



اثر صمغ دانه ریحان و شاهی بر خصوصیات رئولوژیکی، بافت و رنگ خمیر ماهی فیتوفاگ

علی معتمدزادگان^۱، هایده گرجیان^{۲*}، ندا مشتاقی فرخی^۲، تندیس خسروی راد^۳

۱- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

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

۳- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی.

چکیده

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله:

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۴/۱۲

تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۱/۱۸

کلمات کلیدی:

خمیر ماهی،

خواص رئولوژیکی،

صمغ دانه ریحان،

صمغ دانه شاهی،

بافت.

DOI: 10.52547/fsct.18.04.25

* مسئول مکاتبات:

Hgorjian1396@gmail.com

در این پژوهش، اثر صمغ دانه ریحان و صمغ دانه شاهی به صورت منفرد در غلظت‌های (۰، ۰/۲۵، ۰/۷۵ و ۱) درصد بر خواص رئولوژیکی، رنگ و خواص بافتی نمونه‌های ژل خمیر ماهی مورد بررسی قرار گرفت. مخلوط خمیر تازه ماهی و غلظت‌های مختلف صمغ برای بدست آمدن ژل در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت زمان ۳۰ دقیقه حرارت‌دهی شدند. نتایج حاصل از آزمون روبش کرنش نشان داد که خواص الاستیک ساختار ژلی نمونه‌ها در فرکانس پایین بیشتر از خواص پلاستیسیته آنها بود در حالیکه آنها در میانه محدوده کرنش، تشکیل نقطه تقاطع دادند. پارامترهای T_f ، Y_c ، G''_{LVE} ، G'_{LVE} نمونه‌های ژل با افزایش غلظت صمغ نسبت به نمونه کنترل کاهش یافت. داده‌های حاصل از آزمون فرکانس با مدل قانون توان به خوبی قابل پردازش بود. همچنین نتایج این آزمون نشان داد که در فرکانس‌های پایین همه نمونه‌های ژل رفتاری شبیه به جامدات دارد در حالیکه در فرکانس‌های بالاتر مدول افت و مدول ذخیره افزایش یافت. بنابراین چنین رفتاری می‌تواند مربوط به ساختار ژل‌های ضعیف باشد. نتایج آزمون روبش دما نشان داد که مقادیر مدول ذخیره (G') و مدول افت (G'') برای نمونه‌های مخلوط با افزایش دما به تدریج کاهش می‌یابد و پس از گرم شدن با کاهش دما افزایش می‌یابد. نتایج آزمون آنالیز پروفیل بافت نشان داد که نوع و غلظت صمغ به‌طور معنی‌دار ($p < 0.05$)، سفتی، کشش‌پذیری و پیوستگی نمونه‌ها را تحت تاثیر قرار داد. آزمون نفوذ بافت نشان داد که قدرت ژلی نمونه‌ها با غلظت و نوع صمغ به‌طور معنی‌داری تغییر پیدا کرد، بطوریکه با افزایش غلظت صمغ، قدرت ژلی کاهش پیدا کرد و این شدت کاهش در نوع صمغ دانه شاهی بیشتر بود. شاخص‌های رنگ زرد و قرمز نمونه‌ها تحت تاثیر نوع و غلظت صمغ به‌طور معنی‌داری تغییر پیدا کرد.

۱- مقدمه

ماهی‌های دریایی به دلیل ارزش بالای پروتئین و تری‌گلیسیریدهای متشکل از اسیدهای چرب اشباع نشده، رژیم غذایی مناسب و ارزانی برای افراد سالمند محسوب می‌شوند [۱]. ماهی فیتوفاگ با نام انگلیسی Silver carp یکی از مهمترین گونه‌های ماهیان گرمابی می‌باشد که بواسطه استعداد رشد سریع، قابلیت سازگاری وسیع و گوشت لذیذ از گونه‌های غالب در ترکیب ماهیان گرمابی پرورشی به‌شمار می‌رود [۲]. نتایج آنالیز ترکیبات شیمیایی در ۱۰۰ گرم از نمونه کپور نقره‌ای (ماهی فیتوفاگ) به این صورت بیان شده است؛ درصد رطوبت (۷۴)، درصد چربی کل (۱/۳)، درصد پروتئین کل (۱۷/۱۳) و درصد خاکستر (۲/۴۴) [۳]. پروتئین میوفیبریل که عمدتاً شامل میوزین و اکتین است، نقش مهمی در تولید بافت مطلوب و ظرفیت جذب آب^۲ محصولات گوشتی خرد شده مانند سوسیس دارد. این امر به توانایی آن در تولید ژل‌های سه بعدی بوسیله حرارت و سپس خنک‌سازی مربوط می‌شود. ژل شدن پروتئین عضله شامل دناتوراسیون جزئی و تجمع دائمی سرهای میوزین در هنگام تشکیل پیوندهای دی‌سولفید و انتقال هلیکس کوئل قسمت دم مولکول‌ها می‌شود. در نتیجه تشکیل یک شبکه متقابل سه بعدی است. تشکیل ژل‌های سه بعدی تحت تأثیر عوامل مختلفی نظیر pH، غلظت نمک و مواد پلیمری غیر پروتئینی است. مواد غیر گوشتی در تعامل با پروتئین گوشت یا تغییر وضعیت فیزیکی دناتوراسیون حرارتی پروتئین گوشت تأثیر می‌گذارند و در نهایت کیفیت فیزیکی محصولات گوشتی مانند بافت و آبدار بودن را تغییر می‌دهند [۳ و ۴].

هیدروکلوئیدها یک گروه ناهمگن از پلیمرهای زنجیره‌ای بلند (پلی‌ساکاریدها و پروتئین‌ها) هستند که به واسطه ویژگی‌های آنها، دیسپرسیون و یا تشکیل ژل آنها در هنگام پراکنده شدن در آب مشخص می‌شوند. حضور تعداد زیادی از گروه‌های هیدروکسیل (OH) به طور قابل توجهی تمایل آنها را به اتصال با مولکول‌های آب افزایش می‌دهد و ترکیبات هیدروفیلی آنها را ایجاد می‌کند. علاوه بر این، آنها یک پراکندگی تولید می‌کنند که بین یک محلول واقعی و یک سوسپانسیون است و خواص کلوئیدی را نشان می‌دهد. با توجه به این دو خصوصیات، آنها به طور صحیح به عنوان «کلوئیدهای هیدروفیل» یا

«هیدروکلوئید» نامگذاری می‌شوند. دلیل اصلی استفاده گسترده از هیدروکلوئیدها در غذاها، توانایی آنها در اصلاح رفتار رئولوژیکی سیستم غذایی یعنی اصلاح این دو ویژگی اساسی سیستم غذایی، رفتار جریان (ویسکوزیته) و ویژگی جامد مکانیکی (بافت) است. اصلاح بافت و یا ویسکوزیته سیستم غذا به تغییر خواص حسی آن کمک می‌کند و از این‌رو، هیدروکلوئیدها به عنوان افزودنی‌های غذایی مهم برای اهداف خاص مورد استفاده قرار می‌گیرند. هیدروکلوئیدها دارای مجموعه‌ای گسترده از خواص عملکردی در غذاها است. این خواص شامل غلظت‌دهی، تشکیل ژل، امولسیون، تثبیت و کنترل رشد کریستال یخ و شکر است. میزان غلظت‌دهی با نوع و ماهیت هیدروکلوئیدها متفاوت است ممکن است در یک غلظت نسبتاً بالا مقدار ویسکوزیته پایین داشته باشند؛ اما اکثر آنها با غلظت کمتر از ۱ درصد ویسکوزیته بالا می‌دهند [۵].

صمغ‌های حاصل از دانه‌ها، افزودنی‌های غذایی مهمی در صنایع غذایی به شمار می‌روند. موسیلاژ دانه‌ها و پلی‌ساکاریدهای گیاهی به آسانی در دسترس می‌باشند و به دلیل قیمت مناسب اهمیت ویژه‌ای دارند و اکثر آنها در فرمولاسیون‌های غذایی قابل استفاده هستند. اخیراً تقاضا برای هیدروکلوئیدها با خواص عملکردی ویژه افزایش یافته است؛ بنابراین یافتن منابع جدید صمغ‌های گیاهی با خواص مناسب جهت استفاده در صنعت اهمیت ویژه‌ای دارد و محققان صنعت غذا همواره به دنبال یافتن منابع جدید پلی‌ساکاریدی می‌باشند. علاوه بر ایمنی و سلامت صمغ‌های گیاهی، وفور و سهولت دسترسی به مواد اولیه، هزینه کمتر تولید و سادگی فرآیند تولید از جمله دلایلی است که ما را به تحقیقات بیشتر در این زمینه امیدوار می‌کند. ریحان با نام علمی *Ocimum basilicum* از تیره‌ی نعنائیان می‌باشد. این گیاه در بسیاری از نقاط جهان به خصوص در مناطق گرمسیری آسیا، آفریقا، آسیای مرکزی و جنوب آمریکا یافت می‌شود. دانه ریحان حاوی مقادیر زیادی هیدروکلوئید با خواص رئولوژیکی قابل توجه است که آن را با سایر هیدروکلوئیدهای تجاری قابل مقایسه نموده است. دانه این گیاه حاوی یک ساختار هتروپلی‌ساکاریدی شامل گلوکومانان، زایلان و گلوکان می‌باشد. صمغ دانه ریحان هیدروکلوئیدی منحصراً بفرده است که جزء صمغ‌های آنیونی با $pH=8/84$ طبقه‌بندی می‌شود. این صمغ حاوی ۳۳/۸۸ درصد کربوهیدرات و ۱/۵

