

## بهبود ویژگی‌های ژلی آلومین سفیده تخم مرغ با افزودن صمغ دانه ریحان

سعید میرعرب رضی<sup>۱</sup>، علی معتمد زادگان\*<sup>۲</sup>، سید احمد شهیدی<sup>۳</sup> و علی رشیدی نژاد<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۹۶/۵/۲۲ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۰/۱۲

<sup>۱</sup> دانش آموخته دکتری، تکنولوژی علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

<sup>۲</sup> دانشیار گروه تکنولوژی علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

<sup>۳</sup> دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد آیت‌الله آملی آمل

<sup>۴</sup> استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه مسی، نیوزلند

\*مسئول مکاتبه: Email: amotgan@yahoo.com

### چکیده

**زمینه مطالعاتی:** ژل یک شبکه پلیمری سه بعدی با رطوبت بالا است که در مقابل فشار، مقاومت به جریان دارد. هدف: هدف از این پژوهش تهیه ژل‌های بیوپلیمری بر پایه آلومین و صمغ دانه ریحان با خواص فیزیکی و رئولوژیکی مطلوب می باشد. روش کار: در این پژوهش تاثیر مقادیر مختلف صمغ دانه ریحان (۰، ۰/۰۵، ۰/۱، ۰/۳ و ۰/۵) بر خصوصیات فیزیکی و بافت ژل حاصل از آلومین تخم مرغ (دمای °C ۸۵) بررسی و تاثیر دما (افزایش دما از ۵ به °C ۹۰ و سپس کاهش دما از ۹۰ به °C ۵) نیز بر خصوصیات رئولوژیکی ژل حاصله بررسی شد. **نتایج:** نتایج نشان داد که ظرفیت نگهداری آب ژل‌های تولیدی با افزایش غلظت صمغ دانه ریحان به صورت معنی داری افزایش یافت ( $p < 0/05$ ). بررسی ویژگی‌های بافتی نشان داد که سختی ژل‌های تولیدی در نمونه حاوی ۰/۳ صمغ ریحان به صورت معنی داری بیشتر از سایر تیمارها بود ( $p < 0/05$ ). طبق نتایج بدست آمده با افزایش غلظت صمغ دانه ریحان در نمونه‌های ژل، پارامتر  $L^*$  کاهش پیدا کرد. نتایج آزمون کرنش متغیر نشان داد که ناحیه خطی ویسکوالاستیک در حدود کرنش ۰/۱٪ بود. بر اساس این نتایج، با افزایش غلظت صمغ دانه ریحان از ۰ به ۰/۳٪ مقدار مدول‌های الاستیک و ویسکوز افزایش یافتند. علاوه بر این، مدول الاستیک در تمامی غلظت‌ها بزرگتر از مدول ویسکوز بود. در تمامی غلظت‌های مورد بررسی، در مرحله گرم کردن ژل از ۵ به °C ۹۰ مقدار مدول الاستیک به طور ملایمی کاهش یافت و با شروع مرحله سرد کردن ابتدا ثابت و سپس با شیب تندی افزایش یافت. **نتیجه گیری نهایی:** با توجه به نتایج بدست آمده نمونه حاوی ۰/۳ درصد صمغ ریحان به عنوان بهترین نمونه انتخاب گردید.

**واژگان کلیدی:** آلومین تخم‌مرغ، صمغ دانه ریحان، ژل، ویژگی‌های فیزیکی، ویژگی‌های رئولوژیکی

### مقدمه

ویسکوز را هم نشان می‌دهد به طوریکه مدول ذخیره<sup>۱</sup> (الاستیک) آن بالاتر از مدول افت<sup>۱</sup> (ویسکوز) است

ژل رفتار بینابینی یک ماده جامد و مایع را دارد که علاوه بر نشان دادن خصوصیات الاستیک، خصوصیات

<sup>1</sup> Storage Modulus

پریکارپ بیرونی متورم شده و به یک ماده ژلاتین ماندنی تبدیل می‌شود (آزوما و ساکاموتو ۲۰۰۳). تحقیقات نشان داده‌اند که پلی ساکارید استخراج شده از دانه ریحان شامل دو بخش اصلی گلوکومانان (۲۳ درصد) با اتصالات عرضی (۲→۱)، گزیلان (۲۲/۲۲ درصد) و همچنین دارای بخش کوچکی از گلوکان (۳۱/۲ درصد) می‌باشد. علاوه بر این حضور آرابینو گالاکتان بسیار منشعب همراه با گلوکومانان و گزیلان گزارش شده است (میرعرب و معتمدزادگان ۱۳۹۵). رافع و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که صمغ دانه ریحان دارای خصوصیات تشکیل ژل حرارتی غیر قابل بازگشت و همچنین میزان بالای هیسترسیس<sup>۳</sup> می‌باشد. رافع و همکاران (۲۰۱۲ و ۲۰۱۳) گزارش کردند که برهمکنش پروتئین‌های شیر و صمغ دانه ریحان اثر سینرژستی روی سیستم ژل دارد.

هدف از انجام این پژوهش بررسی تاثیر مقادیر مختلف صمغ دانه ریحان بر ویژگی‌های فیزیکی و بافتی ژل حاصل از پروتئین آلبومین تخم مرغ بود. همچنین تاثیر گرم کردن و سرد کردن ژل بر خصوصیات رئولوژیکی آن نیز بررسی شد.

### مواد و روش‌ها

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 (از شرکت رامان طب، گرگان، ایران) خریداری شد.

