

بررسی اثر کنسانتره پروتئین آب پنیر، کازئینات سدیم و کربوکسی متیل سلولز بر ویژگی‌های رئولوژیکی نوسانی و حسی سس سالاد بدون تخم مرغ

آرزو سلمان پور^۱ - بابک قنبرزاده^{۲*} - محمود صوتی خیابانی^۳ - سید حسین جلالی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۱/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱/۳۱

چکیده

در این تحقیق، اثر سه تیمار کنسانتره پروتئین آب پنیر (WPC) (در ۵ سطح ۰/۷، ۱/۱۲۵، ۱/۷۵، ۲/۳۷۵ و ۲/۸ درصد) و کازئینات سدیم (SC) (در ۵ سطح ۰/۱، ۱/۱۲۵، ۱/۷۵، ۲/۳۷۵ و ۲/۸ درصد) بعنوان جایگزین تخم مرغ و کربوکسی متیل سلولز (CMC) (در ۵ سطح ۰/۰۶۶، ۰/۱، ۰/۱۵، ۰/۲ و ۰/۳۳۴ درصد) به عنوان پایدارکننده بر ویژگی‌های رئولوژیکی نوسانی و حسی سس سالاد بررسی شد. نتایج رئومتر در قالب طرح مرکب مرکزی (CCD) بررسی و به روش سطح پاسخ (RSM) مدل سازی و تجزیه شد. نتایج آنالیز واریانس نشان داد که مقادیر P در سطح ۹۵٪ برای مدل‌ها معنی دار و برای فاکتور عدم برازش غیر معنی دار بود. بنابراین کفایت مدل‌ها برای برازش داده‌ها قابل قبول بود. با توجه به نتایج بدست آمده، نقطه بهینه غلظت متغیرهای مستقل برای تولید سس سالاد با بالاترین ویژگی‌های رئولوژیکی، بصورت WPC ۲/۳۷٪، SC ۲/۲۷٪ و CMC ۰/۲۳٪ به دست آمد. هم چنین ارزیابی حسی با شش تیمار حاصل از پیش‌آزمونها (صورت پذیرفته روی ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی و پایداری سس سالاد) و در مقایسه با نمونه شاهد تهیه شده با تخم مرغ، انجام شد. نتایج مقبولیت کلی نمونه‌ها حاکی از آن بود که بین نمونه شاهد تهیه شده با تخم مرغ و نمونه‌های بهینه تهیه شده با جایگزین‌ها تفاوت معنی داری وجود ندارد. بنابراین پروتئین‌های شیر می‌توانند بعنوان جایگزین مناسبی برای تخم مرغ در تهیه سس سالاد مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: روش سطح پاسخ، رئولوژی، سس سالاد، ویژگی‌های حسی

مقدمه

درصد، کچاپ ۰/۱-۰/۲ (درصد). سس‌های سالاد از پر طرفدارترین محصولات امولسیون روغن در آب هستند که در میزان روغن (۶۵-۲۰٪) و ویسکوزیته با هم تفاوت دارند (Mandala *et al.*, 2004).

امولسیون‌های دارای حجم بالای روغن مانند مایونز و سس‌های سالاد، باید بیشترین پایداری را در برابر ادغام ذرات فاز پراکنده (روغن) داشته باشند. لایه بین سطحی اطراف گلبول‌های روغن باید مقاوم باشد تا از ادغام گلبول‌های چربی و ناپایدار شدن امولسیون جلوگیری کنند. در این امولسیون‌ها، پروتئین‌ها و پپتیدها به صورت فشرده و نیمه پیوسته، لایه بین سطحی را تشکیل می‌دهند و باعث ایجاد پایداری اولیه در امولسیون می‌شوند. همچنین پلی‌ساکاریدها (شامل صمغ‌ها و نشاسته) از طریق افزایش ویسکوزیته پایداری ثانویه در سیستم ایجاد می‌کنند. کربوکسی متیل سلولز^۵ صمغ ارزان قیمتی

