تاثیر افزودن صمغ کنجاک به عنوان جایگزین چربی بر ویژگی‌های رئولوژیکی و حسی سس مایونز کم چرب

مرضیه جرنگی [a]، فرزانه عبدالملکی [b*]، بابک غیاثی طرزی [c]

[a] دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
[b] استادیار گروه مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشکده مهندسی صنایع و مکانیک، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران
[c] دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۲/۱۶ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۱۱/۵
DOI: 10.30495/JFTN.2021.19174 https://dorl.net/dor/20.1001.1.20080123.1400.19.1.3.0

چکیده

مقدمه: با توجه به افزایش چشمگیر مصرف غذاهای پرچرب در دهه‌های اخیر و ارتباط آن با گسترش بیماری‌های قلبی–عروقی، توسعه فرمولاسیون‌های غذایی کم‌چرب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. ترکیبات هیدروکلوئیدی مانند صمغ‌ها دارای پتانسیل بالایی برای شبیه‌سازی نقش چربی در مواد غذایی می‌باشند. هدف از این پژوهش، بررسی قابلیت صمغ کنجاک به عنوان جایگزین چربی در سس مایونز می باشد.

مواد و روش‌ها: غلظت‌های ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ درصد از صمغ کنجاک به ترتیب با نمونه‌های سس مایونز که روغن آن‌ها به میزان ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درصد کاهش یافته بود تلفیق شدند. ویژگی‌های رئولوژیکی پایا (رفتار جریانی) و نوسانی (روبش کرنش و روبش فرکانس) سس‌های مایونز کم‌چرب بوسیله یک دستگاه رئومتر و خصوصیات حسی بوسیله یک تیم ارزیاب ۱۰ نفره مورد بررسی قرار گرفتند و نتایج بدست آمده، در قالب یک طرح آماری کاملا تصادفی با سه تکرار، با یکدیگر و با نمونه شاهد کم‌چرب (۳۰ درصد روغن) در سطح اطمینان ۹۵ درصد مورد مقایسه قرار گرفتند.

یافته‌ها: نتایج برازش داده‌های رئولوژیکی به مدل قانون توان و هرشل‌بالکلی نشان‌دهنده رفتار شل‌شونده با برش همگی نمونه‌ها بود. نمونه‌های کم‌چرب حاوی جایگزین چربی، از اندیس رفتار جریان کمتر و اندیس قوام بالاتری نسبت به نمونه شاهد برخوردار بودند که با افزایش غلظت صمغ تشدید شد. تنش تسلیم نیز با افزایش غلظت صمغ تا ۰/۵ درصد افزایش یافت ولی پس از آن متحمل کاهش شد. یافته‌های آزمون روبش فرکانس نشان داد که در تمامی نمونه‌ها، مدول ذخیره بیشتر از مدول افت و تانژانت افت کمتر از یک بود که نشان‌دهنده رفتار ویسکوالاستیک نمونه‌ها می‌باشد. به علاوه، تانژانت افت با افزایش درصد جایگزینی روغن با صمغ کنجاک، به طور پیوسته‌ای کاهش پیدا کرد. همچنین، افزایش غلظت صمغ، به گونه معنی‌داری بهبود شاخص پایداری را در پی داشت. یافته‌های ارزیابی حسی نشان داد که کنجاک به صورت معنی‌داری باعث بهبود مطلوبیت بافت، ویسکوزیته و پذیرش کلی سس مایونز شد ولی از تاثیر معنی‌داری بر طعم و بوی محصول برخوردار نبود.

نتیجه‌گیری: نمونه‌ای که ۳۰ درصد روغن آن با ۰/۵ درصد کنجاک جایگزین شده بود، به دلیل برخورداری از بهترین ویژگی‌های رئولوژیکی و حسی در بین نمونه‌های کم‌چرب، به عنوان نمونه برتر انتخاب شد.

واژه‌های کلیدی: *جایگزین چربی، رئولوژی، سس مایونز کم چرب، صمغ کنجاک، ویژگی‌های حسی*

* نویسنده مسئول مکاتبات email: fa.abdolmaleki@gmail.com

مقدمه

روغن‌ها و چربی‌ها از ترکیبات اصلی و ضروری رژیم غذایی هستند و مطلوبیت حسی بسیاری از فرمولاسیون‌های غذایی به حضور آنها وابسته است (Akoh, 1998). امروزه به دلیل افزایش آگاهی‌های عمومی نسبت به نقش چربی در ایجاد ناراحتی‌های قلبی و عروقی، تقاضا برای غذاهای کم‌چرب افزایش یافته است (Shen *et al*., 2011). با این حال، با توجه به نقش کلیدی چربی در مطلوبیت حسی بسیاری از مواد غذایی، توسعه فرمولاسیون‌های کم‌چرب امری چالش برانگیز است (Shen *et al*., 2011). یکی از راهکارهای تولید محصولات غذایی کم‌چرب با مقبولیت بالا، استفاده از جایگزین‌های چربی می‌باشد. جایگزین‌های چربی، ترکیباتی هستند که از لحاظ ساختار فیزیکی و شیمیایی با چربی متفاوت بوده و در غلظت‌های بسیار کم، قادر به شبیه‌سازی نقش چربی می‌باشند (Akoh, 1998). جایگزین‌های چربی بسیار متنوع هستند و با توجه به ترکیبشان به سه دسته جایگزین چربی بر پایه پروتئین، جایگزین چربی بر پایه کربوهیدرات و جایگزین چربی بر پایه چربی تقسیم‌بندی می‌شوند (Ognean *et al*., 2006). بسیاری از محصولات کم‌چرب تولید شده در سال‌های اخیر حاوی جایگزین‌های چربی بر پایه کربوهیدرات هستند. یکی از این جایگزین‌ها صمغ‌ها و هیدروکلوئیدها می‌باشند که به علت جذب بالای آب، کنترل جریان، بهبود چسبندگی و پراکنده‌سازی مواد جامد و ذرات ادویه در محصول قادرند برخی از ویژگی‌های حسی چربی‌ها را شبیه‌سازی کنند (McClements, 2009). صمغ کنجاک گلوکومانان[1] یکی از انواع صمغ‌های گیاهی می‌باشد و از غده گیاه آمورفوفالوس[2] کنجاک که یک گیاه بومی آسیایی است به دست می‌آید و به عنوان یک ماده GRAS شناخته می‌شود (Cha *et al*., 2012) .کنجاک یک هتروپلی‌ساکارید خنثی می‌باشد که زنجیره اصلی آن از واحدهای دی‌مانوز و دی‌گلوکز که با پیوندهای گلوکوزیدی بتا۱–۴ به یکدیگر متصل شده‌اند، تشکیل‌شده است. شاخه‌های جانبی استیل که در هر ۱۹ واحد گلوکز بر زنجیره ظاهر می‌شوند، از عوامل تعیین‌کننده در ویژگی‌های علمکردی کنجاک بویژه ویژگی جذب آب آن می‌باشند (Kruk *et al*., 2017). صمغ کنجاک به صورت شگفت‌انگیزی قادر به جذب ۱۰۰ گرم آب در هر گرم می‌باشد و از این رو، کاندیدای مناسبی برای جایگزینی چربی محصولات غذایی بدل می‌کند (Kruk *et al*., 2017) چرا که، آب جذب شده بوسیله هیدروکلوئیدها، عامل اصلی شبیه‌سازی نقش چربی در محصولات غذایی کم‌چرب می‌باشد (Jooyandeh *et al*., 2017). مزیت اصلی کنجاک گلوکومانان، اصلاح ویژگی‌های رئولوژیکی و بافت فرآورده‌ها در غلظت بسیار کم و عملکرد آن به عنوان یک ماده قوام دهنده بسیار قوی می‌باشد (Prawitwong *et al*., 2007). گیاه آمورفوفالوس که صمغ کنجاک از آن استحصال می‌شود به دلیل قابلیت تولید بالا (۳۰ تا ۱۰۰ تن در هکتار) و عدم نیاز به مراقبت‌های خاص تا رسیدن به مرحله برداشت، به محصول نقدی[3] معروف است (Behera & Ray, 2017). تحقیقات گسترده‌ای پیرامون بکارگیری کنجاک به عنوان جایگزین چربی در محصولات غذایی کم‌چرب صورت گرفته است. در پژوهشی در ارتباط با کاربرد صمغ‌ها در پنیر پروسس پخش‌پذیر گزارش شد که نمونه حاوی مقادیر ۰/۰۶۱ درصد کنجاک و ۰/۰۲۴ درصد زانتان و ۸/۵۳ درصد از کره پاستوریزه، دارای بهترین ویژگی‌های حسی بود (Mahrooghi *et al*., 2016). در مطالعه دیگری، در مورد بررسی اثر متقابل صمغ‌های کنجاک، زانتان، کاپاکاراگینان و کتیرا بر ویژگی‌های رئولوژیکی سس کچاپ عنوان شد که همه نمونه‌ها دارای اندیس رفتار جریان کمتر از ۱ بودند که بیانگر رفتار غیرنیوتنی نمونه‌های کچاپ بود (Mirzaei *et al*., 2015). Choonhahirun (۲۰۰۸)، در بررسی تأثیر افزودن آب و آرد کنجاک به عنوان جایگزین چربی در سس مایونز کرفس، مشاهده کردند که نمونه حاوی جایگزین چربی که مقدار چربی آن ۶۰ درصد کاهش یافته بود از نظر قوام، تفاوت معنی‌داری با نمونه شاهد نداشت. علی‌رغم مطالعات یادشده، تا کنون پژوهشی در ارتباط با بررسی تاثیر صمغ کنجاک به عنوان جایگزین چربی بر ویژگی‌های مختلف رئولوژیکی سس مایونز انجام نشده است. سس مایونز یک محصول غذایی با درصد چربی بالا می‌باشد و رفتار جریانی آن به عنوان یکی از عوامل اصلی پذیرش آن نزد مصرف‌کننده، به شدت متاثر از محتوای چربی فرمولاسیون

[1] Konjac Glucomanan [2] Amorfufulus Konjac [3] Cash crop

می‌باشد (Depree & Savage, 2001). از این رو، هدف از پژوهش پیشِ رو، امکان‌سنجی جایگزین کردن بخشی از چربی سس مایونز با صمغ کنجاک و بررسی ویژگی‌های رئولوژیکی و حسی نمونه‌های کم‌چرب حاوی غلظت‌های مختلف جایگزین چربی بود.

مواد و روش‌ها

- مواد اولیه

روغن سویای مایع (شرکت مارگارین برند آفتاب، ایران)، شکر (شرکت کارخانجات قند قزوین، ایران)، زرده تخم‌مرغ پاستوریزه (شرکت پامین پارس آیلین مهر، ایران)، سرکه ۱۱ درصد (شرکت بیدستان، ایران)، نمک خوراکی (شرکت خاتون، ایران)، نشاسته پیش ژلاتینه اصلاح شده (شرکت KAmidon«Bir، آلمان)، پودر خردل (شرکت G.s Dunn، کانادا) اسیدسیتریک (TTCA،چین)، سوربات پتاسیم (Foodchem، چین)، بنزوات سدیم (شرکت Foodchem، چین)، صمغ کنجاک (شرکت Fufeng، چین)، صمغ زانتان (شرکت Fufeng، چین) تهیه گردید. کلیه مواد شیمیایی مورد استفاده با درجه آزمایشگاهی و از شرکت مرک آلمان تهیه شد.