### استخراج صمغ دانه ریحان

برای استخراج صمغ دانه ریحان از روش حسینی پرور و همکاران (۲۰۱۰) (دمای °C ۷۰، pH ۸، زمان خیساندن ۲۰ دقیقه و نسبت آب به دانه ۱:۶۵ (وزنی/حجمی)) استفاده شد. در مرحله اول استخراج، دانه‌ها در نصف مقدار آب دیونیزه لازم خیسانده و به مدت ۲۰ دقیقه تا

(بنرجی و بتنچریا ۲۰۱۲). چندین ترکیب ژل کننده برای ایجاد ژل‌های غذایی استفاده می‌شوند تا خصوصیات بافتی مطلوبی را ایجاد کنند. عامل ژل کننده که در این محصولات استفاده می‌شود هیدروکلوئیدهای غذایی هستند (بنرجی و بتنچریا ۲۰۱۲). بسیاری از پلی ساکاریدهای ایجاد کننده ژل، هتروپلی ساکارید هستند و ماهیت هیدروکلوئیدی دارند. برخی پروتئین‌ها نیز به منظور ایجاد ژل استفاده می‌شوند (ویلیامز و فیلیپس ۲۰۰۰). تشکیل ژل توسط پروتئین نیازمند یک عامل محرک برای باز کردن ساختار پروتئین می‌باشد که پس از فرآیند تجمع، یک شبکه سه بعدی منظم از اجتماعات یا رشته‌های مولکولی ایجاد می‌کند که دارای اتصالات عرضی غیر کووالانسی و یا به ندرت با پیوندهای کووالانسی می‌باشند (توتوسائوسر و همکاران ۲۰۰۲). 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 (سرابی اقدم ۱۳۹۲). تشکیل کمپلکس‌ها از طریق برهمکنش‌های کووالانسی و الکترواستاتیکی موضوع مورد مطالعه بسیاری از محققین بوده است که دلیل آن عملکرد بالقوه مناسب‌تر نظیر رئولوژی، ایجاد ژل و خصوصیات بین سطحی ترکیبات در مقایسه با پروتئین و پلی ساکارید به تنهایی می‌باشد. کمپلکس پروتئین-پلی ساکارید می‌تواند به عنوان عوامل ایجاد کننده بافت، عوامل ریز پوشینه کننده، جایگزین چربی، پایدار کننده امولسیون‌ها و سیستم‌های پراکنده دیگر کاربرد داشته باشند (گاه و همکاران ۲۰۰۹).

صمغ دانه ریحان از جمله هیدروکلوئیدهای بومی ایران می‌باشد که می‌توان از آن در اکثر فرمولاسیون‌های غذایی استفاده نمود. وقتی که دانه ریحان در آب خیسانده می‌شود به دلیل وجود مواد پلی ساکاریدی،

<sup>1</sup> Loss Modulus

<sup>2</sup> Ocimum basilicum

<sup>3</sup> Hysteresis

### تعیین ظرفیت نگهداری آب (WHC)

ژل‌های تولیدی (در لوله ۱۵ میلی لیتری) به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفوژ (دور ۶۰۰۰ RPM) شدند و سپس وزن مایع خروجی اندازه گیری و توسط فرمول ذیل ظرفیت نگهداری آب محاسبه شد (سینگه و ونشویی ۲۰۱۰):

$$\text{ظرفیت نگهداری آب} = \frac{\text{وزن جامد باقی مانده}}{\text{وزن اولیه}} \times 100$$

### رنگ

برای آنالیز رنگ از اتاقت پردازش تصویر آزمایشگاه مجهز به دوربین و با نورپردازی مناسب استفاده شد و رنگ ژل بر اساس پارامترهای  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  گزارش شد. پارامترهای رنگی بر اساس تصاویر گرفته شده از نمونه‌های ژل و با استفاده از نرم افزار ایمیج ج<sup>۲</sup> محاسبه گردید (ضامنی و همکاران ۲۰۱۵).

### آزمون‌های رئولوژیکی

آزمون‌های رئولوژیکی 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 به کار رفت. آزمون روبش کرنش (در فرکانس ثابت ۱ هرتز، دمای ۲۰ °C و کرنش ۰/۰۱-۱۰۰ درصد) برای تعیین ناحیه خطی نمونه‌ها انجام شد. آزمون دما متغیر با افزایش دما از ۵ تا ۹۰ °C با سرعت ۱ °C/min و سپس کاهش دما با همان سرعت به ۵ °C در فرکانس ثابت ۱ هرتز انجام شد (رافع و همکاران ۲۰۱۳).

### تعیین ویژگی‌های بافتی

جهت بررسی ویژگی‌های بافتی از آزمون TPA توسط دستگاه بافت سنج (Brookfield-TA10-CT3) استفاده شد. بدین منظور از پروب استوانه ای با قطر ۱۲/۱ میلی متر استفاده شد. سرعت حرکت پروب ۶۰ میلی متر بر دقیقه بود (سرابی اقدام ۱۳۹۲).

متورم شدن کامل در بن ماری (Memmert, Germany, (WB 14) °C ۷۰ (همراه با همزدن در فواصل کوتاه) قرار داده شدند. پس از جذب آب توسط دانه‌های ریحان، بخش پلی ساکاریدی آن قادر به جداسازی می-باشد. لذا جداسازی صمغ از دانه‌های متورم به وسیله عبور دانه‌ها از دستگاه آبمیوه گیری (Pars Khazar, Rasht, Iran, 700P) انجام گرفت. صمغ جداسازی شده در این مرحله جمع آوری و مابقی صمغ چسبیده به دانه‌ها با غوطه ور کردن دانه‌ها در نصف آب باقی مانده و عبور دادن از آب میوه گیری جدا شد (بخشی از صمغ که در مرحله اول جدا نشده بود در این بخش استخراج گردید). 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 ناخالصی‌های موجود در آن کاملاً صاف شوند. سپس در ظروف یک بار مصرف با حجم مشخصی ریخته شده، منجمد شد و توسط خشک کن انجمادی (FDU, Operon, South Korea, 8624) خشک شد.

### تهیه ژل

تمامی فرمول‌ها بر اساس غلظت پروتئین آلبومین تخم مرغ ۴ درصد (که توانایی تشکیل ژل دارد) و غلظت‌های مختلف صمغ دانه ریحان (۰، ۰/۰۵، ۰/۱، ۰/۳ درصد) تنظیم شد. همه تیمارها به مدت ۳۰ ثانیه با سرعت متوسط همزن، همزده و همگن شدند. سپس مخلوط صمغ-پروتئین در بشر ریخته شده و سر آن با فویل آلومینیومی پوشیده شد و در حمام آب (دمای ۸۵ °C) برای ۳۰ دقیقه حرارت داده شد. بعد از حرارت دادن ژل‌های تشکیل شده در ظرف آب و یخ خنک و در دمای ۴-۲ °C برای ۱۲ ساعت قبل از آزمون نگهداری شدند (سرابی اقدام ۱۳۹۲).