امولسیون‌ها سیستم‌های پیچیده‌ای هستند که از فاز مایع پراکنده در یک فاز مایع امتزاج ناپذیر (فاز پیوسته یا مداوم) تشکیل شده‌اند و ساختار آنها از سه بخش شامل فاز پیوسته، فاز پراکنده و لایه بین سطحی تشکیل شده است. از نظر ماهیت فازهای پراکنده و پیوسته، امولسیون‌ها به دو دسته امولسیون‌های آب در روغن و امولسیون‌های روغن در آب تقسیم بندی می‌شوند. هر دو نوع امولسیون، به طور گسترده در صنایع غذایی، داروسازی، آرایشی، تولید لوازم نقاشی و صنعت روغن کاربرد دارند (Paraskevopoulou *et al.*, 2005).

سس‌ها، امولسیون‌های روغن در آب هستند که در ساختار و میزان روغن با هم متفاوتند (مایونز ۸۴-۷۵ درصد، سس سالاد ۶۰-۳۰

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشیار، استادیار و مربی گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
(Email: Ghanbarzadeh@tabrizu.ac.ir * - نویسنده مسئول)

می‌شود. Trueck و همکاران (۱۹۹۹) در مطالعه ای دیگر به این نتیجه رسیدند که استفاده از ۶/۳ درصد کنسانتره پروتئین آب پنیر (با ۶۰٪ پروتئین) به عنوان جایگزین تخم مرغ و تیمار حرارتی ۸۵ درجه سانتی گراد به مدت ۵ دقیقه باعث افزایش ویسکوزیته و پایداری مایونز می‌شود. استفاده از ۱٪ کازئینات سدیم^۲ در فرمولاسیون نوعی سس سالاد (Antheunisse et al., 2004 and Singer et al., 1992) نیز گزارش شده است. Herald و همکاران (۲۰۰۹) نیز طی مطالعات خود نشان دادند که با استفاده از پروتئین های آب پنیر به عنوان جایگزین کامل تخم مرغ در فرمولاسیون مایونز، می‌توان محصولی با خواص بافتی مشابه با محصول تولید شده با تخم مرغ بدست آورد. هم چنین عطر و طعم این محصول قابل قبول بوده و پایداری بیشتری در برابر دو فازه شدن داشت. Heyman و همکاران (۲۰۱۰) در مطالعات خود به جای قسمتی از نشاسته اصلاح شده در فرمولاسیون نوعی سس سفید، از ۰/۱-۰/۲۵ درصد کربوکسی متیل سلولز استفاده کردند. در این آزمایش ها جایگزین کردن کربوکسی متیل سلولز، باعث بهبود مزه و افزایش مقبولیت کلی سس شد. هدف از این مطالعه، بهینه سازی فرمولاسیون سس سالاد تهیه شده با کنسانتره پروتئین های آب پنیر و کازئینات سدیم به عنوان جایگزین تخم مرغ و کربوکسی متیل سلولز به عنوان پایدارکننده با بررسی ویژگی های رئولوژیکی و حسی آن بوده است.

مواد و روش ها

مواد اولیه

روغن مایع خالص گیاهی و مخصوص سالاد (مارک لادن)، نمک، شکر، فلفل سفید و خردل (به صورت پودر) از سوپرمارکت محلی خریداری شد. نشاسته اصلاح شده از نوع دی آدیپات نشاسته (Cold Swell 5771 از شرکت KMC کشور دانمارک) و کربوکسی متیل سلولز از شرکت کاراگام پاریس (به صورت پودری سفید رنگ و رطوبت حدود ۷ درصد) تهیه شد. کنسانتره پروتئین آب پنیر از شرکت مولتی مشهد (با ۳۵ درصد پروتئین و به صورت پودری زرد رنگ) و کازئینات سدیم از شرکت DMV هلند (به صورت پودر بوده با رطوبت ۶ درصد، میزان پروتئین ۸۸ درصد و چربی و خاکستر ۶ درصد) خریداری شد.