درصد پروتئین می باشد [۶]. گلوکز، گالاکتوز و مانوز به ترتیب ۳/۲۸، ۸/۸۳، ۸/۱ درصد عمده ترین قندهای تشکیل دهنده و پتاسیم با ۳۴/۲ درصد عمده ترین یون موجود در این صمغ می باشد [۷ و ۵]. تحقیقات نشان دادند که پلی ساکاریدهای استخراج شده از دانه ریحان شامل دو بخش اصلی گلوکومانان (۴۳٪) با اتصالات عرضی (۴→۱) و گزیلان (۲۴/۲۹) و همچنین بخش کوچکی از گلوکان (۲/۳۱) می باشد علاوه بر این حضور آرابینو گالاکتان بسیار منشعب همراه با گلوکومانان و گزیلان گزارش شده است [۸ و ۲]. بعضی محققین تمایل به استفاده از صمغ دانه شاهی به عنوان فاکتور ژل دهنده و غلیظ کننده در صنعت غذا را دارند [۹]. دانه‌ی شاهی با نام علمی *Lepidium sativum* (ساتیوم) خانواده‌ی کروسیفرا بوده و در انگلیسی عموماً تحت عنوان شاهی باغی نامیده می شود. دانه شاهی حاوی رطوبت، پروتئین، چربی، خاکستر و آکالوئید، سیناپین (استرکولین اسید سیناپیک)، اسید سیناپیک، اسید ارونیک و مواد موسیلاژی است. جزئیکه برای ایجاد ویسکوزیته و تشکیل ژل ضروری است، پوسته می باشد که عمدتاً حاوی پلی ساکارید است. پلیمر صمغ متشکل از کربوهیدرات با گروه های عاملی کربوکسیل و هیدروکسیل است. قندهای اصلی تشکیل دهنده‌ی صمغ دانه‌ی شاهی عبارتند از مانوز، آرابینوز، گالاکتورونیک اسید، گالاکتوز، رامنوز و گلوکز. حضور دو اسید ارونیک (مجموعاً گالاکتورونیک و گلوکورونیک ۱۵٪) در صمغ بیانگر طبیعت پلی الکترولیت می باشد. رفتار جریان صمغ دانه شاهی با مدل قانون توان قابل توصیف است که نشانگر رفتار رقیق شونده با برش (شبه پلاستیک)^۳ این صمغ است، میزان شل شوندگی در این صمغ حتی خیلی بیشتر از میزان مشاهده شده برای صمغ زانتان بوده است [۹ و ۸]. خصوصیات صمغ های دانه‌ای بستگی به ترکیبات قندی آنها دارد و میزان استخلاف ها باعث ایجاد تفاوت در رفتار هیدروکلوئیدها می گردد. آنالیز ترکیبات قندی در صمغ دانه شاهی نشانگر نسبت گالاکتوز/مانوز بوده که بیشتر ۸/۲ می باشد [۱۰]. ساختار بومی پروتئین های صمغ دانه شاهی حلالیت ضعیفی در آب دارد و بسته به مقدار بالای مانوز

تشکیل یه مقدار قابل توجهی هیدروژل (۷۶٪) می دهد [۱۱]. محلول های صمغ دانه ریحان رفتار تیکسوتروپی دارد که مشخص می کند زنجیرهای پلیمری آن می تواند اتصال پیدا کند و یک ساختار سه بعدی تشکیل دهد [۹]. در مورد صمغ دانه ریحان بهترین غلظت برای تشکیل شبکه ژلی غلظت ۱٪ است [۷].

در تحقیقی نشان دادند که استفاده از صمغ دانه ریحان به عنوان جایگزین چربی بر خواص هیدراتاسیونی و میکروبی کالباس با روش سطح پاسخ باعث افزایش معنی داری در ظرفیت نگهداری آب، بازده پخت و پایداری امولسیون کالباس شد ($p < 0.05$)، در حالیکه شاخص های بافتی محصول را کاهش داد ($p < 0.05$) [۳]. گزارش شده است، اثر کنسانتره پروتئین سویا (۰/۵ و ۱۰٪) و صمغ زانتان (۰/۲۵ و ۰/۵٪) روی خواص فیزیکی سوریمی ماهی کپور نقره‌ای (فیتوفاگ) را بررسی کردند؛ صمغ زانتان یک اثر بد روی ژل سوریمی داشت [۱۲]. در تحقیقی مقایسه خواص بافت سوریمی و ژل پروتئین ایزوله ماهی تولید شده از کپور نقره‌ای را مطالعه کردند. نتایج اختلاف معنی داری را نشان داد [۱۳]. اثر سطوح (۰/۵، ۱ و ۱/۵٪) کیتوزان را بر روی خواص حسی، ویسکوزیته، ظرفیت نگهداری آب، رنگ و بافت خمیر سوریمی ماهی گونه (common carp) را بررسی کردند؛ نتایج تأثیر معنی داری روی خواص کاربردی حاصل از ژل های سوریمی نشان داد [۱۴]. اثر نشاسته (ذرت، سیب زمینی و تاپیوکا) را بر روی خواص بافت، افت پخت، رنگ و رئولوژی ژل سوریمی گوشت گاو با ترانسگلو تاماز میکروبی بررسی کردند؛ نتایج اثر معنی داری روی خواص ژل های سوریمی گاو نشان داد [۱۵]. اثر سطوح ژلان ۶-۲٪ بر اساس وزن جامد سوریمی خرچنگ بزرگ (bigeye snapper) در ترکیب با کلسیم کلراید در غلظت های مختلف ۷۵-۲۵ میلی مول در کیلو گرم بر روی خواص رئولوژیکی نوسانی، روشنائی و سفتی سوریمی خرچنگ بررسی کردند و نتایج اثر معنی داری روی خواص ژل های سوریمی نشان داد [۱۶]. هدف از این تحقیق ارزیابی اثر صمغ دانه ریحان و صمغ دانه شاهی به صورت منفرد بر خواص بافتی، رئولوژیکی و رنگ گوشت چرخ شده ماهی تازه فیتوفاگ بود.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

ماهی فیتوفاگ پرورشی (با وزن متوسط ۲ کیلوگرم) از بازار شهر ساری خریداری و در دمای سرد به آزمایشگاه منتقل شد و بعد از شستشو با آب تا انجام فرایند در دمای یخچال 5 ± 1 درجه سانتی گراد نگهداری شد. فرایند تهیه خمیر ماهی شامل قطع سر، خالی کردن شکم، جداسازی پوست و استخوان‌گیری ماهی بود. گوشت آماده شده توسط چرخ گوشت خانگی (مدل: FM1700، کشور سازنده: انگلستان) با اندازه منافذ ۵ میلی‌متر چرخ شد [۱۷].

صمغ دانه ریحان و شاهی از شرکت ریحان گام پارسیان از شهر گرگان خریداری شد. محلول‌های صمغ ریحان و شاهی توسط پراکنده شدن پودر صمغ در آب مقطر برای انجام آزمون‌ها تهیه شد سپس به منظور هیدراتاسیون کامل به مدت ۲۴ ساعت در دمای محیط بر روی صفحه رولر میکسر نگهداری شد [۱۸].

۲-۲- آماده‌سازی نمونه‌ها

برای تهیه نمونه‌های ژل، محلول صمغ دانه ریحان و صمغ دانه شاهی در سطوح (۰، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵، ۱) درصد وزنی/وزنی با خمیر تازه گوشت ماهی در یک بلندر خانگی به مدت ۵ دقیقه مخلوط شد و نمونه‌های تهیه شده در پوشش‌های پلی اتیلنی به قطر ۲/۵ cm بسته‌بندی شد و قبل از انجام آزمون‌های نفوذ بافت و آنالیز پروفیل بافت در بن‌ماری در دمای جوش آب بطوریکه مرکز پوشش‌های مخلوط نمونه به دمای 75°C برسد (کنترل دمای مرکز به کمک ترموکوپل) به مدت ۳۰ دقیقه پخت انجام شد [۱۹].

۲-۳- آزمون نفوذ بافت^۴

تست نفوذ بافت به هدف تعیین میزان قدرت ژل با اندازه‌گیری نیروی شکستن Breaking force و تغییر شکل Deformation ، برای نمونه‌های خمیری استوانه‌ای شکل به ارتفاع ۲۰ mm و قطر ۳۰ mm در دمای اتاق بوسیله دستگاه آنالیز بافت مدل بروکفیلد ساخت کشور USA به کمک پروبی به قطر ۴ mm از جنس استنلس استیل به عمق نفوذ ۱/۵ cm با سرعت ۱ mm/s انجام گردید [۱۵ و ۲۰].

۲-۴- آزمون آنالیز پروفیل بافت^۵

نمونه‌های استوانه‌ای شکل به ارتفاع ۳۰ mm و قطر ۲۰ mm به کمک دستگاه آنالیز بافت، مدل بروکفیلد ساخت کشور USA بوسیله پروب استوانه‌ای شکل از جنس استنلس استیل به قطر ۴۰ mm به صورت محوری فشرده شد. بارگذاری سل ۱۰ kg با تغییر شکل ۱ mm/s انجام شد. فشرده‌سازی نمونه‌ها ۳۰٪ ارتفاع اولیه انجام شد و هر نمونه دوبار فشرده شد و میانگین آن ثبت گردید. پارامترهای سختی^۶ (N)، پیوستگی^۷ (بدون بعد)، چسبندگی^۸ (MJ) و کشش‌پذیری^۹ (mm) همه بر اساس میانگین سه تکرار تعیین گردید [۱۳].