<sup>1</sup> Water Holding Capacity

<sup>2</sup> Image J

### طرح آماری

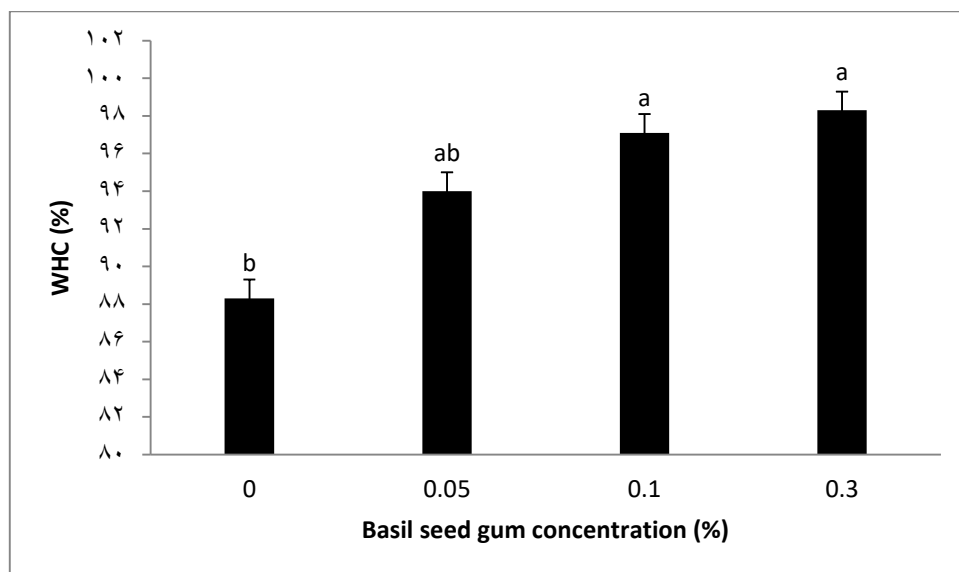
در این پژوهش از طرح آماری کاملاً تصادفی با ۳ تکرار استفاده شد. برای رسم منحنی‌ها از نرم افزار اکسل ۲۰۰۷ استفاده شد. مقایسه میانگین توسط آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد با نرم افزار SPSS (Version 16, IBM, Armonk, NY, USA) انجام گرفت. برای آنالیز داده‌های رئولوژیکی از نرم افزار رئوپلاس (نسخه ۳/۴) استفاده گردید.

### بحث و نتیجه گیری

#### ظرفیت نگهداری آب

ظرفیت نگهداری آب (WHC) ژل‌های تولیدی در دمای °C ۸۵ در شکل ۱ گزارش شده است. طبق نتایج بدست آمده ظرفیت نگهداری آب با افزایش میزان صمغ دانه

ریحان افزایش یافت. کمترین میزان ظرفیت نگهداری آب مربوط به ژل فاقد صمغ دانه ریحان بود (۸۷ درصد) و بیشترین ظرفیت نگهداری آب مربوط به نمونه های حاوی ۰/۱ و ۰/۳ درصد صمغ دانه ریحان بود ( $p < 0.05$ ). احتمالاً به دلیل وجود ترکیبات هیدروفیل (صمغ دانه ریحان) که توانایی بالایی در اتصال به مولکول‌های آب دارند، میزان اتصال به مولکول‌های آب آزاد افزایش و خروج آب نسبت به نمونه فاقد صمغ کاهش پیدا کرد. وربکن و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که افزودن صمغ کاراگینان سبب افزایش ظرفیت نگهداری آب و مقاومت ژل حاصل از پروتئین‌های گوشت شد. سیانگ و همکاران (۱۹۹۳) گزارش کردند که صمغ زانتان و آلژینات ظرفیت نگهداری آب پروتئین‌های محلول در نمک مرغ را بهبود دادند.



شکل ۱- تاثیر غلظت‌های مختلف صمغ دانه ریحان بر ظرفیت نگهداری آب ژل‌های آلبومین سفیده تخم مرغ

Fig 1- Effect of basil seed gum (BSG) concentration on water holding capacity (WHC) of egg white albumin (EWA) gels

ثابت °C ۲۰ و فرکانس ۱ هرتز در تمامی غلظت‌ها انجام پذیرفت. ناحیه خطی ویسکوالاستیک ناحیه ای است که هر سه مقدار مدول الاستیک، ویسکوز و زاویه فازی ثابت باشند. این داده‌ها مقدار کرنش خطی صمغ دانه ریحان را ۰/۱٪ تعیین کردند. با افزایش بیشتر کرنش، مدول‌های الاستیک و ویسکوز نقطه تلاقی دارند که این