- نحوه تهیه نمونه‌های سس مایونز کم‌چرب

جهت تهیه نمونه‌های مایونز، کنجاک مورد استفاده برای هر فرمول (۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ درصد) به همراه مواد پودری دیگر اعم از شکر، نمک، پودر خردل، بنزوات سدیم و سوربات پتاسیم، اسیدسیتریک و نشاسته و زانتان توزین شدند. ابتدا آب، زرده تخم‌مرغ و یک سوم سرکه به میکسر افزوده شد و سپس به ترتیب تمام مواد پودری و به آن اضافه گردید و به مدت یک دقیقه با همزن مخلوط شدند. روغن به تدریج طی سه مرحله درون مخلوط اضافه شد تا امولسیون کامل شود، و در نهایت با اتمام روغن باقی مانده سرکه به مخلوط اضافه گردید و به مدت ۵ دقیقه با دور بالا همزن همزده شدند. بدین ترتیب، هر یک از تیمارهای مختلف مورد نظر پس از زمان ۶ دقیقه تولید شدند. و پس از کامل شدن مراحل تولید و پر کردن نمونه‌ها درون ظروف، نمونه ها تا زمان آزمایشات درون یخچال نگهداری شدند (Arabshahi *et al*., 2014). شایان ذکر است که هرکدام از نمونه‌های سس مایونز حاوی مقادیر مختلف صمغ کنجاک مطابق جدول ۱ کدگذاری گردید و بدین ترتیب در مراحل بعد جهت مشخص نمودن هریک از نمونه‌ها از کدهای مربوطه استفاده گردید. لازم به ذکر است که در فرمولاسیون نمونه ها، صمغ جایگزین روغن شد و جهت جبران کاهش بخش مایع فرمولاسیون از آب استفاده شد.

جدول ۱- فرمولاسیون مایونز شاهد و نمونه‌های کم چرب حاوی صمغ کنجاک (درصد وزنی)

Table 1- Formulation of mayonnaise for blank and low-fat samples containing konjac gum (weight percentage)

Compounds	B	R-20	R-30	R-40	R-50
Oil	30	24	21	18	15
Sugar	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7
Egg yolk	5	5	5	5	5
Vinegar %11	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
Salt	2	2	2	2	2
Preglatinated starch	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
Mustard powder	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Xanthan gum	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Citric acid	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Potassium sorbate	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Sodium benzoate	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Water	49.83	49.83	49.83	49.83	49.83

B: Control Sample, **R-20:** Mayonnaise Sample which 20% of it oil replaced with Konjak gum**, R-30:** Mayonnaise Sample which 30% of it oil replaced with Konjak gum, **R-40:** Mayonnaise Sample which 40% of it oil replaced with Konjak gum, **R-50:** Mayonnaise Sample which 50% of it oil replaced with Konjak gum.

B: ۳۰ درصد چربی؛ R-20: نمونه مایونز که ۲۰ درصد از روغن آن با ۰/۲۵ درصد کنجاک جایگزین شده است؛ R-30: نمونه مایونز که ۳۰ درصد از روغن آن با ۰/۵ درصد کنجاک جایگزین شده است؛ R-40: نمونه مایونز که ۴۰ درصد از روغن آن با ۰/۷۵ درصد کنجاک جایگزین شده است، R-50: نمونه مایونز که ۵۰ درصد از روغن آن با ۱ درصد کنجاک جایگزین شده است.

- آزمون‌های انجام شده بر نمونه‌های سس مایونز کم چرب

- آزمون پایداری

برای اندازه‌گیری شاخص پایداری نمونه‌های سس مایونز، ۱۰ گرم از هر نمونه به فالکون‌های ۱۵ میلی‌متری منتقل شدند و به مدت ۳۰ دقیقه در بن‌ماری ۸۰ درجه سانتی‌گراد حرارت دیدند و سپس، در دستگاه سانتریفیوژ (مدل EBA 20، شرکت Hettich Zentrifugen، آلمان) با سرعت ۵۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۲۰ دقیقه تحت تأثیر نیروی گریز از مرکز قرار گرفتند. در نهایت پایداری نمونه‌ها با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد (Alimi *et al*., 2013).

$$\text{پایداری فیزیکی امولسیون (درصد)} = \frac{\text{گرم لایه امولسیون}}{\text{گرم کل نمونه}} \times ۱۰۰ \quad \text{(رابطه ۱)}$$

- آزمون‌های رئولوژی

آزمون‌های رئولوژیکی شامل آزمون‌های روبش کرنش[1]، روبش فرکانس[2] و رفتار جریانی نمونه‌های کم‌چرب حاوی غلظت‌های مختلف صمغ کنجاک، بوسیله یک دستگاه رئومتر (مدلPaar Physica MCR 302، شرکت Anton Paar، اتریش) در مقایسه با نمونه شاهد در دمای ۲۵ درجه سلسیوس انجام شد. در این دستگاه، از دو صفحه موازی[3] استفاده گردید. نمونه‌های مورد آزمون در بین دو صفحه قرار گرفت و صفحه بالایی به طرف پایین حرکت نمود به طوری که نمونه کمی فشرده گشته و از بین دو صفحه بیرون زد. سپس مقدار اضافی توسط کاردک تمیز گردید. قطر صفحه دستگاه ۲۵ میلی‌متر و فاصله ایجاد شده بین دو صفحه دستگاه، ۲ میلی‌متر در نظر گرفته شد. در آزمون روبش کرنش، منطقه ویسکوالاستیک خطی[4] تعیین گشت. بدین منظور مقدار فرکانس ۱ هرتز در نظر گرفته شد و میزان کرنش اعمال شده به نمونه‌ها ۱۰۰-۰/۰۱ درصد بود. آزمون روبش فرکانس در منطقه ویسکوالاستیک خطی انجام گرفت. در این آزمون مقدار کرنش ثابت (۱ درصد) در نظر گرفته شد و میزان فرکانس اعمال شده به نمونه‌ها از ۰/۰۱ تا ۱۰۰ هرتز متغیر بود. از این آزمون فاکتورهای مدول ذخیره[5] (G')، مدول اتلاف[6] (G'') تانژانت دلتا[7] (tanδ) به دست آمد. همچنین در این پژوهش، علاوه بر ویژگی‌های ویسکوالاستیک نمونه‌ها، ویژگی‌های جریان شامل نمودارهای جریان و انطباق نتایج به دست آمده با مدل رئولوژیکی مناسب و ویسکوزیته ظاهری مورد ارزیابی قرار گرفت (McClements, 2009; Tabilo & Barbosa, 2005). رفتار جریانی سس مایونز کم چرب در دامنه سرعت برش ۱ تا ۱۰۰ (ثانیه/۱) بررسی گردید.

- آزمون حسی

جهت ارزیابی حسی نمونه‌های مایونز کم‌چرب، پس از انجام آزمون‌های اولیه ۱۰ نفر ارزیاب انتخاب شدند. بدین منظور از روش آزمون مثلثی[8] استفاده شد به این صورت که سه نمونه به ارزیاب‌ها داده شد که دو نمونه آن مشابه بودند و در نهایت ارزیاب‌هایی که نزدیک‌ترین امتیاز را به نمونه‌های مشابه داده بودند جهت ارزیابی نمونه‌های اصلی از مقیاس هدونیک ۹ امتیازی استفاده شد. در این روش به هر ارزیاب یک ظرف حاوی نمونه، یک قاشق، یک لیوان آب و یک قطعه نان به همراه یک فرم امتیازدهی داده شد. هر داور تمام نمونه‌ها را به صورت تصادفی ارزیابی کرده و بین هر نمونه آب نوشیده شد و به هریک از پارامترهای طعم، بو، ظاهر، بافت، ویسکوزیته و پذیرش کلی امتیازی از ۱ تا ۹ داده شد. نمره امتیازدهی براین اساس بود که عدد ۹ نشان دهنده بالاترین امتیاز و عدد ۱ نشان دهنده کمترین امتیاز بود (Worrasinchais *et al*., 2006).

- تجزیه و تحلیل آماری

در این تحقیق نتایج در قالب طرح کاملا تصادفی و در سه تکرار انجام شدند. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS (نسخه ۱۶) و روش تجزیه واریانس یک طرفه (One way ANOVA) استفاده شد که در صورت معنی دار بودن تفاوت مابین میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده شد. جهت رسم نمودارها نیز از نرم‌افزار EXCEL نسخه تحت ویندوز استفاده گردید.

یافته‌ها

- آزمون پایداری

شکل ۱ میزان پایداری سس مایونز حاوی غلظت‌های

[1] Strain sweep [2] Frequency sweep [3] Parallel plate [4] Linear Viscoelastic Region (LVR) [5] Storage modulus
[6] Loss modulus [7] Tan (delta) [8] Triangle test

مختلف صمغ کنجاک به عنوان جایگزین چربی را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌گردد، با افزایش غلظت صمغ در فرمولاسیون سس مایونز، میزان پایداری نمونه‌ها به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ($p < ۰/۰۵$). همچنین، همانطور که در شکل می‌توان دید، پایداری تمامی نمونه‌های کم‌چرب حاوی کنجاک، به استثنای نمونه‌ای که ۲۰ درصد چربی آن با ۰/۲۵ درصد صمغ جایگزین شده بود، به صورت معنی‌داری بیشتر از نمونه شاهد پرچرب بود ($p < ۰/۰۵$).

- رفتار رئولوژیکی پایا

به منظور بررسی اثر جایگزینی چربی با صمغ کنجاک بر رفتار جریان پایا در سس مایونز کم چرب مقادیر تنش برشی به عنوان تابعی از سرعت برش مورد ارزیابی قرار گرفت. مقادیر تنش برشی بر حسب سرعت برش برای نمونه شاهد و نمونه‌های سس تولید شده با درصدهای جایگزینی مختلف چربی با صمغ کنجاک در شکل ۲ آمده است. می‌توان مشاهده نمود که تمامی نمونه‌های مورد بررسی دارای رفتاری شل شونده با برش[1] می‌باشند. مقادیر ویسکوزیته ظاهری سس مایونز در نسبت‌های مختلف جایگزینی چربی با صمغ کنجاک در برابر سرعت برشی (نمودار لگاریتمی–لگاریتمی) نیز در شکل ۳ آمده است. همان‌طور که مشاهده می گردد، با افزایش سرعت برش در نمونه‌ی شاهد، ویسکوزیته کاهش یافت به‌طور مشابه، با افزایش سرعت برش، مقادیر ویسکوزیته ظاهری سس مایونز کم چرب حاوی درصدهای مختلف صمغ کنجاک نیز کاهش یافت که تایید کننده رفتار شل شونده با برش در این نمونه ها می باشد. به علاوه، همانطور که در شکل ۳ می‌توان دید، در تمامی نرخ‌های برش، ویسکوزیته ظاهری نمونه‌های کم‌چرب حاوی صمغ کنجاک بیشتر از نمونه شاهد پرچرب بود. همچنین لازم به ذکر است که با افزایش درصد جایگزینی روغن سس مایونز با صمغ کنجاک، ویسکوزیته ظاهری افزایش یافت به نحوی که سس مایونز حاوی بیشترین میزان صمغ کنجاک، دارای بیشترین ویسکوزیته ظاهری بود.