۲-۵- آزمون‌های رئومتری نوسانی

آزمون‌های نوسانی بوسیله دستگاه رئومتر آنتون‌پار Anton paar (مدل ام‌سی آر MCR301، کشور اتریش) مجهز به سیستم تنظیم دما با رئومتری صفحه موازی انجام گردید. فاصله بین صفحات آزمون ۰/۰۲ میلی‌متر تنظیم شد و قبل از آنالیز به هر نمونه بین صفحات موازی جهت استراحت و بازیابی ساختار به مدت ۲ دقیقه وقت داده شد. روغن سیلیکون برای جلوگیری از خروج رطوبت در طول اندازه‌گیری به آرامی روی لبه هر نمونه قرار گرفت [۱۴]. آزمایشات رئولوژیکی می‌تواند هم در حالت استاتیک در استرس‌های کم و هم در حالت دینامیک در استرس‌های بزرگ انجام بگیرد [۲۱]. آزمایشات رئولوژیکی باید در محدوده ویسکوالاستیک خطی انجام شود یعنی در مناطقی که خواص ویسکوالاستیک مشاهده شده مستقل از استرس‌های اعمال شده یا سطوح فشار است [۲۲ و ۲۳].

۲-۵-۱- آزمون روبش کرنش^{۱۰}

جهت انجام آزمون‌های نوسانی ابتدا آزمون روبش کرنش برای تعیین منطقه خطی ویسکوالاستیک تحت کرنش ۰/۱ تا ۱۰۰ درصد در دمای اتاق و فرکانس ۱ هرتز انجام شد [۲۲].

۲-۵-۲- آزمون روبش فرکانس^{۱۱}

برای اندازه‌گیری مدول ذخیره (G') و مدول افت (G'') نمونه‌ها در منطقه خطی ویسکوالاستیک و محدوده فرکانس ۰/۱ تا

5. TPA(Texture profile Analyzer)

6. Hardness

7. Cohesiveness

8. Adhesiveness

9. Springiness

10. Sweep Test Strain

11. Sweep Test Frequency

4. Puncture test

منفرد بر سختی، پیوستگی، کشش پذیری و چسبندگی ژل تهیه شده از خمیر ماهی فیتوفاگ معنی دار بود.

همانطوریکه در جدول ۱ مشاهده می شود، مقدار و نوع صمغ بر سختی ژل معنی دار بود، بطوریکه به صورت منفرد با افزایش میزان هر دو نوع صمغ دانه ریحان و شاهی، سختی، پیوستگی، کشش پذیری ژل نیز به صورت خطی نسبت به نمونه کنترل یا نمونه بدون صمغ (صفر درصد) کاهش پیدا کرد و این شدت کاهش در نوع صمغ شاهی بیشتر بود. و به طور معکوس در مقادیر حداکثر میزان صمغ (۱ درصد) از هر دو نوع صمغ نامبرده، مقدار چسبندگی ژل خمیر ماهی به حداکثر خود رسیده است، بطوریکه این شدت افزایش ویسکوزیته در سطح ۱ درصد صمغ شاهی مشاهده شد. صمغ دانه شاهی و صمغ دانه ریحان از نظر رفتار جریان دارای خصوصیات رقیق شونده با برش است که سودوپلاستیسیته آن با افزایش غلظت و دما افزایش می یابد، بنابراین با افزایش غلظت، ویسکوزیته صمغ دانه شاهی به دلیل افزایش محدودیت رانش مولکولی در اثر درگیری بین زنجیرهای پلیمری افزایش می یابد [۸ و ۹]. همچنین گزارش شده است، موسیلاژ دانه شاهی می تواند یک ساختار مایع ایجاد کند [۲۴]. سفتی یا سختی عموماً برای بیان قدرت شبکه ژلی اندازه گیری می شود و بسته به نوع سیستم غذایی یک پارامتر بسیار مهم می باشد [۲۵].

به طور کلی خواص رئولوژیکی، مکانیکی و فیزیکوشیمیایی مواد غذایی تحت تاثیر تعاملات دو بیوپلیمر کاربردی پروتئین و پلی ساکارید است، بطوریکه توانایی تشکیل ژل و ظرفیت جذب آب پروتئین ها تحت تاثیر تعاملاتشان با پلی ساکاریدهاست [۲۶-۲۸]. از آنجائیکه سفتی و پیوستگی خمیر ماهی بستگی به تعاملات پروتئین-کربوهیدرات و پروتئین-آب دارد، هیدروکلوئیدهای به محصولات پروتئینی به دلیل توانایی آنها در اتصال با گروههای هیدروکسیل آب اضافه می شود [۲۹]. همچنین بر این اساس، وقتی که پروتئین ها حرارت داده می شوند ساختار پروتئین تا حدی باز می شود و منطقه آب گریز داخلی مولکول ها در دسترس قرار می گیرند. بعد از این فرایند دنا توره شدن پروتئین ها، تجمع ماکرومولکول ها اتفاق می افتد و در نتیجه تشکیل ژل اتفاق می افتد. قدرت ژل و تجمع ماکرومولکول ها بر اساس شرایطی از قبیل غلظت پروتئین، پ هاش و قدرت یونی متفاوت است [۳۰]. از آنجائیکه پلیمر صمغ دانه شاهی متشکل از کربوهیدرات با گروه های عاملی

۱۰۰ هرتز و کرنش ثابت ۰/۵ درصد در دمای اتاق انجام گردید [۲۲ و ۲۳]. وابستگی های مدول ذخیره و مدول افت به کمک قانون توان^{۱۲} به صورت زیر محاسبه شدند.

جائیکه، ω فرکانس (Hz)، a و c $(Pa.s^n)$ و b و d نشان دهنده شیب منحنی لگاریتم مدول- لگاریتم فرکانس و a و c شاخص اثر زمان در تغییر شکل کوچک^{۱۳} بود [۲۲].

$$G' = a \cdot \omega^b \quad (1)$$

$$G'' = c \cdot \omega^d \quad (2)$$

۲-۵-۳-آزمون رویش دما ۱۴

نمونه ها از دمای ۱۰ °C تا ۹۰ °C در فرکانس ۱ هرتز و کرنش ثابت ۰/۵ درصد حرارت دهی شدند و سپس به صورت برگشتی از ۹۰ °C تا ۱۰ °C با سرعت ۳ °C/min سرد شد [۲۲ و ۲۳].

۲-۶-اندازه گیری شاخص های رنگ

روشنایی (L^*)، a^* (قرمزی «+» یا سبزی «-») و b^* (زردی «+» یا آبی «-») نمونه های خمیر پس از رسیدن به دمای اتاق بوسیله دستگاه رنگ سنج تصویری ساخت ساری-ایران (IMG-pardazesh-Sari-Iran) اندازه گیری شد [۱۵].

۲-۷-تجزیه و تحلیل آماری

همه آزمایشات سه بار تکرار شد. داده ها به صورت «میانگین \pm انحراف» از معیار بیان شده است. با استفاده از سیستم تحلیل آماری، SPSSv16 تفاوت میانگین گروه های فردی با استفاده از تحلیل واریانس یک طرفه انووا مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. با آزمون چند دامنه دانکن، معنی دار بودن آماری تعریف شد. داده های رئولوژیکی با استفاده از نرم افزار رئوپلاس نسخه ۳ و ۴ پردازش شد.

۳-نتایج و بحث

خواص بافتی ژل خمیر ماهی که تحت تأثیر سطوح و نوع صمغ دانه ریحان و صمغ دانه شاهی قرار دارند:

۳-۱-آزمون آنالیز بافت

نتایج حاصل از آنالیز پروفایل بافت ژل تهیه شده در جدول (۱) نشان می دهد که اثر افزودن صمغ دانه ریحان و صمغ دانه شاهی در سطوح (۰، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵، ۱) درصد به صورت

12. Power law
13. Small deformation
14. Sweep Test Temperature

کربوکسیل ($-COOH$) و هیدروکسیل (OH) است و ترجیحاً این گروه‌ها می‌تواند با پیوند هیدروژنی پروتئین‌ها واکنش دهند و گروه‌های که بتواند با پروتئین بوسیله تعاملات هیدروفوبیک واکنش دهد وجود ندارد. هر چند گروه‌های هیدروفوبیک حل شده در پروتئین میوفیبریل و قتیکه پروتئین بوسیله حرارت، pH یا دیگر فاکتورهایی دنا توره می‌شود از بین می‌رود. بر این اساس، قدرت ژل تحت تاثیر تعاملات هیدروفوبیک ماکرومولکول‌های پروتئین و هیدروکلوئیدها می‌باشد. بنابراین تعاملات هیدروفوبیک صمغ مورد استفاده مهم است. گزارش شده است که صمغ دانه ریحان تحت شرایط حرارت‌دهی توانایی تشکیل ژل را ندارد [۷].

دیگر اینکه این کاهش سفتی و پیوستگی خمیر ماهی با افزودن

صمغ دانه شاهی و ریحان می‌تواند به دلیل افزایش قطبیت پروتئین - صمغ در تعاملات پروتئین-آب و صمغ - آب همراه باشد، بنابراین واکنش‌های الکترواستاتیک پروتئین- هیدروکلوئید تحت این شرایط می‌تواند مورد توجه باشد [۲۷]. اثر منفی صمغ ریحان و شاهی در مورد خواص مکانیکی نمونه‌ها مخلوط خمیر تازه ماهی ممکن به علت طبیعت آنیونی صمغ‌ها می‌باشد [۲۷]، بطوریکه پروتئین‌های میوفیبریل و قتیکه تحت فرایند تهیه سوریمی قرار می‌گیرند بالاتر از نقطه ایزوالکتریک هستند بنابراین پروتئین‌های میوفیبریل سوریمی یا خمیر ماهی یک شارژ منفی دارد [۳۱]، هر دو ماکرومولکول‌ها دارای یک طبیعت آنیونی هستند و یک اثر دافع می‌تواند دارای پاسخ آنتاگونیستی باشد [۲۸].