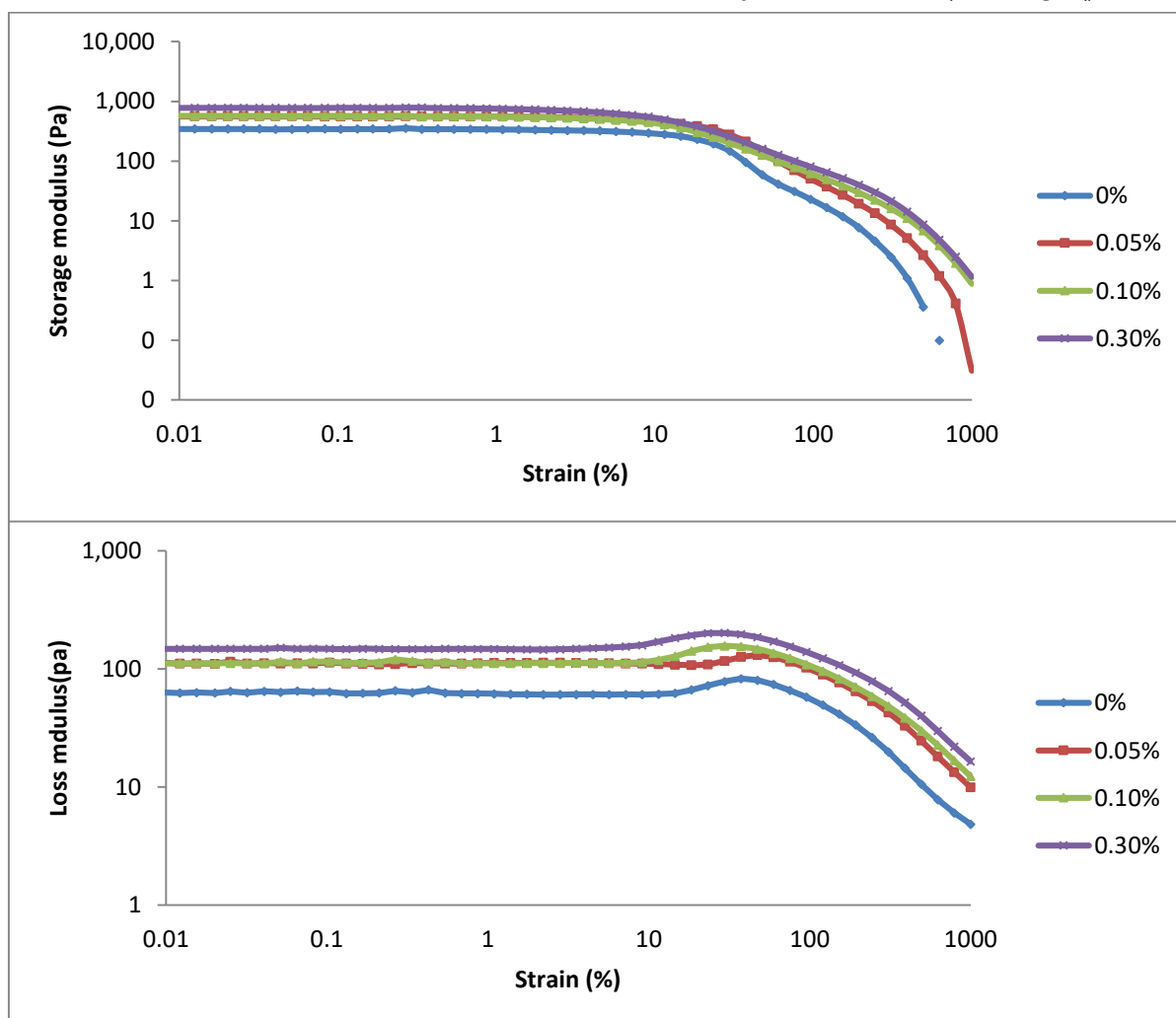
#### ویژگی‌های رئولوژیکی

به منظور تعیین ناحیه خطی ویسکوالاستیک (LVR)، آزمون دامنه نوسانی در حالت کرنش متغیر در دمای

<sup>1</sup> Linear viscoelastic region

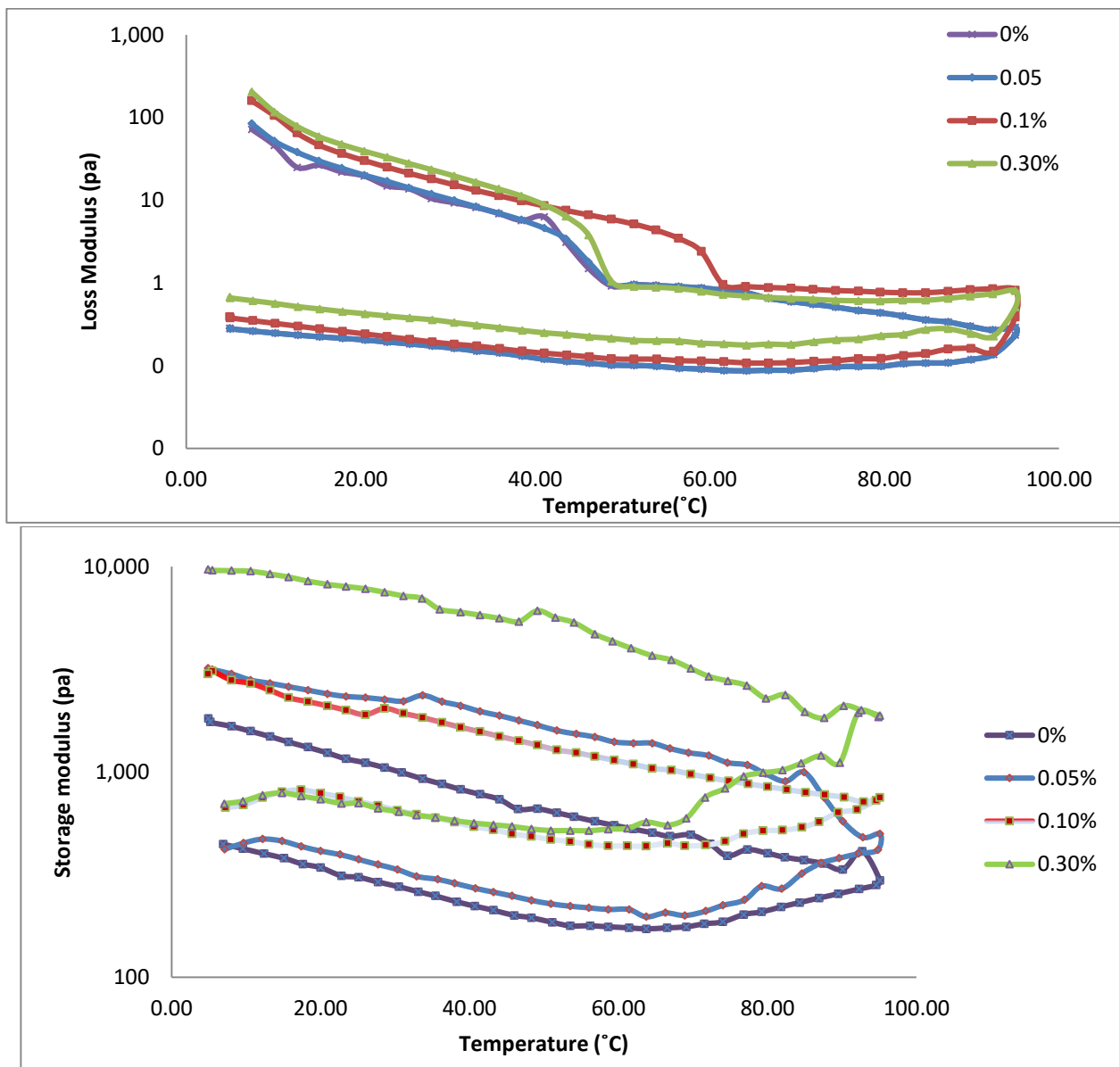
الاستیک و ویسکوز افزایش یافتند. علاوه بر این، مدول الاستیک در تمامی غلظت‌ها بزرگتر از مدول ویسکوز بود و با افزایش غلظت، هر دو مدول افزایش یافتند. مقادیر  $G'_{LVE}$  و  $G''_{LVE}$  که به ترتیب بیانگر مقدار مدول الاستیک و ویسکوز در ناحیه خطی ویسکو الاستیک است در نمونه‌های حاوی مقادیر بیشتر صمغ ریحان، بالاتر بود. مقدار مدول الاستیک در ناحیه خطی بیانگر پایداری ساختاری نمونه‌ها است (بهروزیان و همکاران ۲۰۱۷) و طبق نتایج به دست آمده با افزایش غلظت صمغ، مقاومت ساختاری ژل افزایش یافت.