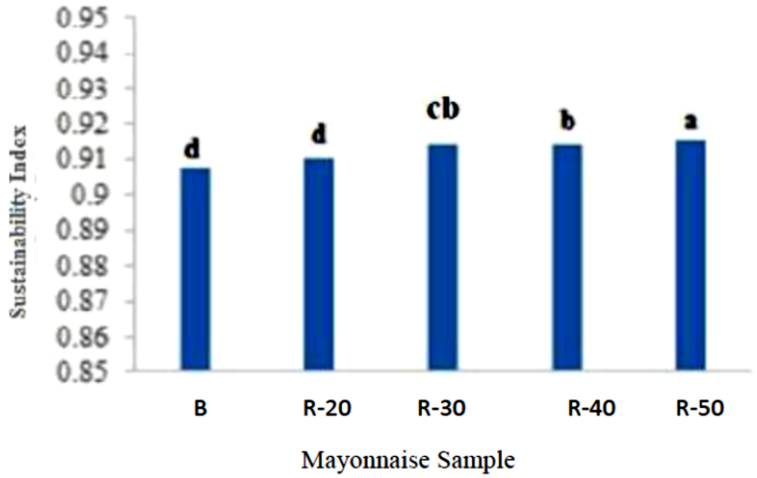

Figure 1- Stability index for low-fat mayonnaise samples

B: Control Sample, **R-20:** Mayonnaise Sample which 20% of it oil replaced with Konjak gum**, R-30:** Mayonnaise Sample which 30% of it oil replaced with Konjak gum, **R-40:** Mayonnaise Sample which 40% of it oil replaced with Konjak gum, **R-50:** Mayonnaise Sample which 50% of it oil replaced with Konjak gum. Different letters indicate significant derefences ($p<0.05$)

شکل ۱- شاخص پایداری نمونه‌های سس مایونز کم چرب.

B: ۳۰ درصد چربی؛ R-20: نمونه مایونز که ۲۰ درصد از روغن آن با ۰/۲۵ درصد کنجاک جایگزین شده است؛ **R-30:** نمونه مایونز که ۳۰ درصد از روغن آن با ۰/۵ درصد کنجاک جایگزین شده است؛ **R-40:** نمونه مایونز که ۴۰ درصد از روغن آن با ۰/۷۵ درصد کنجاک جایگزین شده است، **R-50:** نمونه مایونز که ۵۰ درصد از روغن آن با ۱ درصد کنجاک جایگزین شده است.

حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار آماری در سطح معنی‌داری ۹۵٪ می‌باشد.

[1] Shear-thinning

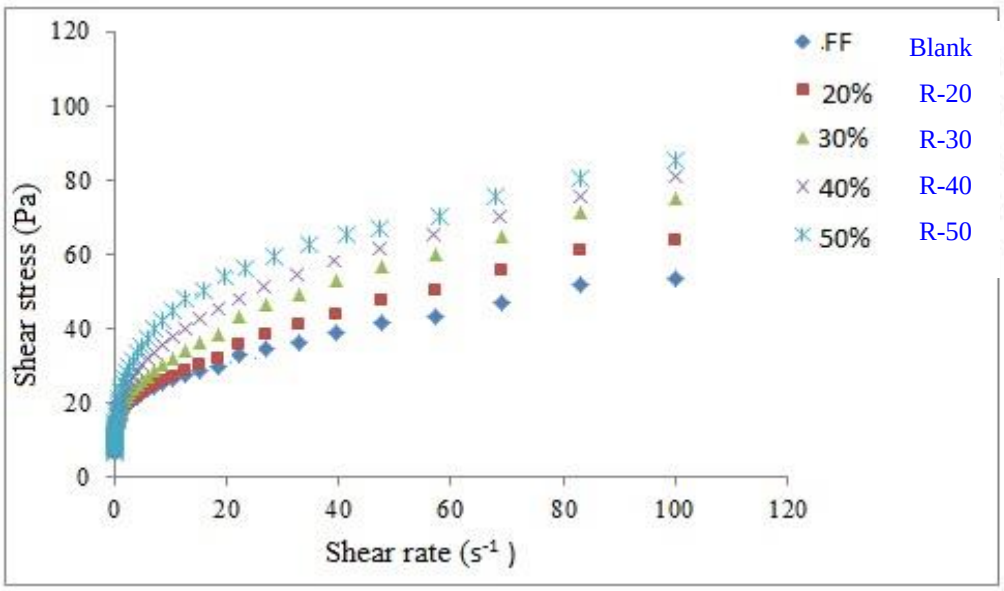

Figure 2- Curves of shear stess vs. shear rate for low-fat mayonnaise samples.
B: Control Sample, **R-20:** Mayonnaise Sample which 20% of it oil replaced with Konjak gum**, R-30:** Mayonnaise Sample which 30% of it oil replaced with Konjak gum, **R-40:** Mayonnaise Sample which 40% of it oil replaced with Konjak gum, **R-50:** Mayonnaise Sample which 50% of it oil replaced with Konjak gum

شکل ۲- نمودار تنش برشی در برابر سرعت برش نمونه‌های سس مایونز کم چرب.

B: ۳۰ درصد چربی؛ R-20: نمونه مایونز که ۲۰ درصد از روغن آن با ۰/۲۵ درصد کنجاک جایگزین شده است؛ **R-30:** نمونه مایونز که ۳۰ درصد از روغن آن با ۰/۵ درصد کنجاک جایگزین شده است؛ **R-40:** نمونه مایونز که ۴۰ درصد از روغن آن با ۰/۷۵ درصد کنجاک جایگزین شده است، **R-50:** نمونه مایونز که ۵۰ درصد از روغن آن با ۱ درصد کنجاک جایگزین شده است.

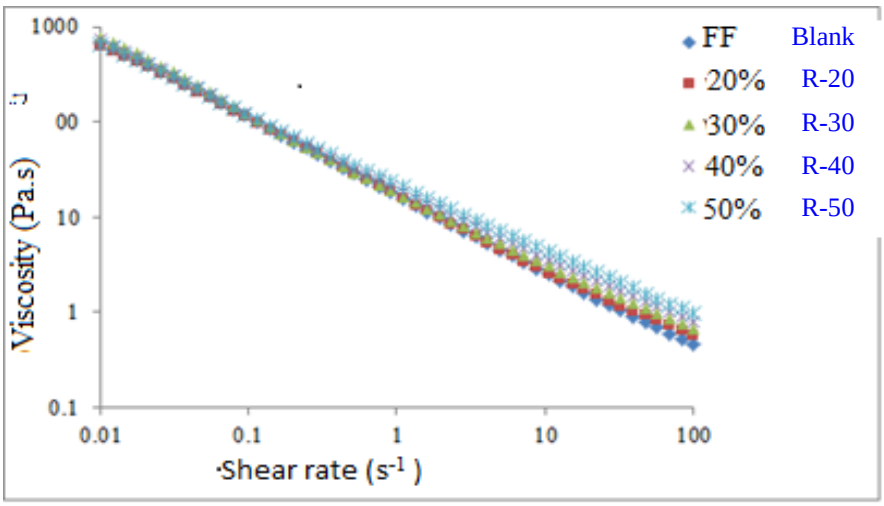

Figure 3- Curves of viscosity vs. shear rate for low-fat mayonnaise samples.
B: Control Sample, **R-20:** Mayonnaise Sample which 20% of it oil replaced with Konjak gum**, R-30:** Mayonnaise Sample which 30% of it oil replaced with Konjak gum, **R-40:** Mayonnaise Sample which 40% of it oil replaced with Konjak gum, **R-50:** Mayonnaise Sample which 50% of it oil replaced with Konjak gum

شکل ۳- نمودار ویسکوزیته ظاهری در برابر سرعت برش نمونه‌های سس مایونز کم چرب.

B: ۳۰ درصد چربی؛ R-20: نمونه مایونز که ۲۰ درصد از روغن آن با ۰/۲۵ درصد کنجاک جایگزین شده است؛ **R-30:** نمونه مایونز که ۳۰ درصد از روغن آن با ۰/۵ درصد کنجاک جایگزین شده است؛ **R-40:** نمونه مایونز که ۴۰ درصد از روغن آن با ۰/۷۵ درصد کنجاک جایگزین شده است، **R-50:** نمونه مایونز که ۵۰ درصد از روغن آن با ۱ درصد کنجاک جایگزین شده است.

نتایج حاصل از برازش داده‌های رئولوژیکی با استفاده از مدل‌های رئولوژیکی قانون توان[1] و هرشل بالکلی[2] در جدول ۲ آورده شده است. با توجه به مقادیر بالای ضریب تبیین[3] و ضریب تبیین تعدیل‌یافته[4] و مقادیر اندک حداقل مربعات خطا[5] می‌توان نتیجه گرفت که مدل‌های استفاده شده توانایی توصیف رفتار رئولوژیکی سس مایونز را در شرایط پایا دارا بودند. مقادیر شاخص رفتار جریان در تیمارهای مختلف براساس مدل قانون توان و هرشل-بالکلی به ترتیب در دامنه‌ی ۰/۳۱-۰/۲۰ و ۰/۳۹ -۰/۲۷ به دست آمد. با افزایش غلظت صمغ مقادیر شاخص رفتار جریان افزایش یافت که بیان‌کننده‌ی تضعیف رفتار شل شوندگی با برش می‌باشد. همچنین، همانطور که در جدول می‌توان دید، افزایش غلظت صمغ تا ۰/۵ درصد، باعث افزایش تنش تسلیم نمونه‌های سس مایونز کم‌چرب شد ولی افزایش بیش از این مقدار، کاهش تنش تسلیم را به همراه داشت؛ با این حال، تنش تسلیم همه نمونه‌های کم‌چرب حاوی صمغ از نمونه شاهد بیشتر بود.

- رفتار رئولوژیکی نوسانی

- آزمون روبش کرنش

به منظور تعیین ناحیه ویسکوالاستیک خطی، آزمون روبش کرنش در تیمارهای مختلف انجام پذیرفت. پارامترهای رئولوژیکی ازجمله مدول افت و مدول ذخیره در مشخص نمودن این ناحیه مورد استفاده قرار می‌گیرند. نتایج حاصل از آزمون روبش کرنش در درصدهای مختلف جایگزینی چربی با صمغ کنجاک در شکل ۴ نشان داده شده است. در تمامی نمونه‌های مورد بررسی مقادیر مدول ذخیره بالاتر از مدول افت بود. همچنین با توجه به شکل ۵، افزایش درصد جایگزینی صمغ باعث افزایش مدول ذخیره شد.

جدول ۲- پارامترهای مرتبط با مدل‌های قانون توان و هرشل بالکلی نمونه‌های سس مایونز حاوی درصدهای مختلف صمغ کنجاک

Table 2- Parameters related to the Power-Law and Herschel-Bulkley models for mayonnaise samples containing different concentrations of konjac gum

Model	Parameter	B	R-20	R-30	R-40	R-50
Power low	kp (Pa.sn)	16.91	16.79	18.33	19.97	20.05
	np (-)	0.20	0.24	0.27	0.29	0.31
	R^2	0.99	0.98	0.98	0.99	0.99
	Adjusted R^2	0.99	0.98	0.98	0.99	0.99
	RMSE	0.92	1.79	2.11	1.66	1.17
Herschel-Balkley	τ0 (Pa)	5.61	6.37	7.50	6.04	6.32
	kH (Pa.sn)	10.76	9.56	9.91	10.61	11.13
	nH (-)	0.27	0.35	0.39	0.36	0.35
	R^2	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
	Adjusted R^2	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
	RMSE	0.56	1.06	0.37	1.66	1.17

B: Control Sample, **R-20:** Mayonnaise Sample which 20% of it oil replaced with Konjak gum**, R-30:** Mayonnaise Sample which 30% of it oil replaced with Konjak gum, **R-40:** Mayonnaise Sample which 40% of it oil replaced with Konjak gum, **R-50:** Mayonnaise Sample which 50% of it oil replaced with Konjak gum

B: ۳۰ درصد چربی؛ R-20: نمونه مایونز که ۲۰ درصد از روغن آن با ۰/۲۵ درصد کنجاک جایگزین شده است؛ R-30: نمونه مایونز که ۳۰ درصد از روغن آن با ۰/۵ درصد کنجاک جایگزین شده است؛ R-40: نمونه مایونز که ۴۰ درصد از روغن آن با ۰/۷۵ درصد کنجاک جایگزین شده است، R-50: نمونه مایونز که ۵۰ درصد از روغن آن با ۱ درصد کنجاک جایگزین شده است.