Table 1 Effect of Seed Gum (Basil and Cress) on TPA of fish paste gels

| Treatment | % Level | Hardness (N) | Cohesiveness | Elasticity | Adhesiveness |
|----------------|---------|------------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Control | 0 | 1122.50 ± 24.5 ^a | 0.55 ± 0.03 ^a | 4.43 ± 0.07 ^{ab} | 0.05 ± 0.05 ^c |
| | 0.25 | 893.50 ± 286.5 ^{ab} | 0.52 ± 0.02 ^a | 4.31 ± 0.26 ^a | 0.15 ± 0.05 ^c |
| | 0.5 | 815.00 ± 287.06 ^b | 0.51 ± 0.09 ^a | 3.98 ± 0.1 ^a | 0.50 ± 0.1 ^b |
| | 0.75 | 452.50 ± 235.50 ^c | 0.48 ± 0.01 ^a | 3.70 ± 0.33 ^{ab} | 0.86 ± 0.66 ^b |
| | 1 | 166.00 ± 8.00 ^d | 0.44 ± 0.06 ^{ab} | 3.98 ± 0.1 ^{ab} | 0.85 ± 0.05 ^b |
| Basil seed gum | 0.25 | 166.50 ± 13.5 ^d | 0.41 ± 0.01 ^{ab} | 3.88 ± 0.22 ^{ab} | 0.15 ± 0.05 ^c |
| | 0.5 | 127.00 ± 10.00 ^d | 0.40 ± 0.01 ^{ab} | 3.73 ± 0.02 ^{ab} | 0.15 ± 0.05 ^c |
| | 0.75 | 124.00 ± 27.00 ^d | 0.40 ± 0.01 ^{ab} | 3.67 ± 0.61 ^{ab} | 0.5 ± 0.3b ^c |
| | 1 | 83.50 ± 15.50 ^d | 0.22 ± 0.33 ^b | 3.44 ± 0.88 ^b | 1.5 ± 0.0 ^a |
| | | | | | |

Not ^{a, b, c} Different letters in the same column indicate statistically differences ($p < 0.05$).

($p < 0.05$) روی خواص بافتی (قدرت ژل) نمونه‌های خمیر مخلوط در مقایسه با نمونه کنترل یا نمونه بدون صمغ (صفر درصد) داشت. همچنین اختلاف معنی‌داری ($p < 0.05$) بین قدرت ژل صمغ‌ها در سطوح مختلف و نوع صمغ وجود دارد، بطوریکه ژل خمیر ماهی با صمغ شاهی و صمغ ریحان در سطح ۱٪ به ترتیب کمترین قدرت ژل را نشان داد. قابل توجه است که نتایج حاصل از سفتی ژل (جدول ۱) با نتایج حاصل از قدرت ژل (جدول ۲) موافق بوده است.

۳-۲- آزمون نفوذ بافت

میزان قدرت ژل Gel Strength از رابطه زیر محاسبه شد [۱۰ و ۱۳].

فاصله شکست (میلی متر) × نیروی شکندگی (گرم) = قدرت ژل
جدول شماره ۲، قدرت ژل خمیر ماهی فیتوفاگ مخلوط شده با سطوح مختلف (۰، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱) درصد وزنی/وزنی صمغ دانه ریحان و شاهی را به صورت منفرد نشان می‌دهد. در مجموع صمغ یک اثر منفی معنی‌دار

Table 2 Effect of Seed Gum (Basil and Cress) on mechanical properties of fish paste gels

| Treatment | % Level | (break force) (g) | (mm) (deformation) | gel strength(g*mm) |
|----------------|---------|----------------------------|---------------------------|------------------------------|
| Control | 0 | 76.00 ± 16.00 ^a | 9.81 ± 0.13 ^a | 747.38 ± 167.30 ^a |
| | 0.25 | 71.5 ± 6.50 ^a | 9.76 ± 0.02 ^a | 697.90 ± 64.87 ^a |
| | 0.5 | 58.00 ± 6.00 ^b | 9.00 ± 0.95 ^{ab} | 526.01 ± 109.47 ^b |
| | 0.75 | 49.00 ± 6.00 ^b | 8.57 ± 12 ^{ab} | 415.86 ± 4.41 ^b |
| | 1 | 30.00 ± 3.00 ^{cd} | 9.71 ± 0.03 ^a | 291.14 ± 28.23 ^c |
| Basil seed gum | 0.25 | 33.5 ± 4.50 ^c | 7.60 ± 0.89 ^b | 253.76 ± 5.03 ^c |
| | 0.5 | 26.00 ± 4.00 ^{cd} | 9.54 ± 0.22 ^a | 248.77 ± 44.03 ^c |
| | 0.75 | 23.66 ± 4.50 ^{cd} | 8.66 ± 1.27 ^{ab} | 202.50 ± 0.24 ^c |
| | 1 | 19.00 ± 3.00 ^d | 9.76 ± 0.31 ^a | 180.03 ± 20.08 ^c |
| | | | | |

Not ^{a, b, c} Different letters in the same column indicate statistically differences ($p < 0.05$).

۳-۳- بررسی آزمون‌های رئومتر نوسانی

۳-۳-۱- آزمون روبش کرنش^{۱۵}

آزمون روبش کرنش در دمای اتاق و فرکانس ۱ هرتز در محدوده تغییرات استرس از ۰/۱ تا ۱۰۰ درصد برای نمونه‌های مخلوط خمیر تازه ماهی فیتوفاگ با سطوح مختلف (۰، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵، ۱) درصد صمغ دانه ریحان و شاهی به صورت منفرد انجام شد. با کمک این آزمون محدوده ویسکوالاستیک خطی برای نمونه‌های ژل خمیر ماهی مشخص شد. نتایج این آزمون در شکل ۱ نشان داده شده است. مدول الاستیک و مدول پلاستیسیته در محدوده 10^2 تا 10^5 پاسکال متغیر است. در جدول ۳، مدول ذخیره در ناحیه خطی (G'_{LVE})، مدول افت در ناحیه خطی (G''_{LVE})، کرنش بحرانی (Y_c)، تنش در نقطه تقاطع (T_f) و تانژانت افت در ناحیه خطی ($Tan(\delta)_{LVE}$) حاصل از آزمون کرنش در غلظت‌های مختلف قابل مشاهده است.

همچنین در شکل ۱، محدوده ویسکوالاستیک خطی، جاییکه مدول ذخیره و مدول افت دارای مقدار مشخصی است و یک ناحیه غیر خطی که مدول ذخیره و مدول افت با یک افزایش در استرس کاهش پیدا می‌کند قابل مشاهده است. در ناحیه خطی مطابق با نتایج بدست آمده در جدول ۳، برای تمامی غلظت‌های مورد بررسی صمغ دانه شاهی و دانه ریحان نسبت به نمونه کنترل (صفر درصد صمغ) مدول الاستیسیته (G'_{LVE}) و مدول افت (G''_{LVE}) کاهش یافت، که نشان‌دهنده کاهش خاصیت ویسکوالاستیک با افزایش غلظت صمغ دانه شاهی و دانه ریحان می‌باشد. بالاتر بودن بودن مدول الاستیسیته نسبت به مدول پلاستیسیته در ژل نمونه‌های خمیر ماهی، نشان‌دهنده ارجحیت خاصیت الاستیک نسبت به پلاستیک است.

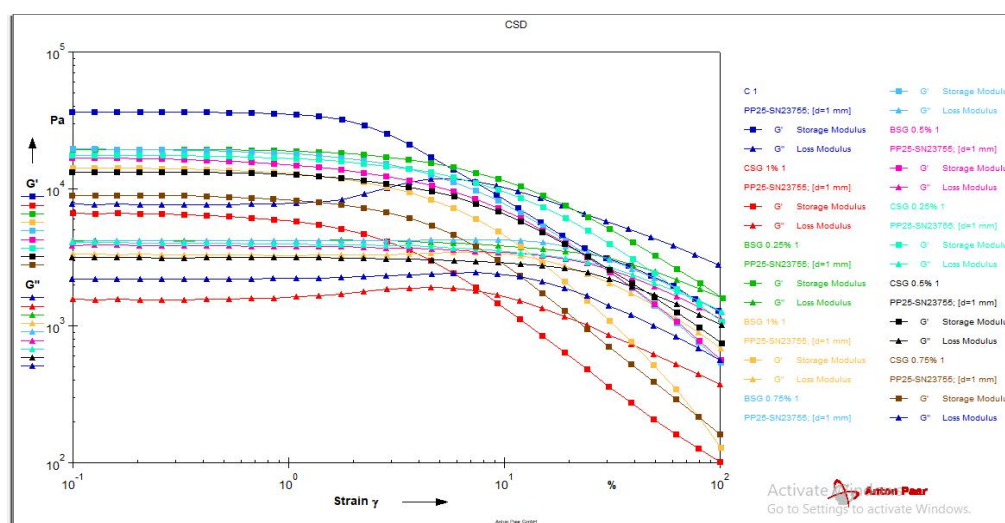
از آنجائیکه مدول الاستیسیته (مدول ذخیره) در ناحیه ویسکوالاستیک خطی نشان‌دهنده قدرت ژل نمونه‌هاست، بنابراین قوی‌ترین ساختار به ترتیب مربوط به نمونه خمیر ماهی بدون صمغ (صفر درصد) بعد نمونه حاوی ۰/۲۵ درصد صمغ ریحان و ۰/۲۵ صمغ شاهی بود [۱۷، ۲۲ و ۲۳]. همچنین نتایج مشابهی برای مدول ویسکوز (مدول افت) مشاهده شد،