روش تهیه نمونه های سس سالاد

نمونه شاهد بدون استفاده از هیدروکلوئیدها و با استفاده از زرده تخم مرغ تهیه گردید. ۳۵ درصد روغن، ۵ درصد زرده تخم مرغ و ۶۰ درصد فاز آبی اساس فرمولاسیون نمونه شاهد را تشکیل می‌دهد. فاز

است، که به دلیل قابلیت انحلال مطلوب، توانایی ایجاد ویسکوزیته بالا و محلول شفاف، در محصولات غذایی کاربرد وسیع داشته و در مایونز و انواع سس ها می‌تواند به کار برده شود (Mandala et al., 2009 and Turgeon et al., 1996 and Alam et al., 2004). افزودن CMC به سس سالاد، علاوه بر افزایش ویسکوزیته و بهبود خواص ویسکوالاستیک و بافتی، می‌تواند بطور بالقوه موجب افزایش پایداری در برابر تفکیک گرانشی و تشدید ویژگی چربی سانی گردد.

زرده تخم مرغ به علت خواص ارگانولپتیک مطلوب و ویژگی های عملکردی، به طور گسترده بعنوان امولسیفایر در فرمولاسیون بسیاری از مواد غذایی نظیر انواع سس ها و مایونز مورد استفاده قرار می‌گیرد. وجود هم زمان لیوپروتئین ها و فسفولیپیدها (لسیتین) در زرده تخم مرغ، یک مخلوط مناسب با ویژگی امولسیفایری عالی را فراهم می‌کند (Herald et al., 2009 and Guilmineau et al., 2007).

یکی از مهم ترین مسائل مربوط به امولسیون ها، تلاش برای بهبود ویژگی های فیزیکی، حسی و تغذیه ای این سیستم ها است. یکی از این موارد تلاش برای یافتن ترکیبات فعال سطحی مناسب برای جایگزین کردن تخم مرغ در سیستم های امولسیونی است. امروزه تولیدکنندگان برای تولید غذاهایی با چربی و کلسترول کمتر و عاری از باکتری مسمومیت زای سالمونلا، هم چنین افزایش ماندگاری، کاهش بار میکروبی و قیمت تمام شده محصول به دنبال جایگزین هایی برای تخم مرغ هستند. مواد پروتئینی مختلف برای این منظور مناسب هستند. خاصیت امولسیفایری، قوام دهندگی، توانایی تشکیل ژل، توانایی جذب آب و ارزش غذایی بالا از ویژگی های پروتئین های شیر است که آن ها را بعنوان جایگزین مناسب تخم مرغ مطرح ساخته است. استفاده از این پروتئین ها به عنوان جایگزین تخم مرغ، باعث افزایش پایداری و ویسکوزیته و بهبود عطر، طعم و مقبولیت کلی فرآورده هایی مانند سس ها و مایونز می‌شود (Herald et al., 2009, Riscardo et al., 2005 and Thompson et al., 1981).

رئولوژی فاز پیوسته، فاز پراکنده و لایه بین سطحی بر رئولوژی کلی امولسیون ها تاثیر گذار است و ویژگی های رئولوژیکی سس های امولسیونی روی ویژگی های پایداری و حسی آنها موثر است. نسبت فاز روغنی به فاز آبی، غلظت و نوع امولسیفایرها و قوام دهنده ها، pH، دما و روش مخلوط کردن روی رفتار رئولوژیکی سس ها تاثیر گذارند (Juszczak et al., 2003 and Zhang et al., 2008). Thompson و همکاران (۱۹۸۱) طی مطالعات خود نشان دادند که جایگزین کردن قسمتی از تخم مرغ با کنسانتره پروتئینی آب پنیر^۱، باعث افزایش پایداری و ویسکوزیته و بهبود عطر، طعم و مقبولیت کلی سس سالاد در مقایسه با محصول تولید شده با تخم مرغ