[1] Power-Law [2] Herschel-Bulkley [3] Coefficient of Determination [4] Adjusted Coefficient of Determination [5] Root Mean Square Error

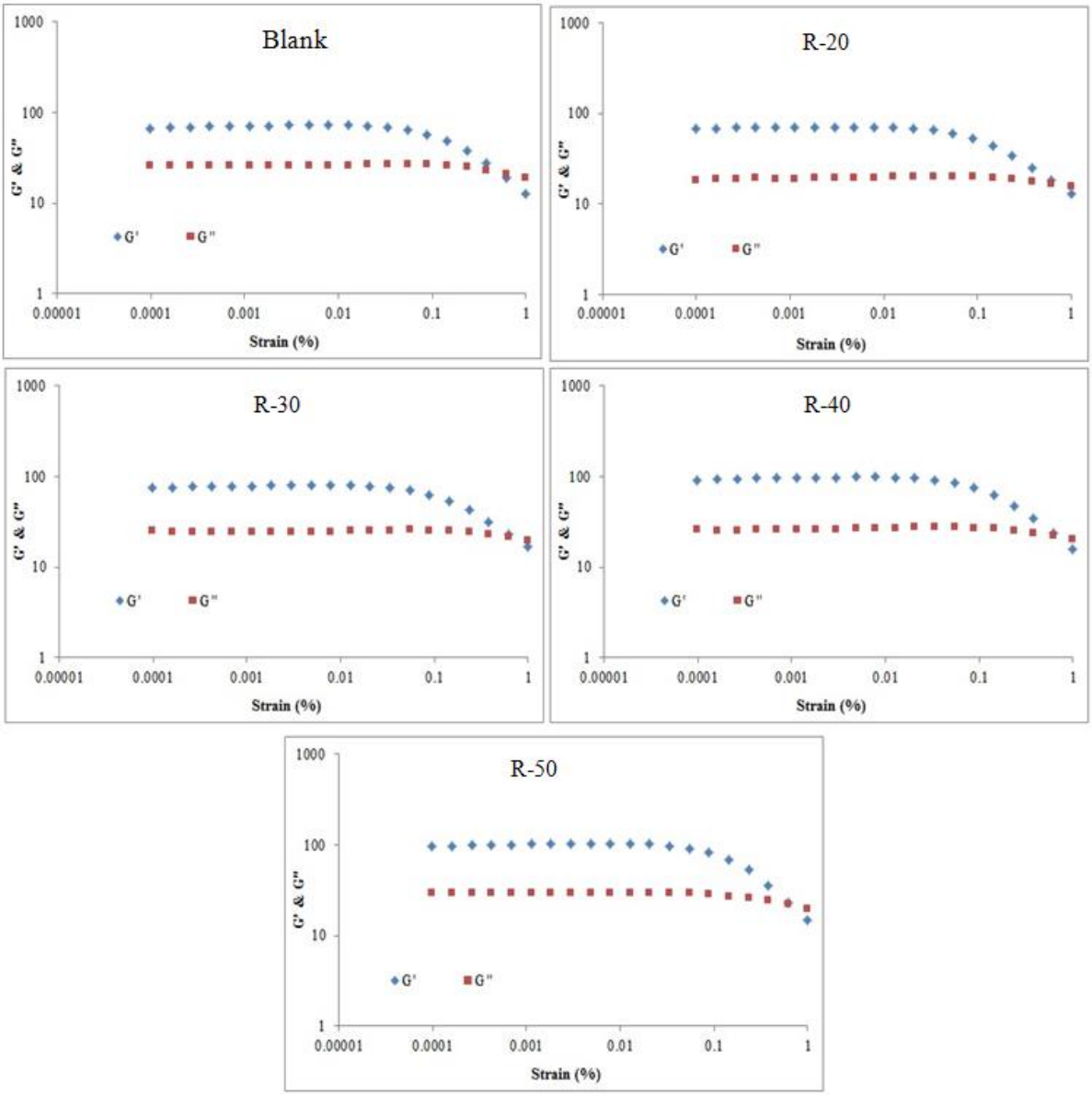

Figure 4- Curves of strain sweep for low-fat mayonnaise samples.

B: Control Sample, **R-20:** Mayonnaise Sample which 20% of it oil replaced with Konjak gum**, R-30:** Mayonnaise Sample which 30% of it oil replaced with Konjak gum, **R-40:** Mayonnaise Sample which 40% of it oil replaced with Konjak gum, **R-50:** Mayonnaise Sample which 50% of it oil replaced with Konjak gum

شکل ٤ – نمودارهای ناحیه خطی روبش-کرنش نمونه‌های سس مایونز کم چرب.

B: ۳۰ درصد چربی؛ R-20: نمونه مایونز که ۲۰ درصد از روغن آن با ۰/۲۵ درصد کنجاک جایگزین شده است؛ **R-30:** نمونه مایونز که ۳۰ درصد از روغن آن با ۰/۵ درصد کنجاک جایگزین شده است؛ **R-40:** نمونه مایونز که ۴۰ درصد از روغن آن با ۰/۷۵ درصد کنجاک جایگزین شده است، **R-50:** نمونه مایونز که ۵۰ درصد از روغن آن با ۱ درصد کنجاک جایگزین شده است.

- آزمون رویش فرکانس

در این پژوهش در زمان تشکیل ژل، مدول ذخیره به‌صورت قابل توجه‌ای از مدول افت بیشتر بود و همچنین هر دو مدول تقریباً مستقل از فرکانس بودند. مقادیر مدول افت و ذخیره به‌عنوان تابعی از فرکانس‌های مختلف برای نمونه‌های سس مایونز کم چرب دارای غلظت‌های مختلف صمغ کنجاک در شکل ۵ آمده است. همان طور که مشاهده می‌گردد، در تمامی نمونه‌های تولیدی و نیز نمونه شاهد مدول ذخیره بالاتر از مدول افت قرار داشت و وابستگی هر دو مدول به فرکانس جزئی بود (شکل ۶).

همچنین می‌توان مشاهده نمود که در نمونه‌های حاوی مقادیر مختلف صمغ، بین مقادیر مدول افت و مدول ذخیره هیچ تلاقی وجود نداشت. در این پژوهش مشاهده شد که با افزایش غلظت صمغ کنجاک، مقادیر مدول ذخیره افزایش یافت (شکل ۷) و با افزایش درصد جایگزینی چربی از ۰ تا ۳۰ درصد، یک کاهش قابل ملاحظه در مقادیر تانژانت افت مشاهده گردید (شکل ۸) ولی با افزایش بیشتر درصد جایگزینی چربی یک کاهش جزئی در مقادیر این پارامتر مشاهده شد که به دلیل افزایش کمتر مدول ذخیره بود.

- **ویژگی‌های حسی**

نتایج آزمون حسی برای طعم، ظاهر، بو، بافت، ویسکوزیته و پذیرش کلی نمونه سس‌های تولید شده مورد بررسی در جدول ۳ آورده شده است. می‌توان مشاهده نمود که با افزایش مقادیر جایگزین چربی، امتیاز بافت افزایش یافت و نمونه‌های تولیدی دارای اختلاف معنی‌دار با نمونه شاهد بودند ($p < ۰/۰۵$) ولی با یکدیگر اختلاف معناداری نداشتند ($p \geq ۰/۰۵$). بر پایه این یافته‌ها، نمونه کم‌چربی که ۳۰ درصد از روغن آن با ۰/۵ صمغ کنجاک جایگزین شده بود، دارای بالاترین امتیاز بافت بود. پایین بودن امتیاز ظاهر در نمونه‌های سس مایونز حاوی صمغ کنجاک را می توان به تیره‌تر بودن ظاهر آنها نسبت به نمونه شاهد نسبت داد. از نظر طعم و آروما نیز بین نمونه شاهد و نمونه‌های سس مایونز حاوی صمغ کنجاک، اختلاف آماری معنی‌داری وجود نداشت ($p \geq ۰/۰۵$). ازنقطه نظر پذیرش کلی، امتیاز حسی پذیرش کلی در نمونه شاهد ۸/۴ بود. بنابراین انتظار می‌رود که نمونه‌هایی که دارای امتیاز پذیرش کلی برابر یا بالاتر از این مقدار می‌باشند ازنظر پذیرش حسی مصرف کننده قابل قبول باشند. نمونه‌های دارای ۲۰ و ۳۰ درصد جایگزینی چربی دارای امتیاز حسی بالاتر از ۸/۴ بودند و از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با نمونه شاهد نداشتند ($p \geq ۰/۰۵$) و بیشترین امتیاز مربوط به نمونه ۳۰ درصد جایگزینی و کمترین امتیاز مربوط به نمونه ۴۰ و ۵۰ درصد جایگزینی بود.

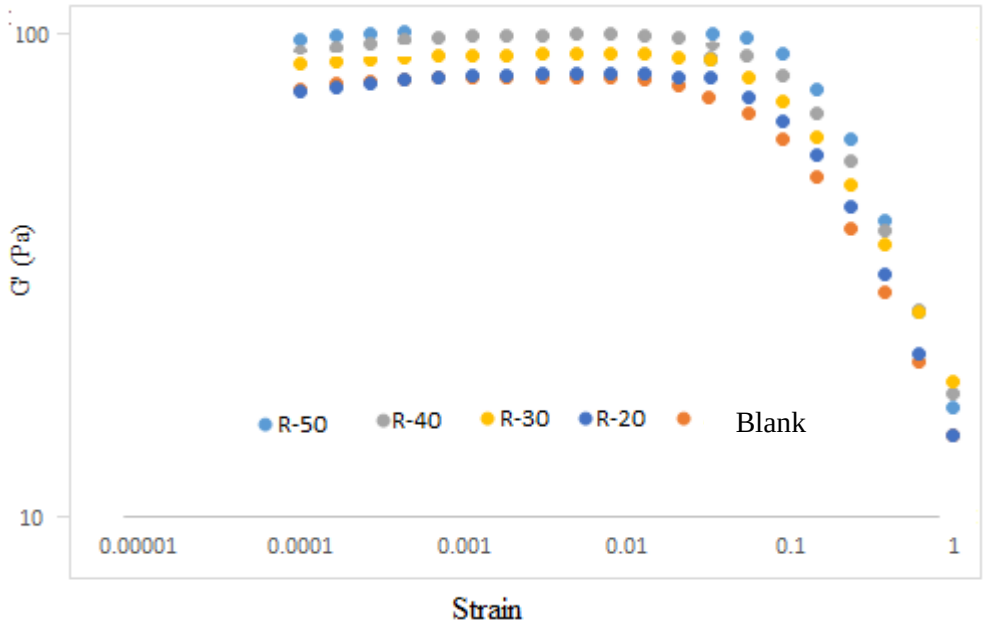

Figure 5- Comparison of storage modulus contet for low-fat mayonnaise samples.

