند به دلیل تخریب ساختار ژل باشد. در ژل‌های حاوی مقادیر مختلف صمغ دانه ریحان در فرکانس‌های پایین مدول ذخیره بیشتر از مدول افت بود.

#### ۵- منابع

- [1] Banerjee, S., Bhattacharya, S. 2012. Food Gels: Gelling Process and New Applications, Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 52:4: 334-346.
- [2] Sarabi-Aghdam, V. 2013. Effect of Basil seed gum on rheology and structure of dairy protein dispersions and gels. A Thesis Submitted for the Degree of Master of Science in Food Science and Technology. Sari Agricultural Science and Natural Resources University



**Fig 4** Influence of BSG concentrations on changes of storage modulus (a) and loss modulus (b) of the gel samples

همان طور که حسینی پرور و همکاران [۶] گزارش کردند صمغ دانه ریحان دارای قدرت تشکیل ژل ضعیف بود. ژل‌های ضعیف دارای رشته‌هایی هستند که به صورت فیزیکی اتصالات عرضی با شبکه ایجاد کرده‌اند. اتصالات عرضی دارای انرژی کم ولی محدود هستند و یا عمر محدود دارند. مکان‌های اتصال از طریق برهمکنش‌های فیزیکی تشکیل می‌شوند، برای مثال توسط پیوند هیدروژنی، بهم پیوستن هیدروفوبی، اتصالات عرضی با کاتیون‌ها و غیره اتفاق می‌افتد [۴ و ۲۳]. همان طور که در شکل ۴ نشان داده شده است مدول ذخیره در نمونه‌های حاوی ۰/۱ و ۰/۵ صمغ دانه ریحان در تمامی فرکانس‌ها بیشترین مقدار را دارا بود و در نمونه‌ای که فاقد صمغ دانه ریحان بود کمترین مقدار را