نقطه تلاقی شاخص مناسبی برای تعیین نقطه تسلیم می‌باشد (کنودسن و همکاران ۲۰۰۶). علی‌رغم استفاده از این منحنی‌ها برای تعیین ناحیه خطی می‌توان از آنها برای تمایز بین ژل‌های قوی و ضعیف نیز استفاده کرد. ژل‌های قوی نسبت به ژل‌های ضعیف، محدوده خطی وسیع‌تری در دامنه کرنش مورد مطالعه دارند (استف ۱۹۹۶). به عبارت دیگر، ژل‌های قوی تا مقدار کرنش بالایی رفتار ویسکو الاستیک خطی دارند. معمولاً ناحیه خطی بسیاری از مواد غذایی در محدوده کرنش ۰/۱-۲٪ قرار می‌گیرد (هلدمن و لاند ۲۰۰۷). طبق نتایج گزارش شده در شکل ۲ با افزایش غلظت صمغ دانه ریحان از ۰ به ۰/۳٪ مقدار مدول‌های



شکل ۲- آزمون دامنه نوسانی ژل آلبومین حاوی مقادیر مختلف صمغ دانه ریحان

Fig 2- Amplitude sweep test of egg white albumin (EWA) gels containing different amount of basil seed gum (BSG)



شکل ۳- تغییرات مدول الاستیک ژل‌های آلبومین حاوی غلظت‌های مختلف صمغ دانه ریحان طی مراحل گرم کردن و سرد کردن

Fig 3- Changes in storage modulus of albumin gels containing different amount of basil seed gum (BSG) during heating and cooling phases

طی حرارت دهی کاهش و سپس در دمای حدود  $80^{\circ}\text{C}$  افزایش یافت. طی سرد کردن نیز این مدول افزایش یافت. بنظر می‌رسد این افزایش مقدار مدول الاستیک ناشی از برقراری پیوندهای هیدروژنی جدید بین مولکول‌های صمغ و پروتئین می‌باشد که نشان می‌دهد با انجام فرآیند سرد کردن ژل حاصل شده از استحکام بیشتری برخوردار است. در مرحله سرد کردن مدول الاستیک با کاهش دما افزایش یافت که این نتیجه با

اثر دما روی مدول الاستیک ژل‌های مخلوط صمغ دانه ریحان-آلبومین در نسبت‌های مختلف در شکل ۳ نشان داده شده است. با ملاحظه شکل می‌توان دریافت که در تمامی غلظت‌های مورد بررسی در مرحله گرم کردن صمغ از  $5^{\circ}\text{C}$  به  $90^{\circ}\text{C}$  مقدار مدول ویسکوز به طور ملایمی کاهش یافته است و سپس با شروع مرحله سرد کردن ابتدا کمی ثابت و سپس با شیب تندی افزایش یافت. مقدار مدول الاستیک نیز طی حرارت دهی ابتدا

الاستیک در نمونه حاوی ۰/۳٪ صمغ دانه ریحان (۹۸۰۰ پاسکال) به صورت معنی داری بیشتر از سایر نمونه ها بود ( $p < 0.05$ ). کمترین مقدار مدول الاستیک مربوط به نمونه شاهد (فاقد صمغ) بود (۱۸۲۰ پاسکال). مدول ویسکوز نیز روندی مشابه داشت و در نمونه حاوی ۰/۳٪ صمغ دانه ریحان به صورت معنی داری بیشتر از سایر نمونه ها بود. مقادیر بالاتر مدول الاستیک در غلظت‌های بالاتر صمغ می‌تواند به دلیل قرار گیری زنجیره‌های پلی‌ساکاریدی در شبکه فازی پیوسته پروتئینی باشد که به‌عنوان یک پرکننده عمل می‌کند.

نتایج اولد ایلا و ترگون (۲۰۰۶) مطابقت دارد و نشان می‌دهد استحکام ژل با سرد کردن بهبود می‌یابد. این پدیده به کاهش آنتروپی نسبت داده می‌شود که نیروهای جاذبه (پیوندهای هیدروژنی و نیروهای واندروالسی) بین ذرات پروتئین در ساختمان ژل را محکم می‌نماید. رافع و همکاران (۱۳۹۱) گزارش کردند که تشکیل ژل صمغ دانه ریحان طی سرد کردن با افزایش شدید در مقدار مدول الاستیک رخ می‌دهد و سپس با افزایش آهسته‌تر آن در دماهای پایین همراه می‌شود. مقایسه میانگین داده‌های ژل پس از حرارت دهی و خنک کردن ژل (جدول ۱) نشان داد که مدول

جدول ۱- تاثیر صمغ دانه ریحان بر مدول‌های الاستیک و ویسکوز ژل‌های تولیدی پس از حرارت دهی و خنک کردن

Table 1- Effect of basil seed gum (BSG) concentration on storage and loss modulus of gels after heating and cooling

Basil seed gum (%)	Loss modulus (Pa)	Storage modulus (Pa)
0	72±9.8 <sup>c</sup>	1820±28 <sup>c</sup>
0.05	85±7 <sup>c</sup>	3200±169 <sup>b</sup>
0.1	160±14 <sup>b</sup>	3000±141 <sup>b</sup>
0.3	205±21 <sup>a</sup>	9800±282 <sup>a</sup>

## رنگ

مدل رنگی هانتر ل\* شامل شاخص روشنایی (مقدار  $L^*$  که دامنه ای از صفر تا صد دارد)، شاخص  $a^*$  (دارای طیف رنگی سبز تا قرمز) و شاخص  $b^*$  (دارای طیف رنگی آبی تا زرد) می‌باشد. رنگ نمونه‌های ژل بر اساس پارامترهای  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  در جدول ۲ گزارش شد. طبق نتایج بدست آمده با افزایش میزان صمغ دانه ریحان در نمونه‌های ژل پارامتر  $L^*$  کاهش پیدا کرد. بیشترین میزان روشنایی مربوط به نمونه ژلی بود که فاقد صمغ دانه ریحان بود و کمترین روشنایی مربوط به نمونه حاوی ۰/۳٪ صمغ دانه ریحان بود. میزان  $a^*$  هر چند در نمونه‌های حاوی ۰/۰۵ و ۰/۱ درصد صمغ مقادیر منفی (سبزی بیشتر) داشت اما افزایش میزان صمغ دانه ریحان تاثیر منفی داری بر این پارامتر نداشت.  $b^*$  با افزایش میزان صمغ دانه ریحان به