B: Control Sample, **R-20:** Mayonnaise Sample which 20% of it oil replaced with Konjak gum**, R-30:** Mayonnaise Sample which 30% of it oil replaced with Konjak gum, **R-40:** Mayonnaise Sample which 40% of it oil replaced with Konjak gum, **R-50:** Mayonnaise Sample which 50% of it oil replaced with Konjak gum

شکل ۵- مقایسه مقادیر مدول ذخیره نمونه‌های سس مایونز کم چرب

B: ۳۰ درصد چربی؛ R-20: نمونه مایونز که ۲۰ درصد از روغن آن با ۰/۲۵ درصد کنجاک جایگزین شده است؛ **R-30:** نمونه مایونز که ۳۰ درصد از روغن آن با ۰/۵ درصد کنجاک جایگزین شده است؛ **R-40:** نمونه مایونز که ۴۰ درصد از روغن آن با ۰/۷۵ درصد کنجاک جایگزین شده است، **R-50:** نمونه مایونز که ۵۰ درصد از روغن آن با ۱ درصد کنجاک جایگزین شده است.

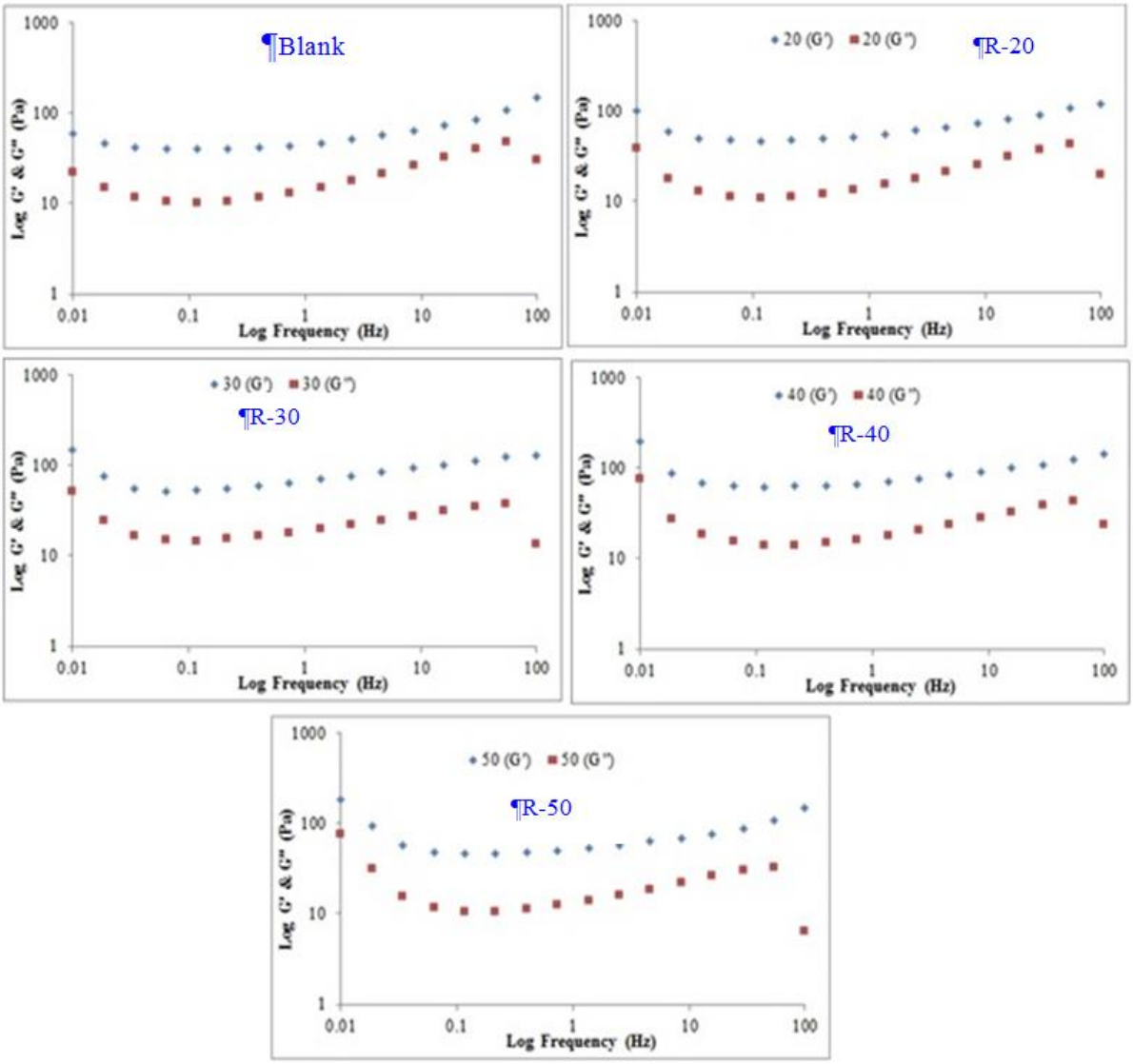

Figure 6- Curves of storage modulus and loss modulus vs. Frequency for low-fat mayonnaise samples
B: Control Sample, **R-20:** Mayonnaise Sample which 20% of it oil replaced with Konjak gum**, R-30:** Mayonnaise Sample which 30% of it oil replaced with Konjak gum, **R-40:** Mayonnaise Sample which 40% of it oil replaced with Konjak gum, **R-50:** Mayonnaise Sample which 50% of it oil replaced with Konjak gum

شکل ٦- نمودار مدول ذخیره‌ای و مدول افت در برابر فرکانس نمونه‌های سس مایونز کم چرب.

B: ۳۰ درصد چربی؛ R-20: نمونه مایونز که ۲۰ درصد از روغن آن با ۰/۲۵ درصد کنجاک جایگزین شده است؛ **R-30:** نمونه مایونز که ۳۰ درصد از روغن آن با ۰/۵ درصد کنجاک جایگزین شده است؛ **R-40:** نمونه مایونز که ۴۰ درصد از روغن آن با ۰/۷۵ درصد کنجاک جایگزین شده است، **R-50:** نمونه مایونز که ۵۰ درصد از روغن آن با ۱ درصد کنجاک جایگزین شده است.

بحث

- آزمون پایداری

به طور معمول امولسیون پایدار به امولسیونی اطلاق می‌شود که فرآیند هایی نظیر تجمع و خامه ای شدن در آن رخ ندهد و دوفار نشود. با استفاده از سانتریفوژ کردن میزان پایداری سس‌ها مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. ته‌نشینی ذرات مایونز را می‌توان به عنوان یک ویژگی نامطلوب در کیفیت محصول تولیدی دانست چرا که ازنظر پذیرش مصرف‌کننده نامطلوب می‌باشد. در تحقیق حاضر مشاهده شد که با افزایش غلظت صمغ در فرمولاسیون سس مایونز، میزان

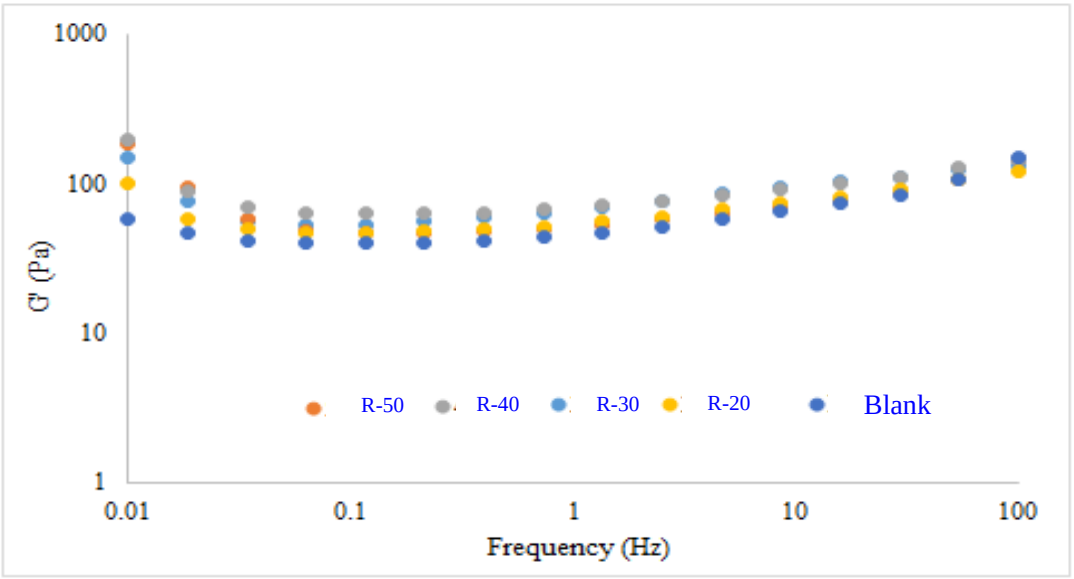

Figure 7- Effect of Frequency on storage modulus for low-fat mayonnaise samples
B: Control Sample, **R-20:** Mayonnaise Sample which 20% of it oil replaced with Konjak gum**, R-30:** Mayonnaise Sample which 30% of it oil replaced with Konjak gum, **R-40:** Mayonnaise Sample which 40% of it oil replaced with Konjak gum, **R-50:** Mayonnaise Sample which 50% of it oil replaced with Konjak gum

شکل ۷- مقایسه مقادیر مدول ذخیره در برابر فرکانس نمونه‌های سس مایونز کم چرب.

B: ۳۰ درصد چربی؛ R-20: نمونه مایونز که ۲۰ درصد از روغن آن با ۰/۲۵ درصد کنجاک جایگزین شده است؛ **R-30:** نمونه مایونز که ۳۰ درصد از روغن آن با ۰/۵ درصد کنجاک جایگزین شده است؛ **R-40:** نمونه مایونز که ۴۰ درصد از روغن آن با ۰/۷۵ درصد کنجاک جایگزین شده است، **R-50:** نمونه مایونز که ۵۰ درصد از روغن آن با ۱ درصد کنجاک جایگزین شده است.

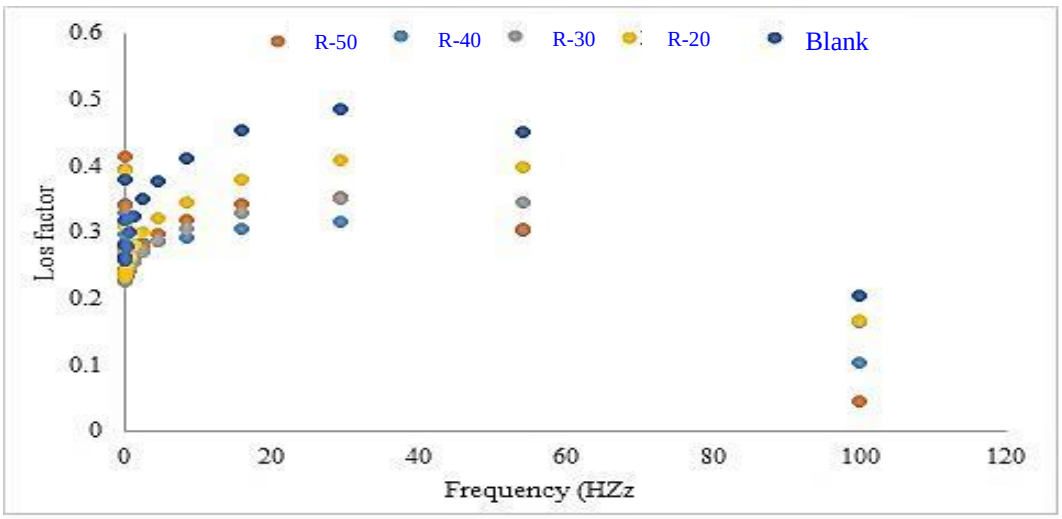

Figure 8- Effect of Frequency on lost factor for low-fat mayonnaise samples.
B: Control Sample, **R-20:** Mayonnaise Sample which 20% of it oil replaced with Konjak gum**, R-30:** Mayonnaise Sample which 30% of it oil replaced with Konjak gum, **R-40:** Mayonnaise Sample which 40% of it oil replaced with Konjak gum, **R-50:** Mayonnaise Sample which 50% of it oil replaced with Konjak gum

شکل ۸- مقایسه تانژانت افت در برابر فرکانس نمونه‌های سس مایونز کم چرب.