کرنش تعیین شده با پروب صفحه موازی^۳ انجام شده و مقادیر مدول ذخیره یا الاستیک G' ، مدول افت یا ویسکوزیته G'' و ویسکوزیته کمپلکس G^* (تعیین گردید). G' میزان رفتار الاستیک و G'' میزان رفتار جریانی را نشان می‌دهد. هر دو مدول وابسته به فرکانس هستند. آزمون روبش کرنش در فرکانس $5 s^{-1}$ و محدوده کرنش ۱۰۰٪-۱٪ انجام شد. آزمون روبش فرکانس در کرنش ثابت و در محدوده فرکانس $100-0.1 s^{-1}$ انجام شد. آزمونهای روبش فرکانس و روبش کرنش در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد انجام یافت.

ارزیابی حسی توصیفی (محصول گرا)

ارزیابی‌های حسی توصیفی با شش تیمار حاصل از پیش آزمون ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی و پایداری سس سالاد انجام شد. این نمونه‌ها بر اساس بهینه بودن پایداری در حالت منجمد، پایداری طی نگهداری در دمای اتاق و یخچال، اندازه گیری اندازه قطرات روغن، پایداری طی سانتیفریژ و خواص رئولوژیکی انتخاب شدند شماره نمونه‌هایی که مورد ارزیابی قرار گرفتند در جدول ۱ خلاصه شده است. برای این منظور، ویژگی‌های حسی محصول توسط ۱۰ ارزیاب حسی آموزش دیده مورد ارزیابی قرار گرفت و به نمونه‌ها بر اساس مقیاس خطی (بین صفر تا صد) و بر حسب شدت ویژگی‌های نمونه‌ها امتیاز داده شد (مطابق جدول ۲). نتایج به دست آمده با استفاده از نرم افزار آماری SPSS 18 و بر اساس طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی بررسی و تجزیه و تحلیل گردید.

ارزیابی حسی هدونیک (مصرف کننده گرا)

در ارزیابی حسی هدونیک برای تعیین مقبولیت کلی، نمونه‌ها در اختیار ۱۰ ارزیاب حسی که به صورت تصادفی انتخاب شده بودند، قرار گرفت و از آن‌ها خواسته شد بر اساس میزان علاقه امتیازات یک تا پنج (۵ برای خیلی خوشایند و ۱ برای خیلی ناخوشایند) را به آن‌ها اختصاص دهند.

روش تحلیل آماری

برای بهینه سازی ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی و پایداری امولسیون سس سالاد از روش سطح پاسخ^۷ (RSM CC0318) طرح مرکب مرکزی با چهار متغیر در پنج سطح (۱/۶۸۲، -۱، ۰، +۱،

آبی شامل ۶۱ درصد آب، سرکه ۱۷ درصد، نشاسته اصلاح شده ۶ درصد، نمک ۲ درصد، شکر ۱۴ درصد و ادویه ۰/۵ درصد است. محلول‌های نشاسته، SC، WPC و صمغ CMC به صورت جداگانه تهیه شده و برای آماده سازی سس سالاد با روغن، سرکه و ادویه مخلوط شدند. برای رسیدن به غلظت نهایی ۶٪ نشاسته در سس سالاد، محلول آبی ۱۱/۷٪ نشاسته تهیه شد. محلول آبی نشاسته در بن ماری تا دمای ۹۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲۰ دقیقه حرارت داده شد و در طول این پروسه محلول توسط اسپاچول هم زده شد. نمک به میزان ۲ درصد و شکر به میزان ۲۰ درصد فاز خمیری طی تهیه محلول نشاسته به آن اضافه شد. بعد از تهیه محلول نشاسته، تا دمای حدود ۴۰ درجه سانتی گراد خنک شد. محلول آبی CMC در بن ماری تا دمای ۹۰ درجه سانتی گراد حرارت داده شد. در طول پروسه محلول CMC تا زمان انحلال کامل توسط اسپاچول هم زده شد. در طول پروسه مرحله آماده سازی محلول آبی SC، در دمای اتاق تا زمان انحلال کامل توسط همزن مغناطیسی و مگنت دار هم زده شد. محلول WPC در اسید استیک با pH ۴ تهیه شد. تیمار حرارتی ۹۰ درجه سانتی گراد به مدت ۱۵ دقیقه روی محلول اسیدی WPC اعمال شد و بلافاصله سس سالاد تهیه شد. این تیمار حرارتی در محیط اسیدی باعث بهبود خاصیت امولسیفایری پروتئین‌های آب پنیر می‌شود، چون پروتئین‌ها راحت تر شکل خود را با انحنا سطح گلبولهای چربی منطبق می‌نمایند. تیمار حرارتی پروتئین‌های آب پنیر در شرایط اسیدی، روی ویژگی‌های عملکردی این پروتئین‌ها موثر است. به طوری که باعث دناتوراسیون جزئی این پروتئین‌ها با حداقل تجمع آن‌ها می‌شود و در نتیجه بهبود خاصیت امولسیفایری، کف‌کنندگی، تغییر حلالیت، ویسکوزیته و ویژگی‌های تشکیل ژل آن می‌شود (Turgeon et al., 1996).