صورت معنی داری افزایش یافت. شکل و اندازه ذرات، میزان همگن بودن و نوع ساختار (در مورد مایعات، بیشتر میزان قوام) از عوامل مؤثر بر رنگ محصول محسوب می‌شوند (یانس و همکاران ۲۰۰۲). محلول‌های صمغ دانه ریحان معمولاً دارای طیف وسیعی از اندازه‌های مختلف ذرات می‌باشند و هر طیف از ذرات امواج نور را به صورت متفاوت پراکنده می‌کنند (مک کلمنت ۲۰۰۲). به طور کلی صمغ ریحان در غلظت‌های بالاتر کدورت بالاتری دارند که سبب پراکنش بیشتر نور و در نتیجه کدورت بیشتر می‌شوند. این صمغ در غلظت‌های پایین به صورت شفاف و در غلظت‌های بالا کدر می‌باشد.

جدول ۲- تاثیر مقادیر مختلف صمغ دانه ریحان بر پارامترهای رنگی ژل

Table 2- Effect of basil seed gum (BSG) concentration on gel color parameters

Basil seed gum(%)	b*	a*	L*
0	11.6±1.1 <sup>b</sup>	0.06±2 <sup>a</sup>	79±0.25 <sup>a</sup>
0.05	12.2±1.3 <sup>b</sup>	-2.8±-0.43 <sup>a</sup>	76.5±0.65 <sup>b</sup>
0.1	11.5±0.14 <sup>b</sup>	-3.75±0.89 <sup>a</sup>	75.9±0.59 <sup>b</sup>
0.3	19.32±0.2 <sup>a</sup>	1.65±0.26 <sup>a</sup>	74.3±0.13 <sup>c</sup>

## پارامترهای بافتی

نتایج حاصل از ارزیابی بافت نمونه‌های ژل در جدول ۳ نشان داده شده است. سفتی مقاومت ماده غذایی نسبت به اعمال نیروی فشاری به کارگرفته شده است. سفتی عموماً برای بیان قدرت شبکه ژل اندازه گیری می‌شود و بسته به نوع سیستم غذایی می‌تواند یک پارامتر بسیار مهم باشد ( فیزمن و داماسیو ۲۰۰۰). طبق نتایج گزارش شده در جدول ۳ با افزایش غلظت صمغ دانه ریحان سختی به صورت معنی داری افزایش یافت ( $p < 0.05$ ). سختی نمونه ها بین ۲۵ تا ۶۲ گرم بود. تاثیر غلظت صمغ دانه ریحان بر پیوستگی ژل معنی دار نبود. هوانگ و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که سختی ژل نشاسته برنج با افزودن پلی‌ساکاریدهایی نظیر ژلان، کاراگینان و گالاکتومانان بهبود یافت. با افزایش غلظت صمغ ریحان، ماکرومولکول‌ها به هم نزدیکتر شده و

تجمع افزایش می‌یابد که سبب بهبود ساختار ژل‌های تولیدی می‌شود (سو و همکاران ۲۰۱۵). به طور کلی در نتیجه حرارت دادن، مولکول‌های پروتئینی به صورت جزئی باز شده و بخش‌های آب‌گریز به سطح می‌آیند. بعد از دناتوره شدن پروتئین، تجمع رخ می‌دهد و ژل تشکیل می‌شود (ویجرز و همکاران ۲۰۰۲). صمغ ریحان می‌تواند سبب تغییر در تجمع‌های پروتئین و در نتیجه تولید ژل با ساختار متفاوت گردد. حسینی پرور و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند که افزودن صمغ ریحان سبب بهبود سختی پنیر شد اما تغییر معنی‌داری در پیوستگی آن ایجاد نکرد. این محققین گزارش کردند که زنجیره‌های صمغ ریحان می‌تواند شبکه ای در ماتریس پروتئینی غذا ایجاد کند که سبب بهبود ساختار آن می‌شود.

جدول ۳- تاثیر مقادیر مختلف صمغ دانه ریحان بر پارامترهای بافتی ژل های حاصل از پروتئین آلبومین تخم مرغ

Table 3- Effect of basil seed gum (BSG) concentration on textural parameters of egg white albumin gels

Basil seed gum (%)	Cohesiveness	Hardness (N)
0	0.39±0.19 <sup>a</sup>	25±7 <sup>a</sup>
0.05	0.45±0.02 <sup>a</sup>	31.5±4.9 <sup>a</sup>
0.1	0.41±0.02 <sup>a</sup>	32.5±4.9 <sup>a</sup>
0.3	0.43±0.12 <sup>a</sup>	62±7 <sup>a</sup>

## نتیجه گیری

هیدروکلوئیدها نقش مهمی در فرایندهای غذایی برای بهبود بافت و کیفیت حسی محصولات غذایی ایفا می‌کنند، از این رو بررسی پایداری و خصوصیات رئولوژیکی و بافتی هیدروکلوئیدها اهمیت ویژه ای دارد. صمغ دانه ریحان به عنوان یک منبع جدید هیدروکلوئیدی خصوصیات عملکردی مطلوبی دارد. در این پژوهش تاثیر مقادیر مختلف صمغ دانه ریحان بر

خصوصیات ژل حاصل از آلبومین سفیده تخم مرغ که در دمای ۸۵ °C تشکیل شده بود، بررسی شد. نتایج نشان داد که بیشترین ظرفیت نگهداری آب مربوط به نمونه ژلی بود که بیشترین میزان صمغ دانه ریحان را دارا بود (۳/۰٪). نتایج آزمون کرنش متغیر نشان داد که ناحیه خطی در حدود کرنش ۱/۰٪ بود. علاوه بر این، مدول الاستیک در تمامی غلظت‌ها بزرگتر از مدول ویسکوز بود و با افزایش غلظت، هر دو مدول افزایش



یافتند. همچنین آزمون دما متغیر نشان داد که با سرد کردن ژل مدول الاستیک آن افزایش و در نتیجه استحکام آن بهبود یافت. میزان روشنایی ژل با افزایش صمغ دانه ریحان کاهش یافت. نتایج آزمون بافت سنجی نشان داد که صمغ دانه ریحان تاثیر معنی داری بر سختی ژل داشت.