B: ۳۰ درصد چربی؛ R-20: نمونه مایونز که ۲۰ درصد از روغن آن با ۰/۲۵ درصد کنجاک جایگزین شده است؛ **R-30:** نمونه مایونز که ۳۰ درصد از روغن آن با ۰/۵ درصد کنجاک جایگزین شده است؛ **R-40:** نمونه مایونز که ۴۰ درصد از روغن آن با ۰/۷۵ درصد کنجاک جایگزین شده است، **R-50:** نمونه مایونز که ۵۰ درصد از روغن آن با ۱ درصد کنجاک جایگزین شده است.

جدول ۳- ارزیابی حسی نمونه‌های سس مایونز دارای مقادیر مختلف صمغ کنجاک

Table 3- Sensory evaluation of mayonnaise samples containing different concentrations of konjac gum

	B	R-20	R-30	R-40	R-50
Taste	7.45[a]	7.45[a]	7.40[a]	7.40[a]	7.40[a]
Appearance	9[a]	8.8[b]	8.9[b]	8.6 [c]	8.4 [c]
odor	8.5[a]	8.5[a]	8.45[a]	8.45 [a]	8.4 [a]
Texture	8.5[b]	8.7[a]	8.8[a]	8.7[a]	8.7 [a]
Viscosity	8.1[d]	8.2[d]	8.5 [a]	8.6 [b]	8.8. [a]
Overall acceptability	8.40[a]	8.40[a]	7.4 [a]	8.3 [b]	8.3 [b]

B: Control Sample, **R-20:** Mayonnaise Sample which 20% of it oil replaced with Konjak gum**, R-30:** Mayonnaise Sample which 30% of it oil replaced with Konjak gum, **R-40:** Mayonnaise Sample which 40% of it oil replaced with Konjak gum, **R-50:** Mayonnaise Sample which 50% of it oil replaced with Konjak gum. Small letters (a, b, c, d, e) in the same line indicate significant differences ($p<0.05$) of treatment.

B: ۳۰ درصد چربی؛ R-20: نمونه مایونز که ۲۰ درصد از روغن آن با ۰/۲۵ درصد کنجاک جایگزین شده است؛ R-30: نمونه مایونز که ۳۰ درصد از روغن آن با ۰/۵ درصد کنجاک جایگزین شده است؛ R-40: نمونه مایونز که ۴۰ درصد از روغن آن با ۰/۷۵ درصد کنجاک جایگزین شده است، R-50: نمونه مایونز که ۵۰ درصد از روغن آن با ۱ درصد کنجاک جایگزین شده است. حروف کوچک انگلیسی متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار آماری در سطح معنی‌داری ۹۵٪ می‌باشد.

پایداری نمونه‌ها به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ($p < ۰/۰۵$) که می‌توان آن را به ایجاد درهم‌تنیدگی‌های مولکولی و اتصالات ایجاد شده توسط صمغ و ترکیبات مولکولی سس و همچنین افزایش ویسکوزیته محصول در اثر افزودن صمغ نسبت داد که بر اساس قانون استوک با به تاخیر انداختن سرعت حرکت قطرات روغن موجود در فاز پراکنده و جلوگیری از به هم چسبیدن قطرات موجب پایداری امولسیون می‌شود (Mun *et al.*, 2009). علاوه براین، افزایش پایداری نمونه‌های سس حاوی صمغ کنجاک را می‌توان به توانایی کنجاک در جذب آب موجود در فاز پیوسته مربوط دانست که مانع دو فاز شدن امولسیون سس می‌گردد و تفاوت پایداری ناشی از تفاوت میان ویسکوزیته فاز پیوسته می‌باشد (Kruk *et al.*, 2017). نتایج این پژوهش با نتایج Mun و همکاران (۲۰۰۹) مبنی بر افزایش پایداری مایونز با افزایش میزان صمغ (زانتان و آلژینات) همسو می‌باشد، Nikzade و همکاران (۲۰۱۲) نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. آن‌ها عنوان نمودند که استفاده از صمغ زانتان و گوار و همچنین پروتئین‌ها موجب افزایش پایداری و جلوگیری از خامه ای شدن سس مایونز کم چرب شد. همچنین به منظور ارزیابی میزان پایداری نمونه‌های سس حاوی درصدهای مختلف صمغ کنجاک، پس از مدت ۲ ماه میزان پایداری نمونه‌ها به صورت ظاهری مورد ارزیابی قرار گرفت. در هیچ یک از نمونه‌ها در مدت زمان ۵۶ ساعت نگهداری در دمای ۳۸ درجه سلسیوس نشانه‌ای از دو فاز شدن یا روغن‌زدگی سطحی مشاهده نشد که نشان‌دهنده‌ی پایداری نمونه‌های سس تولید شده طی مدت زمان انبارمانی بود.

- رفتار رئولوژیکی پایا

در این پژوهش مشاهده شد که با افزایش سرعت برش، ویسکوزیته ظاهری نمونه شاهد کاهش یافت که نشان دهنده‌ی رفتار شل شونده با برش آن بود. کاهش ویسکوزیته در نرخ برش بالاتر نشان‌دهنده‌ی شکست ساختار و درنتیجه مقاومت کمتر به جریان یافتن می‌باشد (Rao, 1999). رفتار سودوپلاستیک برای نمونه‌های کم‌چرب حاوی صمغ نیز مشاهده شد. McClements (۲۰۰۹) گزارش کرد که در امولسیون‌های متراکم، قطرات به اندازه کافی به یکدیگر نزدیک می‌باشند و با یکدیگر برهمکنش می‌دهند که منجر به شکل‌گیری شبکه سه‌بعدی قطرات تجمع یافته می‌گردد. زمانی که سرعت برش افزایش می‌یابد، نیروهای هیدرودینامیک موجب می‌شودکه تجمع قطرات شکل خود را از دست داده و حتی شکسته شوند که منجر به کاهش ویسکوزیته می‌گردد. هیدروکلوییدها در غلظت‌های پایین، ویسکوزیته زیاد و رفتار به‌شدت شل شونده با برش ایجاد می‌کنند (Schorsch *et al.*, 1997). به همان نسبت که سرعت برش افزایش می‌یابد، زنجیره‌های تصادفی صمغ‌ها در جهت جریان قرار می‌گیرند و درنتیجه‌ی آن برهمکنش‌های بین زنجیره‌های مجاور کاهش‌یافته و ویسکوزیته ظاهری کاهش می‌یابد (Koocheki *et al.*, 2013). خاصیت رقیق شونده با برش سس مایونز باعث بهبود پراکندگی ذرات در فاز مایع شده و از به هم چسبیدن ذرات روغن و دو فاز شدن سس در طی زمان جلوگیری می نماید (Taherian *et al.*, 2006). به طور مشابه، Liu و همکاران (۲۰۰۷) مشاهده

نمودند که سس‌های مایونز با درصد چربی پایین که در آن‌ها از پکتین با متوکسیل پایین استفاده شده بود، رفتاری شل‌شونده‌بابرش داشتند. همچنین می‌توان مشاهده نمود که با افزایش درصد جایگزینی چربی با صمغ در فرمولاسیون سس مایونزکم چرب، ویسکوزیته ظاهری یک روند افزایشی داشت که به افزایش ماده جامد و تشکیل شبکه و ساختار قوی‌تر در حضور غلظت بالاتر صمغ مربوط می‌باشد (Maskan & Göğüş, 2000). به طور مشابهی، در پژوهشی گزارش شد که افزودن مالتو دکسترین و صمغ کتیرا به سس مایونز کم چرب، باعث افزایش ویسکوزیته ظاهری شد (Amiri *et al*., 2011)

مطابق نتایج تحقیق حاضر می‌توان نتیجه گرفت که مدل‌های قانون توان و هرشل‌بالکلی توانایی توصیف رفتار رئولوژیکی سس مایونز را در شرایط پایا دارا بودند. پژوهشگرانی نیز با بررسی ویژگی های رئولوژیکی سس مایونز کم‌چرب حاوی بتاگلوکان جو بدون پوشینه گزارش کردند مدل توان مدل مناسبی جهت بررسی رفتار جریان مایونز می‌باشد (Amiri, 2011). Wang و همکاران (۲۰۱۶) نیز مشاهده کردند که رفتار رئولوژیکی سس خردل که در فرمولاسیون آن از صمغ زانتان، نشاسته اصلاح‌شده و صمغ گوار استفاده شده بود را می‌توان به‌خوبی با استفاده از مدل هرشل–بالکلی توصیف نمود. همچنین، مشاهده شد که مقادیر شاخص رفتار جریان (n) در تمامی نمونه‌های مورد بررسی کمتر از ۱ بود که تأییدی بر رفتار شل‌شونده با برش این محصول در حضور صمغ بود. رفتار شل شونده با برش سس مایونز پیش از این توسط محققانی همچون Ma و Barbosa-Canovas (۱۹۹۵)، Juszczak و همکاران (۲۰۰۳)، Worrasinchai و همکاران (۲۰۰۶) و Liu و همکاران (۲۰۰۷) گزارش شده بود. با افزایش غلظت صمغ مقادیر شاخص رفتار جریان افزایش یافت که بیان‌کننده‌ی تضعیف رفتار شل‌شوندگی با برش بود. مقادیر ضریب قوام (شاخصی از ویسکوزیته سیالات) به‌دست‌آمده از مدل قانون توان نیز با افزایش غلظت هیدروکلویید به‌صورت کلی افزایش یافت که می‌تواند ناشی از افزایش در هم‌تنیدگی‌های مولکولی و در نتیجه افزایش مقاومت محصول در برابر جریان‌یافتن باشد. نتایج مشابهی برای تأثیر غلظت هیدروکلویدهای گوار، زانتان، کتیرا، لوکاست و کربوکسی متیل سلولز بر مقادیر شاخص ضریب قوام گزارش‌شده است (Sahin & ozdemir, 2004; Sharoba *et al*., 2005). بر اساس نتایج، با افزایش درصد جایگزینی چربی از ۰ تا ۳۰ درصد، تنش تسلیم نمونه‌های سس مایونز افزایش یافت و با افزایش بیشتر درصد جایگزینی، مقادیر این پارامتر کاهش یافت. نتایج مشابهی در مورد تأثیر افزودن صمغ‌های زانتان و گوار بر مقادیر تنش تسلیم سس مایونز گزارش شده است (Su *et al*., 2010). تنش تسلیم هنگام استفاده از سس مایونز به همراه سالاد دارای اهمیت به سزایی می‌باشد. زیرا مایونز می‌بایست از توانایی مناسبی جهت عدم سیال شدن بر روی سطح سالاد برخوردار باشد (Liu *et al*., 2007). Mun و همکاران (۲۰۰۹) در توضیح علت تاثیر افزایشی و سپس کاهشی جایگزین‌های چربی بر تنش تسلیم سس مایونز کم‌چرب عنوان داشتند که افزایش نشاسته برنج و صمغ تراگاکانت تا یک غلظت مشخص، با افزایش قدرت نیروهای جاذبه بین مولکولی باعث ارتقای تنش تسلیم شدند ولی پس از آن به دلیل ایجاد دافعه، کاهش تنش تسلیم را در پی داشتند. به نظر می‌رسد، در پژوهش حاضر، در غلظت بیش از ۰/۵ درصد جایگزین چربی، دافعه فضایی شاخه‌های جانبی صمغ کنجاک از جمله گروه‌های استیل، باعث شده است تا به نیروی کمتری برای جاری شدن سس مایونز نیاز باشد که به نوبه خود، کاهش تنش تسلیم را به همراه داشت. از این‌رو، نمونه‌های سس با درصد جایگزینی ۲۰ و ۳۰ برای مصرف سس مایونز به همراه سالاد مناسب می‌باشند.