برای آماده سازی نهایی سس سالاد، محلول WPC، SC، CMC، سرکه (تا رسیدن به غلظت نهایی ۱۷٪ در سس) و ادویه (به میزان ۰/۵ درصد) به محلول نشاسته اضافه شده و به مدت ۱ دقیقه با سرعت پایین مخلوط کن Feller (مدل BL700SG، ساخت ایتالیا)، هم زده شد. سپس روغن (به میزان ۳۵ درصد) با سرعت ۲ میلی لیتر در ثانیه به محلول حاصل اضافه شد. سس سالاد در انتها به مدت ۳۰ ثانیه با حداکثر سرعت مخلوط کن هم زده شد (Mandala et al., 2004).

بررسی ویژگی‌های رئولوژیکی

با استفاده از دستگاه رئومتر نوسانی (MCR 301، ساخت پارافیزیکا، اتریش) آزمون‌های رئولوژیک ناپایا شامل روبش کرنش^۱ جهت تعیین ناحیه ویسکوالاستیک خطی و روبش فرکانس^۲ در

- 1- Strain sweep
- 2- Frequency sweep

- 3- Parallel plate
- 4- Storage modulus
- 5- Loss modulus
- 6- Complex viscosity
- 7- Response surface methodology

کرنش برای تعیین ناحیه ویسکوالاستیک خطی، کرنش ۰/۱٪ برای آزمون روبش فرکانس تعیین گردید. نتایج آزمون‌های روبش فرکانس در مرحله بهینه‌سازی پروتئین‌های شیر و CMC روی η^* ، G' و G'' سس سالاد در جدول ۴ آورده شده است. با توجه به نتایج جدول کم‌ترین میزان پارامترها در نمونه ۱ و بیشترین میزان در نمونه ۱۴ مشاهده شدند. نتایج تجزیه و تحلیل واریانس η^* در مرحله بهینه سازی در جدول ۵ نشان داده شده است. با توجه به جدول ۵ مقادیر P برای مدل ($P < 0.05$) و برای عدم تطابق داده ها با مدل (۰/۲۶) تائیدی بر تطابق خوب مدل با داده های آزمایشی دارد. هم چنین مقدار عددی ضریب تبیین R^2 و ضریب تبیین تنظیم شده R^2_{adj} برای مدل رگرسیونی به دست آمده به ترتیب ۸۱/۳۳ و ۶۰/۳۳ درصد بود. مدل خلاصه شده به دست آمده برای پیش بینی تأثیر میزان WPC، CNS و CMC روی η^* سس بعد از حذف عوامل غیر معنی‌دار به صورت زیر می‌باشد:

$$Y = 35.44 + 4.45X_2 + 6.5X_3 - 4.7X_2^2 + 1.29X_2X_3$$

با توجه به مقادیر P و f در جدول تجزیه واریانس (جدول ۵) میزان غلظت SC به صورت خطی و درجه دوم ($P < 0.05$) و میزان غلظت WPC و CMC تنها به صورت خطی ($P < 0.01$) روی η^* تاثیرگذار است.