#### منابع مورد استفاده

- رافع ع، ۱۳۹۱. خصوصیات رئولوژیکی، حرارتی و ساختاری مخلوط بتالاکتوگلوبولین-صمغ دانه ریحان در سسیستم مدل. پایان نامه دکتری، دانشکده ی صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد.
- میرعرب س و معتمدزادگان ع، ۱۳۹۵. بررسی ویژگیهای رئولوژیکی مخلوط صمغ دانه ریحان با صمغهای گوار و ثعلب. نشریه پژوهشهای صنایع غذایی، جلد ۲۶ شماره ۴، صفحه های ۶۲۵-۶۱۵.
- سرابی اقدم، ۱۳۹۲. مطالعه اثر صمغ دانه ریحان بر رئولوژی و ساختار دیسپرسون و ژلهای حاصل از پروتئینهای شیر. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی زراعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.
- Afshar Nik A, Raftani Amiri Z, and Hosseini-Parvar S, 2011. The effect of basil seed gum as a fat replacer on physico-chemical, microstructural and sensory properties of low-fat set yoghurt. *Electronic Journal of Food Preservation & Processing (EJFPP)*; 3(2):2.
- Azoma J, and Sakamoto M, 2003. Cellulosic hydrocolloid system present in seed of plants. *Trends in Glycoscience and Glycotechnology* 15: 1-14.
- Banerjee S, and Bhattacharya S, 2012. Food Gels: Gelling Process and New Applications, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 52:4 334-346.
- Behrouzian F, Razavi S, and Alghooneh A, 2017. Evaluation of interactions of biopolymers using dynamic rheological measurements: Effect of temperature and blend ratios. *Journal of Applied Polymer Science* 134:5 1-13.
- Fizzman SM and Damasio MH, 2000. Instrumental measurement of adhesiveness in solid and semisolid foods. A Survey. *Journal of Texture Studies* 31:1 69-91.
- Goh KKT, Sarkar A, and Singh H, 2009. Milk protein polysaccharide interactions. Pp. 347-376. In: Thompson A, Boland M, and Singh H (Eds.), *Milk Proteins from Expression to Food*. New Zealand, Amsterdam: MasseyUniversity
- Heldman DR, and Lund DB, 2007. *Hand book of food engineering*. CRC press.
- Hosseini-Parvar SH, Matia-Merino L, Goh KKT, Razavi SMA, and Mortazavi SA, 2010. Steady shear flow behavior of gum extracted from *Ocimum basilicum* L. seed: Effect of concentration and temperature. *Journal of Food Engineering* 101:3 236-243.
- Hosseini-Parvar, SH, Matia-Merino L, and Golding M, 2015. Effect of basil seed gum (BSG) on textural, rheological and microstructural properties of model processed cheese. *Food hydrocolloids* 43: 557-567.
- Huang M, Kennedy J, Li B, Xu X, and Xie B, 2007. Characters of rice starch gel modified by gellan, carrageenan, and glucomannan: A texture profile analysis study. *Carbohydrate Polymers* 69:3 411-418.
- Knudsen JC, Karlsson AO, Ipsen R, and Skibsted LH, 2006. Rheology of stirred acidified skim milk gels with different particle interactions. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* 274: 56-61.
- McClements D J, 2002. Theoretical prediction of emulsion color. *Advances in Colloid and Interface Science* 97: 63-89.
- Naji-Tabasi S, and Razavi SMA, 2017. Functional properties and applications of basil seed gum: An overview. *Food Hydrocolloids* 73:313-25.
- Ould Eleya MM, and Gunasekaran S, 2006. Gelation of whey protein and xanthan mixture: Effect of heating rate on rheological properties. *Food Hydrocolloids* 20: 678-686.

- Rafe A, Razavi SMA, and Farhoosh R, 2013. Rheology and microstructure of basil seed gum and  $\beta$ -lactoglobulin mixed gels. *Food Hydrocolloids* 30:1 134-142.
- Rafe A, Razavi SM, and 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.
- Steffe JF, 1996. *Rheological methods in food process engineering*. 2nd edition, pp. 324-336. Freeman press, USA.
- Razi SM, Motamedzadegan A, Shahidi A, and Rashidinejad A, 2018a. The effect of basil seed gum (BSG) on the rheological and physicochemical properties of heat-induced egg albumin gels. *Food Hydrocolloids* 82; 268-277.
- Razi SM, Motamedzadegan A, Shahidi A, and Rashidinejad A, 2018b. Study on the effect of Basil seed gum on rheological properties of egg white albumins gel JFST No. 77, Vol. 15; 271-278.
- Razi SM, Motamedzadegan A, Matia-Merino L, Shahidi S-A, and Rashidinejad A, 2019a. The effect of pH and high-pressure processing (HPP) on the rheological properties of egg white albumin and basil seed gum mixtures. *Food Hydrocolloids* 94:399-410.
- Razi SM, Motamedzadegan A, Shahidi S-A, and Rashidinejad A, 2019b. Physical and Rheological Properties of Egg Albumin Foams Are Affected by Ionic Strength and Basil Seed Gum Supplementation. *International Journal of Chemical Engineering*. 2019.
- Su Y, Dong Y, Niu F, Wang C, Liu Y, and Yang Y, 2015. Study on the gel properties and secondary structure of soybean protein isolate/egg white composite gels. *European Food Research and Technology* 240:2 367-378.
- Totosaus A, Montejano JG, Salazar JA, and Guerrero I, 2002. A review of physical and chemical protein-gel induction. *International Journal of Food Science and Technology* 37: 589-601.
- Verbeken D, Neirinck N, Van Der Meeren P, and Dewettinck K, 2005. Influence of  $\kappa$ -carrageenan on the thermal gelation of salt-soluble meat proteins. *Meat Science* 70:1 161-166.
- Weijers M, Sagis L, Veerman C, Sperber B, and Van Der Linden E, 2002. Rheology and structure of ovalbumin gels at low pH and low ionic strength. *Food Hydrocolloids* 16:3 269-276.
- Williams PA, and Philips GO, 2000. Introduction to food hydrocolloids. Pp.164-167. In: *Handbook of Hydrocolloids*.
- Xiong YL, and Blanchard SP, 1993. Viscoelastic properties of myofibrillar protein-polysaccharide composite gels. *Journal of Food Science* 58:1 164-167.
- Yanes M, Duran L, and Costell E, 2002. Effect of hydrocolloid type and concentration on flow behavior and sensory properties of milk beverages model systems. *Food Hydrocolloids* 16:6 605-611.
- Zameni A, Kashaninejad M, Aalami M, and Salehi F, 2015. Effect of thermal and freezing treatments on rheological, textural and color properties of basil seed gum. *Journal of Food Science and Technology* 52:9 5914-5921.