- آزمون روبش کرنش

ویژگی‌های ویسکوالاستیک به‌طور معمول به منظور ارزیابی ساختار سه بعدی محصولات مورد استفاده قرار می‌گیرد (Chaisawang & Suphantharika, 2005). پیش از مطالعه و تجزیه و تحلیل ویژگی‌های ویسکو الاستیک نمونه‌های سس مایونز، می‌بایست ناحیه خطی ویسکوالاستیک (LVE)[1] مشخص شود. در این ناحیه، تخریب ساختار سه بعدی نمونه‌های مورد بررسی در حداقل مقدار خود قرار دارد و هر دو پارامتر مدول افت و مدول ذخیره ثابت می‌باشند. کرنش متناظر با شروع کاهش شدید مدول ذخیره یا همان کرنش بحرانی را می‌توان به عنوان معیاری از قدرت ساختمانی یا قابلیت حفظ شکل به تنش‌های وارده حین نقل و انتقال محصول مرتبط دانست. مدول ذخیره نشان دهنده‌ی استحکام

[1] Linear viscoelastic region

ژل می‌باشد. همان‌طور که مشاهده می‌گردد (شکل ۴)، در تمامی نمونه‌های مورد بررسی مقادیر مدول ذخیره بالاتر از مدول افت بود. این رفتار نشان می‌دهد که رفتار الاستیک غالب می‌باشد و این نمونه‌ها را می‌توان جزو ژل‌های ضعیف طبقه‌بندی نمود. مهم ترین عامل بروز این خصوصیات حضور صمغ در امولسیون است که به وسیله تشکیل توده‌های بزرگ این امر را موجب می‌شود (Ma & Barbosa-Cánovas, 1995). افزایش صمغ باعث افزایش مدول ذخیره شد که رفتار ژل مانند سس مایونز توسط سایر محققان ازجمله Aslanzadeh و همکاران (۲۰۱۴) و Liu و همکاران (۲۰۰۷) نیز مشاهده گردیده است.

- آزمون روبش فرکانس

به طور معمول از پارامترهای به‌دست‌آمده از آزمون روبش فرکانس می‌توان برای دسته‌بندی رفتار دیسپرسیون‌ها استفاده کرد. بر این اساس، دیسپرسیون‌ها به چهار دسته اصلی شامل محلول‌های رقیق، محلول‌های غلیظ، ژل ضعیف و ژل قوی تقسیم‌بندی می‌شوند (Steffe, 1996). علاوه بر این، از این آزمون در مقایسه اثر تیمارهای مختلف بر رفتار ویسکوالاستیک دیسپرسیون‌های بیوپلیمری استفاده می‌شود. در دیسپرسیون‌های رقیق[1]، تقریباً در تمام فرکانس‌ها؛ مقادیر مدول افت بیشتر از مدول ذخیره می‌باشد. از سوی دیگر، در دیسپرسیون‌های غلیظ، نقطه‌ای به نام نقطه تقاطع[2] وجود دارد که در آن مقادیر مدول ذخیره و افت برابر است. در فرکانس‌های کمتر از نقطه تقاطع، مواد در حالت شبه مایع[4] می‌باشند و در فرکانس‌های بالاتر ازاین نقطه، به‌صورت شبه جامد[5] می‌باشند. در این پژوهش در زمان تشکیل ژل، مدول ذخیره به‌صورت قابل توجهی از مدول افت بیشتر بوده و همچنین هر دو مدول تقریباً مستقل از فرکانس بودند. در تحقیق حاضر در تمامی درصدهای جایگزینی و نیز نمونه شاهد مدول ذخیره بالاتر از مدول افت قرار داشت که نشان می‌دهد در این نمونه‌های ویسکوالاستیک، رفتار الاستیک بر رفتار ویسکوز غالب است و هر دو مدول به‌طور موازی با یکدیگر تغییر کردند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که دیسپرسیون سس مایونز کم چرب رفتاری شبه ژل[5] دارد و یا به‌عبارت دیگر یک ژل ضعیف[6] است (Steffe, 1996) و وابستگی هر دو مدول به فرکانس جزئی بود. همچنین می‌توان مشاهده نمود که در نمونه‌های حاوی درصدهای مختلف صمغ، بین مقادیر مدول افت و مدول ذخیره هیچ تلاقی وجود نداشت که نشان‌دهنده این موضوع است که پدیده دو فاز شدن در هیچ یک از نمونه‌ها اتفاق نمی‌افتد. نتایج به‌دست‌آمده با نتایج گزارش‌شده توسط Mandala و همکاران (۲۰۰۴)، Heyman و همکاران (۲۰۱۰) و Wang و همکاران (۲۰۱۶) در مورد تأثیر نشاسته و صمغ‌های زانتان و لوکاست روی سس مایونز و تأثیر استفاده از صمغ‌های گوار، زانتان، کربوکسی متیل سلولز روی سس بشامل و همچنین نشاسته اصلاح‌شده، گوار و زانتان بر سس خردل مطابقت دارد. تانژانت افت (G''/G') از تقسیم مقادیر مدول افت بر مقادیر مدول ذخیره به دست می‌آید. مقادیر کمتر از یک برای این پارامتر رئولوژیکی نشان می‌دهد که در تمامی نمونه‌های مورد بررسی رفتار الاستیک بر رفتار ویسکوز غلبه دارد. به‌صورت کلی انتظار می‌رود که امولسیون‌هایی با درصد چربی بالاتر مقدار مدول ذخیره بزرگ‌تری داشته باشند (Ma & Barbosa-Cánovas, 1995). با این وجود در این پژوهش مشاهده شد که در درصدهای بالاتر جایگزینی چربی، مقادیر مدول ذخیره افزایش یافت که با نتایج به‌دست‌آمده توسط Liu و همکاران (۲۰۰۷) مطابقت دارد. با افزایش درصد جایگزینی چربی از ۰ تا ۳۰ درصد، یک کاهش قابل ملاحظه در مقادیر تانژانت افت مشاهده گردید که نشان دهنده ی بهبود قوام بافتی در این درصد های جایگزینی می‌باشد. این تأثیر می‌تواند به دلیل توانایی صمغ در ایجاد درهم‌تنیدگی‌های مولکولی باشد (Heyman *et al*., 2010).

- ویژگی‌های حسی

آزمون حسی به طور معمول به منظور بررسی اثر تیمارهای مختلف بر پذیرش مصرف‌کننده مورد استفاده قرار می‌گیرد. زمانی که در نظر است یک محصول به تولید صنعتی برسد، ارزیابی حسی یکی از مهم‌ترین مواردی است که باید مورد ارزیابی قرار گیرد. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که که با افزایش جایگزینی چربی امتیاز بافت افزایش یافت و دارای اختلاف معنی‌دار با نمونه شاهد بودند ($p < ۰/۰۵$) ولی با یکدیگر اختلاف معناداری نداشتند ($p \geq ۰/۰۵$) و سس‌هایی با ۳۰ درصد جایگزینی چربی با صمغ کنجاک ازنقطه نظر

[1] Dilute solution [2] Cross-over point [3] Fluid-like [4] Solid-like [5] Gel-like [6] Weak gel

بافتی امتیاز حسی بالاتری به دست آوردند و با افزایش بیشتر درصد جایگزینی چربی با صمغ در فرمولاسیون سس تولیدی تغییر معنی‌داری در امتیاز حسی این پارامتر مشاهده نگردید ($p \geq ۰/۰۵$). به طور مشابهی، گزارش شد سس مایونزی که ۳۰ درصد چربی آن با صمغ دانه ریحان جایگزین شده بود از بالاترین امتیاز حسی بافت برخوردار بود (Arabshahi et al., 2014). همچنین از نظر ویسکوزیته می‌توان مشاهده نمود که با افزایش درصد جایگزینی چربی مقادیر قوام به طور پیوسته و به صورت جزیی افزایش یافت که با نتایج بدست آمده در بخش بررسی رفتار جریان پایا در تطابق است و نمونه‌ها دارای اختلاف معنی‌دار با یکدیگر هستند ($p < ۰/۰۵$). از سوی دیگر، پایین‌تر بودن نمره ارزیابی ظاهری سس‌های حاوی صمغ را می‌توان به تیره‌تر بودن ظاهر آنها مربوط دانست. بیشترین امتیاز مربوط به نمونه شاهد بود و نمونه‌های ۲۰ و۳۰ درصد جایگزینی با هم تفاوت معنی‌داری نداشتند ($p \geq ۰/۰۵$) و بعد از نمونه شاهد بالاترین امتیاز را داشتند. به طور مشابه با نتیجه این پژوهش، Liu و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند که با جایگزینی چربی سس مایونز با پکتین امتیاز حسی ظاهر محصول کاهش یافت. Wang و همکاران (۲۰۱۶) به بررسی تأثیر صمغ زانتان، گوار و نشاسته اصلاح‌شده بر ویژگی‌های حسی سس خردل پرداختند. آن‌ها دریافتند که با افزایش غلظت صمغ، امتیاز ظاهر و عطر سس‌های مورد بررسی کاهش یافت؛ درحالی‌که امتیاز حسی طعم افزایش یافت. از نقطه نظر پذیرش کلی، نمونه‌های دارای ۲۰ و ۳۰ درصد جایگزینی چربی دارای امتیاز حسی بالاتر و از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با نمونه شاهد نداشتند ($p \geq ۰/۰۵$). نمونه‌ای که ۳۰ درصد از چربی آن با صمغ کنجاک جایگزین شده بود بالاترین امتیاز را دارا بود و در نتیجه، می‌تواند به‌عنوان جایگزین نمونه شاهد مورد استفاده قرار گیرند.