بطوریکه با افزایش غلظت، مدول افت در منطقه ویسکوالاستیسیته خطی به ترتیب برای نمونه ۱ درصد صمغ شاهی ($G''_{LVE}=1630 \text{ Pa}$) و بعد نمونه حاوی ۱ درصد صمغ ریحان ($G''_{LVE}=3400 \text{ Pa}$) به ترتیب کمترین بود. تانژانت افت بین ۰/۱ و ۱ بیانگر این است که سیستم ژل واقعی تشکیل نشده است و در واقع بین یک ساختار بیوپلیمر غلیظ و ژل واقعی است [۲۳]. در مطالعه حاضر تانژانت افت از محدوده ۰/۲۲ تا ۰/۲۶ متغیر است. پس از کرنش بحرانی، در شکل ۱a، نمودار از حالت خطی خارج شده است و نمودار مدول الاستیک (G') و مدول ویسکوز (G'') در تمامی نمونه‌ها، در محدوده میانی فرکانس هم‌دیگر را قطع می‌کنند که نقطه تقاطع یا نقطه کراس آور Crossover point گزارش شده است، جاییکه مدول افت و مدول ذخیره برابر است. نقطه تلاقی مدول افت و مدول ذخیره یا کراس آور خواص ساختاری نمونه‌ها را نشان می‌دهد، بطوریکه بعد از نقطه کراس آور با افزایش بیشتر در اعمال استرس به علت تخریب تعامل کربوهیدرات-پروتئین میوفیبریل در ساختار، رفتار حرکتی نمونه‌ها شروع می‌شود [۲۰]. در مطالعه حاضر نمونه‌ها رفتاری شبیه یک جامد-مایع نشان می‌دهد، بطوریکه در استرس پایین، قبل از نقطه کراس آور مدول ذخیره بیشتر از مدول افت و نمونه‌ها یک رفتار شبیه جامدات را نشان می‌دهند و در استرس‌های بالاتر، بعد از نقطه کراس آور جاییکه مدول افت بیشتر از مدول ذخیره است نمونه‌ها یک رفتار شبیه مایعات مشاهده گردید [۲۲]. در جدول ۳، قابل مشاهده است، با افزایش غلظت صمغ دانه شاهی و دانه ریحان تنش در نقطه تقاطع کاهش می‌یابد، بطوریکه کمترین تنش در نقطه تقاطع به ترتیب مربوط به نمونه حاوی ۱ درصد صمغ دانه شاهی ($T_f=193$) و صمغ دانه ریحان ($T_f=625$) است. کرنش بحرانی یا Y_c ، نقطه‌ای که در آن مدول الاستیسیته (G') به شدت کاهش می‌یابد. این فاکتور نشان‌دهنده تخریب ساختار ژل است. در مطالعه حاضر شدت کاهش نقطه کرنش با افزایش غلظت هر دو نوع صمغ دانه شاهی و دانه ریحان مشاهده شد [۲۳].

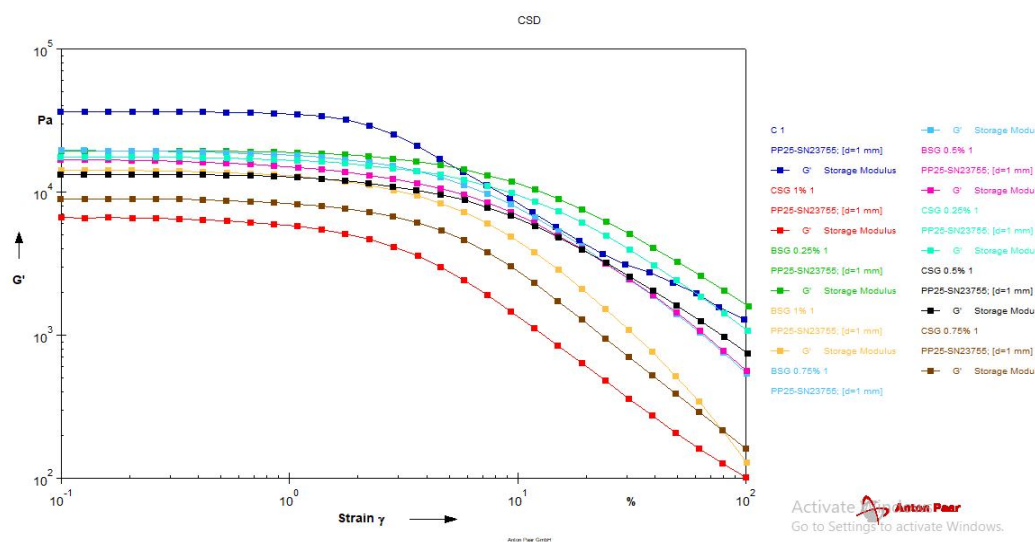
Table 3 Storage modulus, Loss modulus, Loss tangent, Critical strain, and Cross over- point stress parameters from linear viscoelastic of strain sweep test for mixture samples

| Treatment | % Level | G'_{LVE} (Pa) | G''_{LVE} (Pa) | Y_c (%) | $Tan(\delta)_{LVE}$ | T_f (Pa) |
|----------------|---------|-----------------|------------------|-----------|---------------------|------------|
| Control | 0 | 33700 | 8010 | 1.38 | 0.24 | 1160 |
| Cress seed gum | 0.25 | 16600 | 3950 | 1.08 | 0.24 | 1620 |
| | 0.5 | 12900 | 3090 | 0.85 | 0.25 | 1160 |
| | 0.75 | 8719 | 2400 | 0.53 | 0.25 | 386 |
| | 1 | 6150 | 1630 | 0.67 | 0.26 | 193 |
| Basil seed gum | 0.25 | 18600 | 4190 | 1.08 | 0.22 | 2300 |
| | 0.5 | 15600 | 3770 | 0.68 | 0.25 | 1100 |
| | 0.75 | 18400 | 4250 | 0.86 | 0.23 | 1140 |
| | 1 | 13500 | 3400 | 0.67 | 0.24 | 625 |

(a)



(b)



(c)

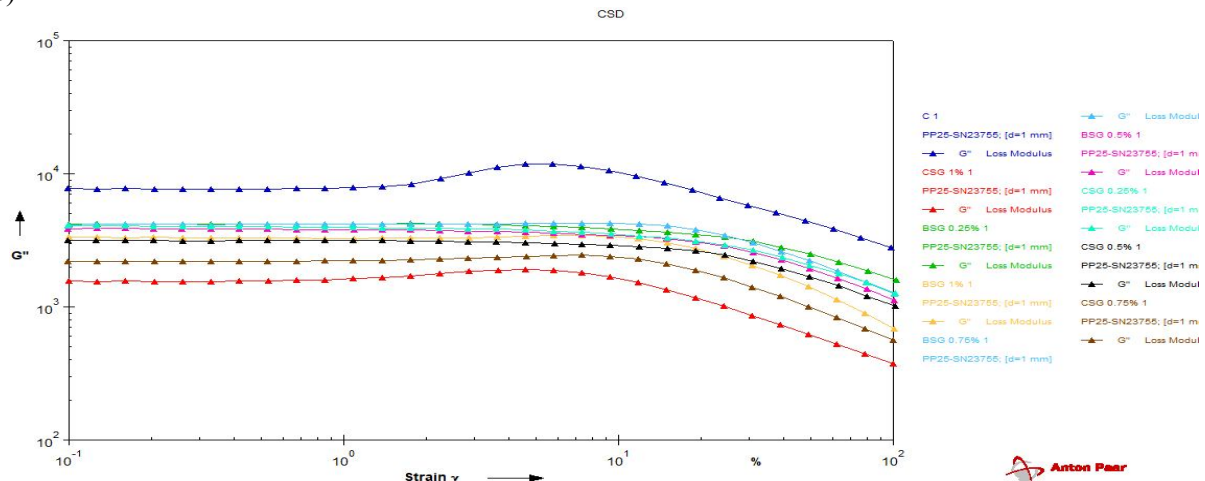


Fig 1 The effect of different levels (0, 0.25, 0.5, 0.75 and 1 % w/w) of seed gum (basil and cress) on strain sweep test, frequency of 1 Hz (a) Storage modulus and loss modulus, (b) Storage modulus and (c) Loss modulus of samples.

فرکانس‌های پایین وابستگی کمتری دارند و این پارامترها در فرکانس‌های بالاتر وابستگی بیشتر نشان دادند. چنین نتایجی قبلاً گزارش شده است و محققان بیان کردند که این رفتار نشان‌دهنده تشکیل یک ژل ضعیف است [۲۲، ۲۰].

زاویه فاز همانطوریکه جدول ۴ نشان داده شده است، در محدوده ۰/۲۰ تا ۰/۲۵ و ۰/۲۰ تا ۰/۲۸ به ترتیب در فرکانس ۱ و ۱۰ هرتز بود، که این ساختار ژلی ضعیفی را نشان می‌دهد. نتایج این مطالعه موافق نتایج قبلی بود [۲۲]. در این مطالعه ویسکوزیته کمپلکس (η^*) نمونه‌های ژل خمیر ماهی با افزایش فرکانس کاهش یافت. همانطوریکه در جدول ۴، نشان داده شده است ویسکوزیته کمپلکس در محدوده ۹۶۲ تا ۵۲۱۰ و ۱۵۳ تا ۷۹۲ به ترتیب برای فرکانس ۱ و ۱۰ هرتز بود.

وابستگی فرکانس مدول الاستیک (مدول ذخیره) و مدول پلاستیک (مدول افت) با کمک معادلات توان، معادلات شماره ۱ و ۲ این مطالعه، به ترتیب تنظیم شد. که همانطوریکه در جدول ۴، قابل مشاهده است، شاخص b در حدود ۰/۱۱ تا ۰/۱۷ بود، در مطالعات قبلی گزارش شده است که یک ژل فیزیکی دارای شیب (b) بزرگتر از صفر است. همچنین بزرگتر بودن مقدار a نسبت به c در تمامی غلظت‌های صمغ دانه شاهی و ریحان رفتار ژلی سیستم را تایید می‌کند [۲۲].

۳-۳-۲-آزمون روبش فرکانس^{۱۶}

طیف‌های مکانیکی در محدوده فرکانس ۰/۱ تا ۱۰۰ هرتز در دمای اتاق تحت کرنش ثابت ۰/۵ درصد برای نمونه‌های خمیر ماهی با غلظت‌های ۰، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ درصد صمغ ریحان و صمغ شاهی به صورت منفرد در شکل ۲، قابل مشاهده است. همچنین پارامترهای توصیف کننده ویژگیهای رئولوژیکی حاصل از آزمون روبش فرکانس در جدول ۴ نشان داده شده است. نتایج این آزمون نشان می‌دهد، در محدوده فرکانس به کار برده شده برای تمامی نمونه‌ها مدول الاستیسته (مدول ذخیره) بیشتر از مدول ویسکوز (مدول افت) بود و هیچ کراس اووری در محدوده فرکانس اعمال شده مشاهده نشد (شکل ۲a).