## **Basil seed gum improves the gelling properties of egg white albumin under various temperature conditions**

**S Mirarab Razi<sup>1</sup>, A Motamedzadegan<sup>2\*</sup>, SA Shahidi<sup>3</sup> and A Rashidinejad<sup>4</sup>**

Received: August 13, 2017

Accepted: January 2, 2019

<sup>1</sup>PhD graduated, Department of Food Science and Technology, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

<sup>2</sup>Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

<sup>3</sup>Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Islamic Azad University, Ayatollah Amoli International Branch, Amol, Iran

<sup>4</sup>Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Massey University, New Zealand

\*Corresponding author: Email: amotgan@yahoo.com

**Introduction:** Proteins and polysaccharides are well-known ingredients in food products which can interact with each other and alter the food properties. The interactions between proteins and polysaccharides depend on different parameters such as biopolymer type, pH, temperature, polysaccharide type, concentration of both protein and polysaccharide, and the concentration of cations present in the solution. Different conditions can have significant effects on the formation of such complexes or the associated thermodynamic incompatibilities (Rafe et al., 2012). Repulsive or attractive interactions can occur between proteins and polysaccharides and this interaction play an important role on various properties of the formed complexes (Razi et al., 2019a). The complex of protein and polysaccharide has various applications in different food systems such as emulsions, foams, and gels. When protein and polysaccharide mixtures are heated, the heat-induced gel can form, in which rheological and physical properties of gel samples are dependent on temperature, pH, ionic strength, biopolymer components, and polymer concentration (Rafe et al., 2012). Gel is a three-dimensional network with high humidity that resists to flow. Strong gels can be used in some of food products or delivery of active compounds in functional foods (Razi et al., 2018a). Egg white albumin (EWA) is one of the best ingredients for gel formation. A three-dimensional network can form during heat-induced gelation of EWA which can hold water at optimum conditions (Razi et al., 2018a). EWA has more than 40 different proteins, where ovalbumin contributes to about 54% w/w.

The EWA gel properties can be improved with the addition of polysaccharides like basil seed gum (BSG) (Razi et al., 2018b). BSG is one of the newest polysaccharides that have recently been used in the food products for its different functionalities such as surface activity, emulsifying, stabilizing, foaming, thickening, and gelling properties (NajiTabasi and Razavi, 2017). Afsharnik et al. (2011) found that BSG chains was able to form a web network inside the protein matrix of milk proteins and reduce the amount of syneresis leading to an increase in the strength of a low-fat set yoghurt. This biopolymer can affect the functional properties of EWA by influencing upon the structure of food products (Razi et al., 2019a). Thus, the aim of the current study was to investigate the effect of different concentrations of BSG on the gelling properties of EWA. On the other hand, we wanted to introduce a gel system containing protein and polysaccharide which can be used in the food industry.

**Material and methods:** In the present study, the effect of different concentrations of basil seed gum (BSG; 0, 0.05, 0.1, and 0.3% w/v) on the gelling properties of egg white albumin (4% w/v) were studied. In order to form EWA gels, the samples were heated up to 85 °C in a water bath for

30 min, followed by storage at 4 °C for 24 h. Water holding capacity (WHC) was calculated after centrifuging the samples at 6000 rpm for 20 min. Textural properties of gel samples were analyzed using a texture analyzer equipped with cylindrical probe with the diameter of 12.1 mm, probe speed of 60 mm/min. Gels color was reported using L\*, a\*, b\* and Image g software. Rheological properties of the samples were analyzed by a rheometer (Physica, MCR 301, Anton Paar GmbH, Germany), with a parallel plate geometry. Amplitude sweep test was carried out at the strain range of 0.001 to 100 at 20 °C. During the temperature sweep test, the samples were heated from 5 to 95 °C in the rate of 1 °C/min. The physical and rheological properties of the manufactured EWA gels were examined under the influence of different concentrations of BSG. For this aim, all gel samples were prepared in triplicate in a completely randomized design and SPSS software was used to detect the significant differences.

**Results and discussion:** The results showed that water holding capacity of the gels increased as BSG concentration increased ( $p < 0.05$ ) and the lowest WHC belonged to the gel made with 4% EWA-0% BSG. These results could be due to a higher water bonding capacity of the samples in the case of the higher concentration of BSG. Although, the sample containing 0.3% BSG had a higher hardness compared to the other samples, no significant difference was observed between samples. The same trend was observed in gels cohesiveness ( $p > 0.05$ ). L\* decreased due to the increase in BSG concentration. B\* showed the same trend with L\* but no significant differences were observed in a\* ( $p > 0.05$ ). The strain sweep test showed that linear viscoelastic (LVE) region was about the strain of 0.1%. As BSG concentration increased from 0 to 0.3%, both storage and loss moduli increased too; whereas, storage modulus was higher than loss modulus in the case of all concentrations. With increasing the temperature from 5 to 90 °C, storage modulus decreased slightly while during cooling step it was stable at the first stage but then increased with a high slope, in the case of all samples. After heating and cooling of specimens in temperature sweep test, storage and loss modulus of gel sample containing 4% EWA and 0.3% BSG was significantly higher than other samples ( $p < 0.05$ ). Considering these results, it seems that hydrogen bonds play the main role in EWA and BSG interactions.

**Conclusion:** In different food products, proteins and polysaccharides exist together, both of which (either individually or combined together) can affect the texture, structure, shelf life, and stability of the food, due to their gelling, thickening, and surface-active properties. The finding of the current study can be useful for the manufacture of the food products containing proteins and polysaccharides, in which the interactions between the two biopolymers play an important role in regard to their properties of the final products. Furthermore, these results can help with choosing the best concentration of BSG where the addition of this novel polysaccharide to the protein-rich foods is considered. Overall, the results of this experiment indicated that BSG can improve the gelling properties of egg albumin, with 0.3% being the best concentration in terms of the favorable effects on both physical and rheological properties of the manufactured gels.

**Keywords:** Egg albumin gels, Basil seed gum, Gel firmness, Physical properties, Rheological properties