نتیجه‌گیری

هدف از این پژوهش، بررسی ویژگی‌های رئولوژیکی و حسی سس مایونز کم‌چرب حاوی غلظت‌های مختلف صمغ کنجاک به عنوان جایگزین چربی بود. رفتار جریانی نمونه‌ها با همبستگی بالایی به مدل قانون توان و هرشل‌بالکلی برازش شد. نشان داده شد که همگی نمونه‌ها از رفتاری شل‌شونده‌با برش تبعیت می‌کنند؛ با این حال، افزایش درصد جایگزینی چربی محصول با صمغ کنجاک، کاهش اندیس جریان و افزایش اندیس قوام را در پی داشت. بر اساس مدل جریانی هرشل‌بالکلی، تنش تسلیم همه نمونه‌های کم‌چرب حاوی صمغ از نمونه شاهد بیشتر بود. یافته‌های رئولوژیکی نشان دادند برای همه نمونه‌ها، مدول ذخیره بالاتر از مدول افت قرار داشت و تانژانت افت کمتر از یک بود. صمغ کنجاک به گونه پیوسته‌ای باعث بهبود شاخص پایداری سس مایونز کم‌چرب شد. مقبولیت بافت و قوام مایونز کم‌چرب با افزایش غلظت صمغ افزایش یافت که به نوبه به خود باعث بهبود پذیرش کلی محصول شد. این در حالی بود که مقبولیت طعم و بو متاثر از صمغ نشد و ظاهر با کاهش مطلوبیت همراه شد. به طور کلی، نمونه‌ای که ۳۰ درصد از چربی آن با ۰/۵ صمغ کنجاک جایگزین شده بود به دلیل ویژگی‌های رئولوژیکی مطلوب و کسب بالاترین نمره مطلوبیت بافت و پذیرش کلی، به عنوان بهترین نمونه کم‌چرب، برگزیده شد.

منابع

Alimi, M., Mizani, M., Naderi, G. & Shokoohi, S. (2013). Effect of inulin formulation on the microstructure and viscoelastic properties of low-fat mayonnaise containing modified starch. Journal of Applied Polymer Science, 130 (2), 801-809.

Amiri, A. S. S. (2011). Extraction of beta-glucan from barley and its use in formulation of mayonnaise sauce, MSc thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources [In Persian].

Amiri, A. S. S., Alami, M. & Rezaei, R. (2011). Feasibility of gum tragacanth and maltodextrin used as a fat replacer in mayonnaise. Electronic Journal of Food Processing and Preseravtion, 2 (3), 1-18 [In Persian].

Amiri, A. S. S., Alami, M. & Arabshahi, S. (2014). The effect of basil seed mucilage as a fat substitute on the physicochemical, rheological, textural and sensory characteristics of low-fat mayonnaise, Journal of Food Research, 24 (2), 249-265 [In Persian].

Akoh, C. C. (1998). Fat replacers. Food technology (Chicago), 52(3), pp.47-53.

Aslanzadeh, M., Mizani, M., Alimi, M. & Gerami, A. (2014). Evaluation of produced dietary fiber from wheat bran as a fat replacer in mayonnaise. Food Technology & Nutrition, 11 (1), 21-31 [In Persian].

Barbosa-Canovas, G. V. & Ma, L. (1995). Rheological characterization of mayonnaise. Part 2: Flow and Viscoelastic Properties at Different Oil and Xanthan Gum Concentrations. Journal of Food Engineering, 25 (3), 40-425.

Behera, S. S. & Ray, R. C. (2017). Nutritional and potential health benefits of konjac glucomannan, a promising polysaccharide of elephant foot yam, Amorphophallus konjac K. Koch: A review. Food Reviews International, 33(1), 22-43.

Chaisawang, M. & Suphantharika, M. (2005). Effects of guar gum and xanthan gum additions on physical and rheological properties of cationic tapioca starch. Carbohydrate polymers, 61 (3), 288-295.

Choonhahirun, A. (2008). Influence of added water and konjac flour as fat replacer on some quality characteristics of celery mayonnaise. AU J T, 11 (3), 154-158.

Depree, J. A. & Savage, G. P. (2001). Physical and flavor stability of mayonnaise. Trends in Food Science & Technology, 12, 157-163.

Heyman, B., Depypere, F., Delbaere, C. & Dewettinck, K. (2010). Effects of non-starch hydrocolloids on the physicochemical properties and stability of a commercial béchamel sauce. Journal of food engineering, 99 (2), 115-120.

Jooyandeh, H., Goudarzi, M., Rostamabadi, H. & Hojjati, M. (2017). Effect of Persian and almond gums as fat replacers on the physicochemical, rheological, and microstructural attributes of low-fat Iranian White cheese. Food Science & Nutrition, 5(3), 669-677.

Juszczak, L., Fortuna, T. & Kosla, A. (2003). Sensory and Rheological properties of polish commercial Mayonnaise, Food /Nahrung, 47 (4), 232-235

Koocheki, A., Taherian, A. R. & Bostan, A. (2013). Studies on the steady shear flow behavior and functional properties of Lepidium perfoliatum seed gum. Food Research International, 50 (1), 446-456.

Kruk, J., Kaczmarczyk, K., Ptaszek, A., Goik, U. & Ptaszek, P. (2017). The effect of temperature on the colligative properties of food-grade konjac gum in water solutions. Carbohydrate Polymers, 174, 456-463.

Liu, H., Xu, X. & Guo, S. D. (2007). Rheological, texture and sensory properties of low-fat mayonnaise with different fat mimetics. LWT-Food Science and Technology, 40(6), 946-954.

Ma, L. & Barbosa-Cánovas, G. (1995). Rheological characterization of mayonnaise. Part II: Flow and viscoelastic properties at different oil and xanthan gum concentrations. Journal of food engineering, 25 (3), 409-425.

McClements D. J. (2009). Biopolymers in Food Emulsions. Pp. 129-166. In: Kasapis S, Norton IT and Ubbink JB (Eds). Modern Biopolymer Science. Elsevier, London

Mahrooghi, M., Ghods Rohani, M. & Rashidi, H. (2016). The optimization of spreadable process cheese formulation using konjac and xanthan gums. Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology, 5 (4), 369-382 [In Persian].

Mandala, I. G., Savvas, T. P. & Kostaropoulos, A. E. (2004). Xanthan and locust bean gum Influence on the rheology and structure of a white model-ssauce. Journal of Food Engineering, 64, 335-342.

Maskan, M. & Göğüş, F. (2000). Effect of sugar on the rheological properties of sunflower oil–water emulsions. Journal of Food Engineering, 43(3), 173-177.

Mun, S., Kim, Y., Kang, C., Park, K., Shim, J. & Kim, Y. (2009). Development of reduced-fat mayonnaise using 4-GTase-modified rice starch and xanthan gum. International Journal of Biological Macromolecules, (44), 400-407.

Mirzaei, M., Alimi, M. & Shokouhi, S. (2015). Interaction effects of konjac mannan, xanthan, kappa carrageenan and tragacanth gums on rhological properties of ketchup sause. 23th National Congress of Food science and Technology (pp. 1-24). Ghouchan Azad University, Ghouchan, Iran [In Persian].

Nikzade, V., Mazaheri Tehrani, M. & Saadatmand, M. (2012). Optimization of low-cholesterol-low-fat mayonnaise formulation: Effect of using soy milk and some stabilizer by a mixture design approach. Food Hydrocolloid, 28, 344-352

Rao, M. (1999). Rheology of fluid and semisolid foods. Gaithersburg. Maryland: Aspen.

Sahin, H. & Ozdemir, F. (2004). Effect of some hydrocolloids on the rheological properties of different formulated ketchups. Food Hydrocolloids, 18(6), 1015-1022.

Schorsch, C., Garnier, C. & Doublier, J. L. (1997). Viscoelastic properties of xanthangalactomannan mixtures: comparison of guar gum with locust bean gum. Carbohydrate Polymers, 34(3), 165-175.

Sharoba, A., Senge, B., El-Mansy, H., Bahlol, H. E. & Blochwitz, R. (2005). Chemical, sensory and rheological properties of some commercial German and Egyptian tomato ketchups. European Food Research and Technology, 220(2), 142-151.

Shen, R., Luo, S. & Dong, J. (2011). Application of oat dextrine for fat substitute in mayonnaise. Food Chemistry, 126, 65-71.

Steffe, J. F. (1996). Rheological methods in food process engineering: Freeman press.

Su, H. P., Lien, C. P., Lee, T. A. & Ho, J. H. (2010). Development of low-fat mayonnaise containing polysaccharide gums as functional ingredients. Journal of the Science of Food and Agriculture, 90(5), 806-812.

Tabilo-Munizaga, G. & Barbosa-Canovas, G. V. (2005). Rheology for food Industry, Journal of Food Engineering, 67, 147156.

Taherian, A. R., Fustier, P. & Ramaswamy, H. S. (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(3), 687-696.

Wang, T., Zhang, M., Fang, Z., Liu, Y. & Gao, Z. (2016). Rheological, textural and flavour properties of yellow mustard sauce as affected by modified starch, xanthan and guar gum. Food and Bioprocess Technology, 9(5), 849-858.

Worrasinchai, S., Suphantharika, M., Pinjai, S. & Jamnong, P. (2006). B-Glucan prepared from spent brewer's yeast as a fat replacer in mayonnaise. Food Hydrocolloids, 20, 68–78.

Effect of Konjac Gum as a Fat Replacer on Rheological and Sensory Properties of Low Fat Mayonnaise

M. Jarangi [a], F. Abdolmaleki [b*], B. Ghiassi Tarzi [c]

[a] M. Sc. Student of the Department of Food Science & Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

[b] Assisstant Professor of the Department of Food Science & Technology, Faculty of Industrial and Mechanical Engineering, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran.

[c] Associate Professor of the Department of Food Science & Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Received: 5 May 2020 Accepted: 24 January 2021

Abstract

Introduction: Considering the increasing consumption of fat-rich foods over the last decades and its relationship with prevalence of cardiovascular diseases, development of low-fat food formulations is of special importance. Hydrocolloids such as gums have great potential for imitating the role of fat in foodstuff. The aim of the present study was to explore the capability of konjac gum to replace the fat in mayonnaise.

Materials and Methods: Different concentrations of konjac gum (0.25, 0.5, 0.75 and 1%) were incorporated into the formulation of mayonnaise with 20, 30, 40 and 50% oil reductions, respectively. The static (flow behavior) and dynamic (strain sweep and frequency sweep) rheological properties were measured using a rheometer and sensory chracteristics were evaluated by a 10-member sensory panel. The rheological and sensory properties of low-fat mayonnaise containing different concentrations of konjac gum were compared with each other and low-fat control (30% fat) using a completely randomized design at 95% confidence interval.

Results: The results of fitting the rheological data to Power-Law and Herschel-Bulkley models showed that all samples had pseudoplastic behavior. The low-fat samples containing different concentrations of konjac gum had lower flow index and higher consistency index than the control sample. Similarly, the yield stress was enhanced with gum concentration up to 0.5% but decreased after that. The finding of oscillating frequency sweep test showed that all samples had storage modulus larger than loss modulus and loss tangent lower than 1, confirming the viscoelastic characteristics of the samples. Furthermore, the loss tangent steadily decreased with increase in konjac concentration. It was observed that konjac gum had a significantly improving impact on stability index of reduced-fat mayonnaise in a concentration-dependent manner. The results of sensory analysis revealed that konjac gum significantly improved the texture, viscosity and overall acceptability but did not have any significant effect on odor and flavor of low-fat mayonnaise.

Conclusion: It is concluded that the low-fat mayonnaise sample containing 0.5% konjac gum was the best formulation in terms of rheological and sensory properties.

Keywords: *Fat Substitutes, Konjac Gum, Low-Fat Mayonnaise, Rheology, Sensory Properties.*

* Corresponding Author: fa.abdolmaleki@gmail.com