این یافته‌ها مطابق نتایج بررسی‌های قبلی بود [۲۲]. همانطوریکه در شکل ۲b، میبینید در فرکانس ۱ هرتز نسبت به نمونه کنترل (صفر درصد صمغ)، کمترین مقدار مدول الاستیک، به ترتیب مربوط به نمونه ژل حاوی ۱ درصد صمغ دانه شاهی (۶۲۹۲/۱ Pa) و صمغ دانه ریحان (۱۲۰۰۰ Pa) بود. این تغییرات رفتاری رئولوژیکی مدول الاستیک ذکر شده برای نمونه‌ها در فرکانس ۱۰ به همین شکل تکرار شد. به طور مشخص در شکل ۲ و جدول ۴، قابل مشاهده است که پارامترهای رئولوژیکی، مدول الاستیک و مدول پلاستیک، در

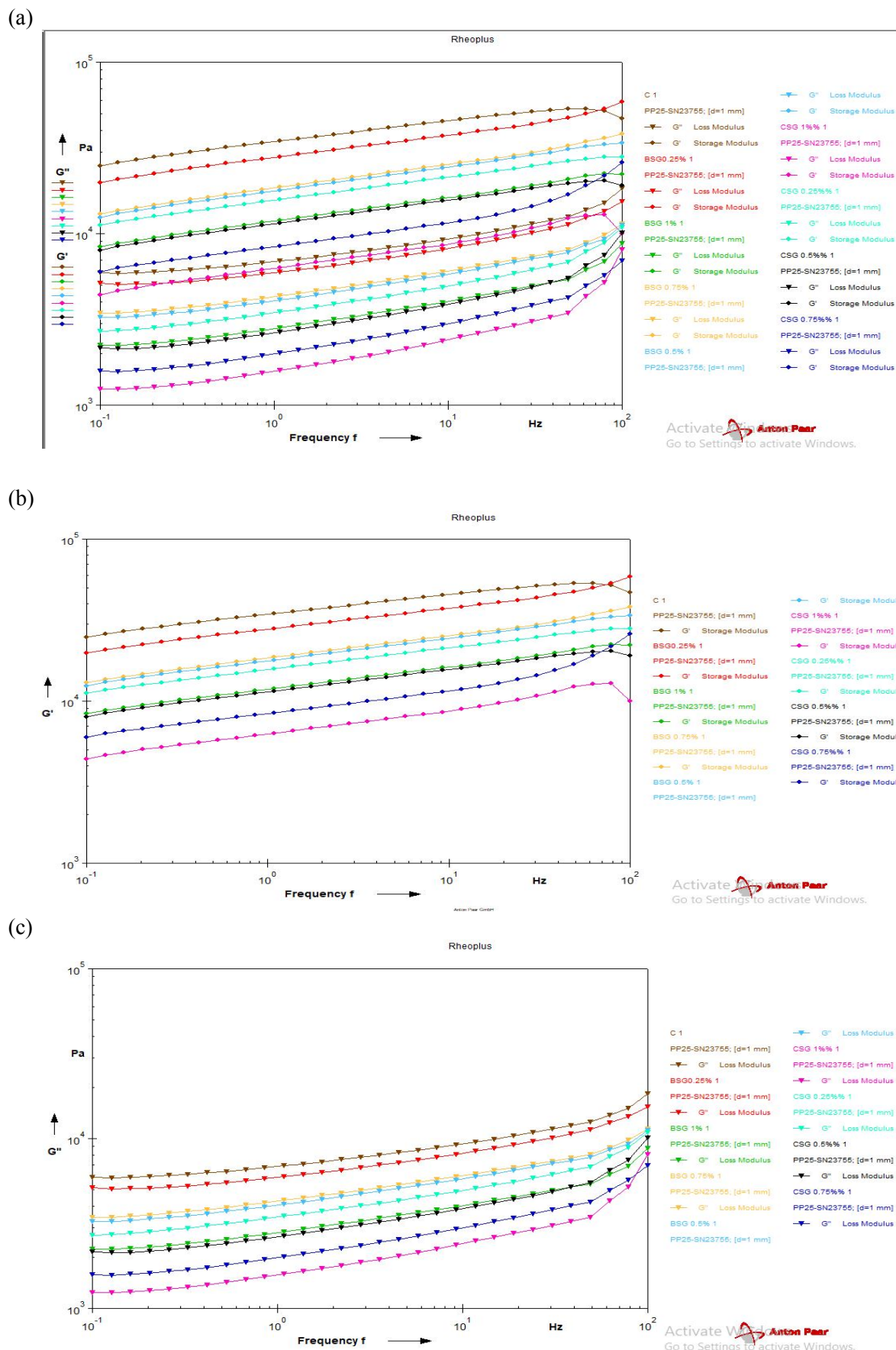


Fig 2 The effect of different levels (0, 0.25, 0.5, 0.75 and 1 % w/w) of seed gum (basil and cress) on frequency sweep test. (a) Storage modulus and loss modulus, (b) Storage modulus and (c) Loss modulus of samples.

Table 4 Rheological parameters of frequency sweep test at constant frequency of 1 and 10 Hz and the rheological parameters of gels from fish paste mixture with seed gum after fitting storage and loss moduli data using Power-law model.

| Treatment | Level % | 1 Hz | | | | 10 Hz | | | | G' = a. ω^b | | R^2 | G'' = c. ω^d | | R^2 |
|----------------|---------|----------|-----------------|---------|----------|----------|-----------------|---------|----------|--------------------|------|-------|---------------------|------|-------|
| | | η^* | Tan(δ) | G' (Pa) | G'' (Pa) | η^* | Tan(δ) | G' (Pa) | G'' (Pa) | a | b | | C | D | |
| Control | 0 | 5210 | 0.20 | 34700 | 6920 | 792 | 0.20 | 45100 | 9180 | 34031 | 0.11 | 0.94 | 7131.5 | 0.14 | 0.89 |
| Basil seed gum | 0.25 | 4230 | 0.21 | 28100 | 5960 | 654 | 0.22 | 37100 | 8090 | 27700 | 0.14 | 0.98 | 6170.9 | 0.14 | 0.92 |
| | 0.5 | 2710 | 0.23 | 17900 | 4110 | 429 | 0.23 | 23400 | 5500 | 17672 | 0.14 | 0.99 | 4187.3 | 0.16 | 0.93 |
| | 0.75 | 2820 | 0.23 | 18700 | 4340 | 546 | 0.24 | 25100 | 5970 | 18387 | 0.14 | 0.99 | 4410.1 | 0.15 | 0.93 |
| | 1 | 1810 | 0.24 | 12000 | 2830 | 285 | 0.25 | 16100 | 3970 | 11801 | 0.14 | 0.99 | 2889 | 0.16 | 0.88 |
| | 0.25 | 2380 | 0.22 | 15800 | 3490 | 374 | 0.23 | 21100 | 4880 | 15608 | 0.13 | 0.99 | 3550.6 | 0.17 | 0.89 |
| Cress seed gum | 0.5 | 1740 | 0.23 | 11600 | 2670 | 276 | 0.25 | 15500 | 3810 | 11370 | 0.13 | 0.98 | 2750.9 | 0.18 | 0.82 |
| | 0.75 | 1280 | 0.24 | 8480 | 2010 | 203 | 0.25 | 11400 | 2930 | 8463 | 0.17 | 0.93 | 2068.2 | 0.19 | 0.88 |
| | 1 | 962 | 0.25 | 6350 | 1590 | 153 | 0.28 | 8560 | 2370 | 6292.1 | 0.14 | 0.94 | 1644 | 0.20 | 0.72 |

۳-۳-۳- آزمون روبش دما^{۱۷}

این آزمون به منظور درک دقیق روابط بین ساختار نمونه‌ها و تغییرات دما انجام شد. اثر حرارت‌دهی و سرد کردن بر مدول افت و مدول ذخیره نمونه‌های خمیر ماهی با سطوح (۰، ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۷۵، ۱) درصد صمغ دانه شاهی و صمغ دانه ریحان به صورت منفرد در شکل ۳، نشان داده شده است. دمای نمونه‌ها از ۱۰ °C تا ۹۰ °C با سرعت ۳ °C/min افزایش داده شد و سپس به صورت برگشتی از دمای ۹۰ °C به دمای ۱۰ °C با همان سرعت خنک شد. برای تمامی نمونه‌ها در محدوده دمایی اعمال شده در این آزمون مدول الاستیسیته و مدول افت با شیب کم با افزایش حرارت کاهش پیدا کرد و در بیشترین سطح حرارت‌دهی به کمترین نقطه مدول الاستیسیته رسید. این نتایج به نظر به دلیل تخریب شبکه ساختاری نمونه‌ها با افزایش حرارت می‌باشد؛ که با افزایش دما حرکت مولکول‌های نسبتاً باند شده شبکه سریع و سریعتر می‌شود، در نتیجه ساختار بیشتر و بیشتر تخریب می‌شود. این رفتار رئولوژیکی نمونه‌ها با افزایش دما، بیشتر تمایل به مایعات را نشان می‌دهد؛ به همین

دلیل کاهش مدول الاستیسیته (G') و مدول ویسکوز (G'') وجود دارد [۲۰]. مدول الاستیسیته و مدول افت در مرحله برگشت حرارت‌دهی افزایش یافت. گزارش شده است که این رفتار می‌تواند مربوط به کاهش انتروپی یا نیروهای پیوندی (واندروالسی و هیدروژنی) بین ذرات ژل‌ها باشد [۲۲]. در این آزمون هیچ نقطه ژلی برای نمونه‌ها در این محدوده دمایی مشاهده نشد. با توجه به مطالعات تست روبش دما وابسته به غلظت صمغ دانه ریحان، این صمغ تشکیل ژل بوسیله حرارت نمی‌دهد اما ژل در مرحله خنک کردن محلول شکل می‌گیرد [۹]. همچنین طبق گزارشات قبلی صمغ دانه شاهی یک رفتار رقیق شونده با برش در غلظت بالاتر از ۰/۱ درصد دارد و یک نوع رفتار ژلی ضعیف و ویسکوالاستیک را در آزمایشات دینامیک نشان می‌دهد [۱۱].