- characterization of a water extract of konjac flour gum. *Carbohydrate Polymers*, 20(1):35-41.
- [14] YOO, B. Rao, M.A. 1995. Yield stress and relative viscosity of tomato concentrates: effect of total solids and finisher screen size. *Journal of food science*, 60(4):777-779.
- [15] Launay, B., Cuvelier, G., Martinez-Reyes, S. 1997. Viscosity of locust bean, guar and xanthan gum solutions in the Newtonian domain: a critical examination of the log ( $\eta$  sp) o-log C [ $\eta$ ] o master curves. *Carbohydrate Polymers*, 34(4)385-395.
- [16] Morris, E.R., Cutler, A.N., Ross-Murphy, S.B., Rees, D.A., Price, J. 1981. Concentration and shear rate dependence of viscosity in random coil polysaccharide solutions. *Carbohydrate polymers*, 1(1):5-21.
- [17] Cross, MM. 1965. Rheology of non-Newtonian fluids: a new flow equation for pseudo-plastic fluids. *Journal of Colloid Science*, 20: 417-437.
- [18] Carreau, P.J. 1972. Rheological equations from molecular network theories. *Transactions of Society of Rheology*, 16: 99-127.
- [19] Steffe, JF. 1996. *Rheological Methods in Food Process Engineering* (second edition). Michigan: Freeman Press.
- [20] Everett, D.W., McLeod, R.E. 2005. Interactions of polysaccharide stabilisers with casein aggregates in stirred skim-milk yoghurt. *International Dairy Journal*, 15(11):1175-1183.
- [21] Diftis, NG., Biliaderis, CG., Kisseoglou, VD. 2005. Rheological properties and stability of model salad dressing emulsions prepared with a dry e heated soybean protein isolate e dextran mixture. *Food Hydrocolloids*, 19:1025-1031.
- [22] Taherian, AR., Fustier, P., Ramaswamy, HS. 2006. Effect of added oil and modified starch on rheological properties, droplet size distribution, opacity and stability of beverage cloud emulsions. *Journal of Food Engineering*, 77:687-696.
- [23] Lizarraga, M.S., Vicin, D.D.P., Gonzalez, R., Rubiolo, A., Santiago, L.G. 2006. Rheological behaviour of whey protein concentrate and  $\lambda$ -carrageenan aqueous mixtures. *Food Hydrocolloids*, 20(5):740-748.
- Agricultural Engineering Faculty.
- [3] Bryant, C. M., McClements, D. J. 2000. Influence of xanthan gum on physical characteristics of heat-denatured whey protein solutions and gels. *Food Hydrocolloids*. 14(4): 383-390.
- [4] Phillips, G.O., Williams, P.A. 2000. Introduction to food hydrocolloids. *Handbook of hydrocolloids*, p.1-6.
- [5] Azoma, J., Sakamoto, M. 2003. Cellulosic hydrocolloid system present in seed of plants. *Trends in Glycoscience and Glycotechnology*, 15: 1-14.
- [6] Hosseini-Parvar, SH., Matia-Merino, L., Goh, K. K. T., Razavi, S. M. A., Mortazavi, SA. 2010. Steady shear low behavior of gum extracted from *Ocimum basilicum* L. seed: Effect of concentration and temperature. *Journal of Food Engineering*, 101, 236-243.
- [7] Rafe, A., Razavi, SM., Khan, S. 2012. Rheological and structural properties of  $\beta$ -lactoglobulin and basil seed gum mixture: Effect of heating rate. *Food research international*, 49(1): 32-38.
- [8] Razavi, SMA., Mortazavi, SA., Matia-Merino, L., Hosseini-Parvar, SH., Motamedzadegan, A., Khanipour, E. 2009. Optimization study of gum extraction from Basil seeds (*Ocimum basilicum* L.). *International Journal of Food Science & Technology*, 44:1755-1762.
- [9] Salehi, F., Kashaninejad, M. 2015. Static Rheological Study of *Ocimum basilicum* Seed Gum. *International Journal of Food Engineering*. 11(1): 97-103.
- [10] Erçelebi, EA., Ibanoglu, E. 2009. Rheological properties of whey protein isolate stabilized emulsions with pectin and guar gum. *European Food Research and Technology*, 229(2): 281-286.
- [11] Huei Chen, R., Yu Chen, W. 2001. Rheological properties of the water-soluble mucilage of a green laver, *Monostroma nitidium*. *Journal of Applied Phycology*, 13:481-488.
- [12] Da Silva, J.L., Rao, M.A. 1992. Viscoelastic properties of food hydrocolloid dispersions. *Viscoelastic properties of foods*, pp.285-315.
- [13] Jacon, S.A., Rao, M.A., Cooley, H.J. Walter, R.H. 1993. The isolation and

## Study on the effect of Basil seed gum on rheological properties of egg white albumins gel

Mirarab Razi, S. <sup>1</sup>, Motamedzadegan, A. <sup>1\*</sup>, Shahidi, A. <sup>2</sup>, Rashidinejad, A. <sup>3</sup>

1. Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Khazar Abad Road, PO Box 578, Sari, Iran.

2. Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, PO Box 678, Amol, Iran.

3. Massey Institute of Food Science and Technology (MIFST), Massey University, Private Bag 11222, Palmerston North, New Zealand.

(Received: 2016/07/16 Accepted:2017/04/18)

Proteins have different functional properties that gelling is one of the important properties. In current study, the effect of different concentrations of Basil seed gum (0, 0.05, 0.1, 0.3 and 0.5 %) on rheological properties of egg white albumin gel(4%) has been investigated. Result showed that apparent viscosity decreased by increasing of the shear rate. All samples showed shear thinning behavior. Basil seed gum free sample had 0.663 Pa.s viscosity at 501/s steady shear rate but viscosity increased while the gum content increased. Maximum viscosity was related to the sample include of 0.5% basil seed gum (5.32 pa.s). Tracking of hysteresis loops showed time dependency of all gel samples. Result of fitting data using different rheological models showed carreau model had maximum  $R^2$ . Linear region assign about 1% using strain sweep test. Result of frequency sweep test showed loss modulus increased as frequency raised however this trend observed at low frequency of storage modulus. Storage modulus of sample including 0.1 and 0.5% basil seed gum was maximum at all of frequency rates and was minimum at sample free from basil seed gum. Loss modulus of this sample was the lowest value among all samples.

**Key words:** Albumin, Rheology, Viscosity, Hysteresis

---

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