برای نمایش تغییرات ویژگی‌های رئولوژیکی سس سالاد با تغییرات متغیرهای مستقل، سه منحنی سطح پاسخ سه بعدی که در آن متغیرهای وابسته (G' و G'') در مقابل دو متغیر مستقل، در مقادیر مرکزی متغیرسوم، ترسیم شدند. شکل ۱ (الف) تأثیر سطوح مختلف WPC و SC (w/w) (%) را در نقطه مرکزی از غلظت CMC بر روی η^* (Pa.s) را نشان می‌دهد. همان طور که در نمودار مشاهده می‌شود شکل نمودار به صورت ماکزیمم یک طرفه است و در محدوده غلظت ۲/۳۷۵-۱/۵٪ پروتئین‌های SC و WPC میزان η^* زیاد است و در غلظت‌های بیشتر کاهش می‌یابد. Moros و همکاران (۲۰۰۲) نیز در تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند که در مایونز با افزایش غلظت ترکیبات فعال سطحی (پروتئین‌ها)، پارامترهای ویسکوالاستیک افزایش می‌یابند.

شکل ۱ (ب) تأثیر سطوح مختلف WPC و CMC (w/w) (%) را بر روی η^* (Pa.s) را نشان می‌دهد. همان طور که در نمودار مشاهده می‌شود شکل نمودار به صورت لبه بالارونده^۳ است و با افزایش میزان پروتئین‌های آب پنیر و کربوکسی متیل سلولز، میزان η^* افزایش می‌یابد و در مقادیر پایین پروتئین‌های آب پنیر و CMC میزان η^* کم است. این نتایج با نتایج به دست آمده توسط Stewart و همکاران (۱۹۹۹) مطابقت دارد. این محققان در تحقیقات خود از ۱/۵-۰ درصد

شامل CNS (X_1) در سطح ۰/۷، ۱/۱۲۵، ۱/۷۵، ۲/۳۷۵، ۲/۸ درصد، WPC (X_2) در سطح ۰/۷، ۱/۱۲۵، ۱/۷۵، ۲/۳۷۵، ۲/۸ درصد، CMC (X_3) در سطح ۰/۰۶۶، ۰/۱، ۰/۱۵، ۰/۲، ۰/۲۳۴ درصد) با سه تکرار استفاده شد. برای رسیدن به غلظت‌های نهایی CMC در سس سالاد، محلول آبی ۰/۷، ۱/۱، ۱/۷، ۲/۲، ۲/۶ درصد CMC، برای رسیدن به غلظت نهایی SC در سس سالاد، محلول آبی ۰/۷، ۱/۱، ۱/۷، ۲/۲، ۲/۶ درصد و غلظت‌های ۰/۷، ۱/۱۲۵، ۱/۷۵، ۲/۳۷۵، ۲/۸ WPC تهیه شد. طرح مورد استفاده در این پروژه، طرح مرکب مرکزی^۱ بود. این طرح شامل ۸ نقطه فاکتوریل، ۶ نقطه محوری و ۴ نقطه مرکزی^۲ است. طرح آزمایشی مورد استفاده در این مرحله در جدول ۳ آورده شده است. نرم افزارهای SAS 9.1 (انگلستان) و 9 Statistica (آمریکا) برای تجزیه و تحلیل داده ها و رسم نمودارهای سطح پاسخ مورد استفاده قرار گرفتند. معادله چند جمله ای درجه دوم استفاده شده در تجزیه و تحلیل به صورت زیر بوده است:

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{\substack{i=1 \\ j=2}}^{k-1} \sum_{i < j}^k \beta_{ij} X_i X_j$$

که در این فرمول Y متغیر وابسته یا پاسخ مدل، β_0 ، β_i ، β_{ii} و β_{ij} به ترتیب ضرایب رگرسیون برای عامل‌های ضریب ثابت (عرض از مبدا)، ضریب اثر خطی، ضریب اثر درجه دوم و ضریب اثر متقابل هستند و X_i و X_j متغیرهای مستقل می‌باشند.