بنابراین، در این مطالعه صمغ دانه شاهی و صمغ دانه ریحان زمانیکه با خمیر ماهی مخلوط می‌شود اثر مثبت بر بازسازی یک ساختار جدید نداشتند.

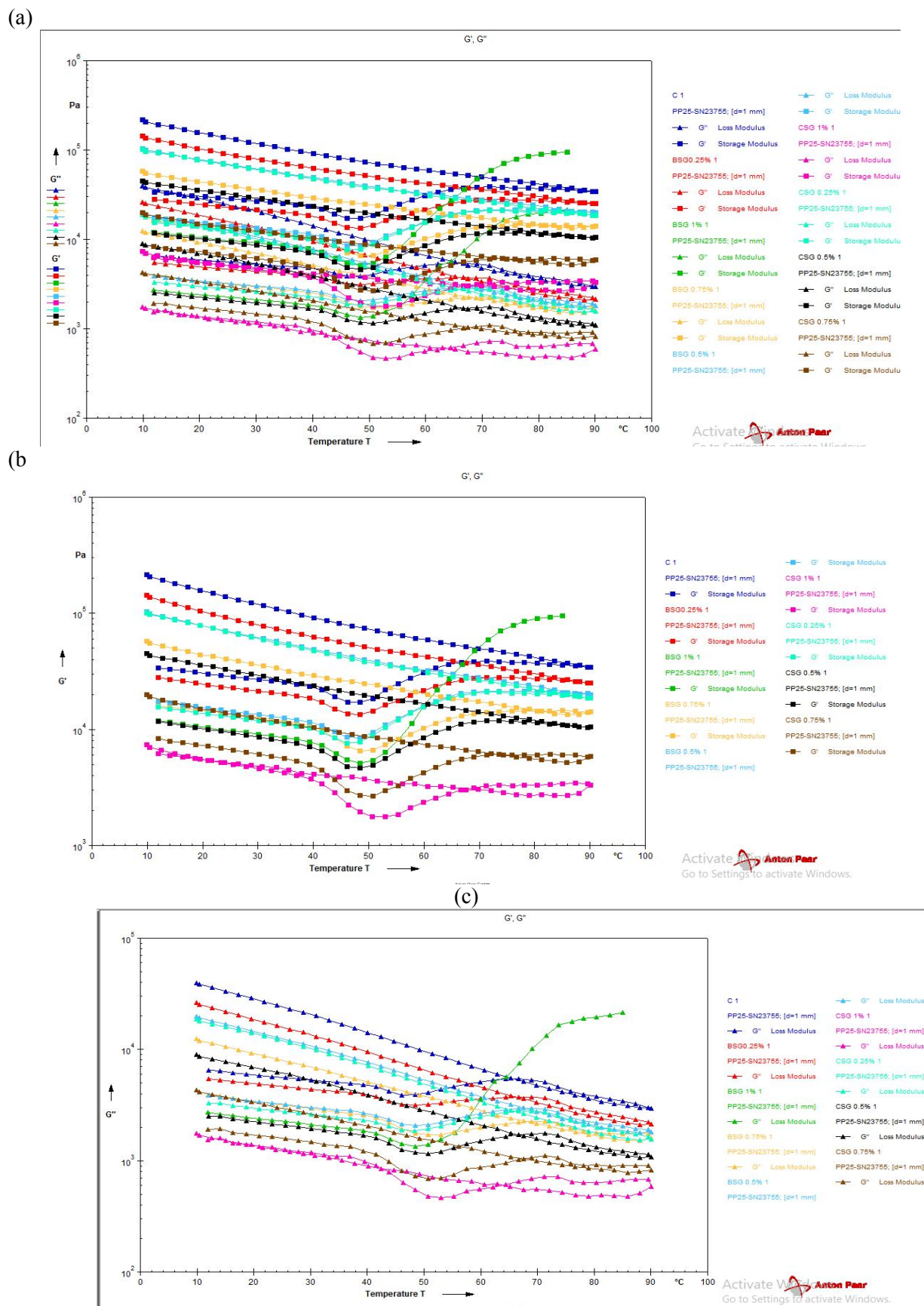


Fig 3 The effect of different levels (0, 0.25, 0.5, 0.75 and 1 % w/w) of seed gum (basil and cress) on temperature sweep test (10-90 °C) , frequency of 1 Hz (a) Storage modulus and loss modulus, (b) Storage modulus and (c) Loss modulus of samples.

۳-۴- اندازه‌گیری شاخص‌های رنگ

تغییرات در رنگ نمونه‌های مخلوط خمیر تازه ماهی فیتوفاگ با صمغ دانه شاهی و ریحان در جدول ۳ نشان داده شده است. وقتی صمغ دانه ریحان و شاهی به صورت منفرد اضافه شد، عدد L (روشنایی) به‌طور معنی‌دار تغییر نکرد. اعداد a و b با افزودن نوع و غلظت صمغ به‌طور معنی‌دار تغییر کرد. عدد a (قرمزی) با افزایش غلظت و نوع صمغ کاهش پیدا کرد، بطوریکه کاهش قرمزی نمونه‌های خمیر ماهی با افزودن صمغ

شاهی تشدید شد. شاخص رنگ زرد (عدد b) در نمونه‌های حاوی صمغ دانه شاهی با افزایش غلظت صمغ نسبت به نمونه کنترل (صفر درصد صمغ) کاهش پیدا کرد. و این شاخص (عدد b) در نمونه‌های حاوی صمغ ریحان از زرد تا آبی تغییر پیدا کرد. تحقیقات قبلی گزارش کردند که شاخص روشنایی، قرمزی (a) و زردی (b) سوریمی گوشت گاو تحت تأثیر افزودنی‌ها قرار می‌گیرد [۱۵].

Table 3 Effect of Seed Gum (Basil and Cress) on color of fresh fish paste phytophagous

| Treatment | % Level | L | a | b |
|----------------|---------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Control | 0 | 93.86 ± 1.00 ^a | 1.33 ± 0.06 ^a | 2.88 ± 0.19 ^a |
| | 0.25 | 95.28 ± 1.00 ^a | 1.33 ± 0.06 ^a | 2.39 ± 0.01 ^{ab} |
| | 0.5 | 94.09 ± 0.92 ^a | 1.05 ± 0.05 ^b | 3.00 ± 1.00 ^a |
| | 0.75 | 94.73 ± 1.75 ^a | 0.80 ± 0.05 ^c | -0.06 ± 0.02 ^c |
| | 1 | 95.13 ± 0.87 ^a | 0.76 ± 0.09 ^c | 2.97 ± 0.57 ^a |
| Basil seed gum | 0.25 | 95.12 ± 0.89 ^a | 0.68 ± 0.1 ^{cd} | 2.25 ± 0.25 ^{ab} |
| | 0.5 | 95.31 ± 0.30 ^a | 0.63 ± 0.07 ^{cd} | 2.14 ± 0.18 ^{ab} |
| | 0.75 | 95.77 ± 0.0 ^a | 0.62 ± 0.06 ^{cd} | 1.87 ± 0.48 ^b |
| | 1 | 95.25 ± 0.76 ^a | 0.53 ± 0.06 ^d | 1.95 ± 0.21 ^b |
| | | | | |

Not^{a, b, c} Different letters in the same column indicate statistically differences (p < 0.05).

۵- نتیجه‌گیری کلی

خواص رئولوژیکی، رنگ و بافت خمیر ماهی به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سطوح مختلف و نوع صمغ دانه شاهی و دانه ریحان قرار گرفت. آزمون رویش کرنش، رفتار رقیق‌شونده با برش را برای همه نمونه‌ها نشان داد، بطوریکه تمامی نمونه‌ها خصوصیت ویسکوز بیشتری نسبت به ویژگی الاستیک داشته و این رفتار رئولوژیکی تاییدی بر ساختار ضعیف شبکه ژلی نمونه‌ها دارد. آزمون رویش فرکانس نشان داد، مدول الاستیک (G') در همه غلظت‌ها بیشتر از مدول ویسکوز (G'') است و هر دو پارامتر با افزایش غلظت نسبت به نمونه کنترل کاهش یافت. آزمون رویش دما رفتار رئولوژیکی ژل‌های ضعیف و ویسکوالاستیک را نشان داد. نتایج آزمون بافت نشان داد، که با افزایش غلظت صمغ دانه ریحان و شاهی، سفتی و قدرت ژل‌ها نسبت به نمونه کنترل کاهش یافت. همچنین به‌طور معنی‌داری شاخص رنگ قرمز و زرد نمونه‌ها با افزایش غلظت صمغ کاهش یافت. در این مطالعه صمغ دانه شاهی و دانه ریحان به صورت منفرد در تمامی غلظت‌ها اثر تقویت‌کننده‌ای بر نمونه خمیر ماهی یا نمونه کنترل نداشت.

۶- تقدیر و تشکر

این پژوهش در آزمایشگاه مرکز رشد واحدهای فناوری طبهرستان مازندران-ساری انجام گرفته است. نویسندگان مقاله از مدیریت و کارشناسان این مرکز قدردانی می‌نمایند.

۷- منابع

- [1] Jorjani, S. Galychi, A. Jorjani, H. (2013). Comparison of Chemical Composition and Fatty Acid Profile of Carpal Muscle. Journal of Applied Fisheries Research / Second Volume / Third Issue. [Full text in Persian].
- [2] Khorrami, M. Hosseini Parvar, SH & Motamed Zadegan, A. (2013). Effect of basil gum on the stability, rheological behavior and particle size of whey protein isolate emulsions. Journal of Food Processing and Maintenance, 5 (2), 91-114.
- [3] Zolfaghari, Q. Mortazavi, AS. Ameri M. Nazariyan, A. (2013). Effect of using basil gum as a fat substitute on the hydrations and microbial properties of sausages based on response surface methodology. Summary of the articles of the National Conference on

- Protein Isolate Gels Produced from Silver Carp. *Iran Agricultural Research*, 32(1), 1-10.
- [14] Hajidoun, H. A., & Jafarpour, A. (2013). The influence of chitosan on textural properties of common carp (*Cyprinus carpio*) Surimi. *Journal of Food Processing and Technology*, 4(5).
- [15] Zhang, F., Fang, L., Wang, C., Shi, L., Chang, T., Yang, H., & Cui, M. (2013). Effects of starches on the textural, rheological, and color properties of surimi-beef gels with microbial transglutaminase. *Meat science*, 93(3), 533-537.
- [16] Petcharat, T., & Benjakul, S. (2017). Effect of gellan and calcium chloride on properties of surimi gel with low and high setting phenomena. *RSC Advances*, 7(83), 52423-52434.
- [17] Xue, Y., Liu, X., Zhang, L., Lin, D., Xu, J., & Xue, C. (2011). Effects of alginate gel on rheological properties of hair-tail (*Trichiurus lepturus*) surimi. *Journal of Ocean University of China*, 10(2), 191-196.
- [18] Zamani, A.S., Kashani Nejad, M., Salehi, F. (2017). Freezing effect on rheological and tissue properties of basil gum. *Journal of Food Industry Research*. Vol. 52 No. 1. [Full text in Persian].
- [19] Santana, P., Huda, N., & Yang, T. A. (2015). Physicochemical properties and sensory characteristics of sausage formulated with surimi powder. *Journal of food science and technology*, 52(3), 1507-1515.
- [20] Wu, C., Yuan, C., Chen, S., Liu, D., Ye, X., & Hu, Y. (2015). The effect of curdlan on the rheological properties of restructured ribbonfish (*Trichiurus* spp.) meat gel. *Food chemistry*, 179, 222-231.
- [21] Fukushima, H., Okazaki, E., Fukuda, Y., & Watabe, S. (2007). Rheological properties of selected fish paste at selected temperature pertaining to shaping of surimi-based products. *Journal of food engineering*, 81(2), 492-499.
- [22] Razi, S. M., Motamedzadegan, A., Shahidi, A., & Rashidinejad, A. (2018). The effect of basil seed gum (BSG) on the rheological and physicochemical properties of heat-induced egg albumin gels. *Food Hydrocolloids*, 82, 268-277.
- [23] Motamedzadegan, A., Fahim, H., Razavi, R., Yousefi, H. (2020). Investigation of rheological properties of different Natural Products and Medicinal Plants [Full text in Persian].
- [4] Zolfaghari, M., Shabanpour, B., Shabani, A., & Ghorbani, R. (2011). Determination of the chemical composition and efficiency of fish fillet phytophagous for nutritional grade and labeling of its products: Based on regression equations. *Journal of Food Science and Technology*. Vol. 8 / No. 31. [Full text in Persian].
- [5] Shokohi, S., Abdali, S., Yousefi Gordei, A., Negarestan, H. (2012). Review of Biochemical Responses of *Hypophthalmichthys molitrix*. *Fishery Exploration and Research Journal*, Vol. 2 / Issue 2). [Full text in Persian].
- [6] Lee, C. H., & Chin, K. B. (2020). Physical Properties and Structural Changes of Myofibrillar Protein Gels Prepared with Basil Seed Gum at Different Salt Levels and Application to Sausages. *Foods*, 9(6), 702.
- [7] Qavami, S. Aladdin, b. (2016). Rheological properties of basil gum. The First National Conference on Technological Achievements of Iranian Food Science and Technology.
- [8] Gorjian, H., & Amiri, Z.R. (2019). Effect of cress seed mucilage on stabilization and rheological properties of non-fat doogh. *Food industry research*. 29(3), 145-156. [Full text in Persian].
- [9] 22-Naji-Tabasi, S., Razavi, S. M. A., & Mehditabar, H. (2017). Fabrication of basil seed gum nanoparticles as a novel oral delivery system of glutathione. *Carbohydrate polymers*, 157, 1703-1713.
- [10] Karazhiyan, H., Razavi, S.M.A., and Phillips, G.O. (2011). Extraction of basil leaves (*Cissampelos pareira*) leaves. *Food Hydrocolloids*, 20: 885-891.
- [11] Behrouzian, F., Razavi, S. M., & Phillips, G. O. (2014). Cress seed (*Lepidium sativum*) mucilage, an overview. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 3(1), 17-28.
- [12] Hasanpour, F., Hoseini, E., Motalebi, A. A., & Darvish, F. (2012). Effects of soy protein concentrate and xanthan gum on physical properties of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) surimi. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 11(3), 518-530.
- [13] Moosavi-N, M., Azadian, M., Farahnaky, A., & Yousefi, A. (2013). Comparing the Textural properties of Surimi and Fish

- seed gum and β -lactoglobulin mixed gels. *Food Hydrocolloids*, 30(1), 134-142.
- [28] Ramirez, J. A., Barrera, M., Morales, O. G., & Vázquez, M. (2002). Effect of xanthan and locust bean gums on the gelling properties of myofibrillar protein. *Food Hydrocolloids*, 16(1), 11-16.
- [29] Razmkhah, S., Razavi, S. M. A., & Mohammadifar, M. A. (2016). Purification of cress seed (*Lepidium sativum*) gum: A comprehensive rheological study. *Food Hydrocolloids*, 61, 358-368.
- [30] Petcharat, T., & Benjakul, S. (2017). Effect of gellan and calcium chloride on properties of surimi gel with low and high setting phenomena. *RSC Advances*, 7(83), 52423-52434.
- [31] Razmkhah, S., Razavi, S. M. A., & Mohammadifar, M. A. (2016). Purification of cress seed (*Lepidium sativum*) gum: A comprehensive rheological study. *Food Hydrocolloids*, 61, 358-368.
- concentrations nanofiber gel prepared from tomato pulp. *Research and Innovation in Food Science and Technology*, 9 (3), 295-306. [Full text in Persian].
- [24] Amini Sarteshnizi, R., Hosseini, H., Mousavi Khaneghah, A., & Karimi, N. (2015). A review on application of hydrocolloids in meat and poultry products. *International Food Research Journal*, 22(3).
- [25] Fiszman, S. M., & Damasio, M. H. (2000). Instrumental measurement of adhesiveness in solid and semi-solid foods. A survey. *Journal of Texture Studies*, 31(1), 69-91.
- [26] Petcharat, T., & Benjakul, S. (2017). Effect of gellan and calcium chloride on properties of surimi gel with low and high setting phenomena. *RSC Advances*, 7(83), 52423-52434.
- [27] Rafe, A., Razavi, S. M., & Farhoosh, R. (2013). Rheology and microstructure of basil



The effect of basil and cress seed gum on rheological properties, texture and color of phytophagous fish paste

Motamedzadegan, A. ¹, Gorjian, H. ^{2*}, Moshtaghi farokhi, N. ², Khosravi rad, T. ³

1. Assistant Prof., Dept. of Food Science and Technology, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
2. Ph.D Student, Department of Food Science and Technology, Sari University of Agricultural Sciences & Natural Resources, Iran.
3. MS.C, Department of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University.

| ARTICLE INFO | ABSTRACT |
|---|--|
| <p>Article History:</p> <p>Received 2018/ 07/ 03 Accepted 2021/ 02/ 06</p> <hr/> <p>Keywords:</p> <p>Fish paste, Basil seed gum, Cress seed gum, Rheological properties, Texture.</p> <hr/> <p>DOI: 10.52547/fsct.18.04.25</p> <hr/> <p>*Corresponding Author E-Mail: Hgorjian1396@gmail.com</p> | <p>In this study, the effect of basil seed gum and cress seed gum concentrations (0, 0.25, 0.5 and 1 % w/w) on rheological, color and textural properties of the fresh paste gel samples was individually investigated. The mixture fresh fish paste and various concentrations of gum were heated at 75 °C for 30 minutes to obtain heat- induced gels. The results of strain test showed that the elastic properties (storage modulus) of the sample gels structure at low frequency were higher than their plasticity properties (loss modulus), while they crossed over each other in the middle of the strain range. The G'_{LVE}, G''_{LVE}, Y_c and T_f parameters of the gel samples decreased with increasing gum concentration compared to the control sample. The data obtained by frequency sweep test nicely fitted by the Power Law Model. Also the results of frequency test showed at low frequencies for all gel samples solid-like behavior, while at higher frequencies the loss modulus and the storage modulus increased. Therefore, such behavior can be related to the structure of weak gels. Results of temperature sweep test showed that the values of G' (Storage modulus) and G'' (Loss modulus) for the mixture samples decreased gradually with increasing temperature, and increased with decreasing temperature, after heating. The results of texture profile analysis showed that the type and concentration of gum significantly ($p < 0.05$) affected on the hardness, elasticity and cohesiveness of the samples. Results of puncture test showed that the gel strength of the samples changed significantly with the concentration and type of gum. As the concentration of gum increased, the strength of the gel decreased and the intensity of the decrease was greater in the type of cress gum. The type and concentration of gum affected significantly on yellow and red index of the sample of fish pastes.</p> |