جدول ۱- نمونه های ارزیابی حسی

شماره	نمونه
۱	نمونه شاهد
۲	نمونه بهینه در پیش آزمون رئومتری
۳	نمونه بهینه در پیش آزمون آزمون انجماد
۴	نمونه بهینه در پیش آزمون نگهداری در دمای محیط و یخچال
۵	نمونه بهینه در پیش آزمون سانتریفوژ
۶	نمونه بهینه در پیش آزمون اندازه قطرات روغن

نتایج و بحث

بهینه‌سازی ویژگی های رئولوژیکی سس سالاد

هدف از انجام آزمایش‌های بهینه سازی دست‌یابی به بهترین تأثیر ترکیبی، از WPC، SC و CMC (متغیرهای مستقل آزمایش) و نیز بدست آوردن یک مدل ریاضی برای پیش بینی تأثیر این ترکیبات روی میزان η^* ، G' و G'' می‌باشد. با توجه به نتیجه آزمون روبش

1- Central composite design

2- Center point

3- Rising ridge

صمغ دانه کتان به عنوان قوام دهنده در فرمولاسیون سس سالاد استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که با افزایش میزان صمغ دانه کتان در سس سالاد، η^* و G' و G'' افزایش می‌یابد.

جدول ۲- ارزیابی حسی توصیفی و هدونیک نمونه های سس سالاد

امتیاز نمونه‌ها (بین ۱ تا ۵)					
ارزیابی حسی هدونیک	خیلی خوشایند (۵)	خوشایند (۴)	نه خوب نه بد (۳)	ناخوشایند (۲)	خیلی ناخوشایند (۱)
صفات مورد بررسی					
	رنگ	مزه	بافت		
ارزیابی حسی توصیفی	رنگ سفیدی تا زردی	ترشی، شیرینی، شوری، تلخی، بدطعمی و شدت بو	چرب بودن، قوام و صاف یا دون دون بودن		

جدول ۳- طرح مرکب مرکزی برای بهینه سازی ویژگی های رئولوژیکی و حسی سس

شماره آزمایش			عامل			شماره آزمایش			عامل		
X ₃	X ₂	X ₁	X ₃	X ₂	X ₁	X ₃	X ₂	X ₁	X ₃	X ₂	X ₁
۰	۰	+۱/۶۸	۱۰	-۱	-۱	-۱	۱				
۰	-۱/۶۸	۰	۱۱	+۱	-۱	-۱	۲				
۰	+۱/۶۸	۰	۱۲	-۱	+۱	-۱	۳				
-۱/۶۸	۰	۰	۱۳	+۱	+۱	-۱	۴				
+۱/۶۸	۰	۰	۱۴	-۱	-۱	+۱	۵				
۰	۰	۰	۱۵	+۱	-۱	+۱	۶				
۰	۰	۰	۱۶	-۱	+۱	+۱	۷				
۰	۰	۰	۱۷	+۱	+۱	+۱	۸				
۰	۰	۰	۱۸	۰	۰	-۱/۶۸	۹				

جدول ۴- نمایش تأثیر پروتئین‌های شیر و CMC بر η^* و G' و G'' در مرحله بهینه سازی

آزمایش	مدول ذخیره [Pa]	مدول افت [Pa]	ویسکوزیته کمپلکس [Pa·s]
۱	۲۴۰	۶۵/۳	۹/۹
۲	۵۹۰	۱۶۱	۲۴/۳
۳	۵۵۲	۱۵۲	۲۲/۸
۴	۶۹۷	۲۰۳	۲۸/۹
۵	۴۴۹	۱۴۳	۱۸/۸
۶	۷۳۲	۲۳۵	۳۰/۶
۷	۶۴۵	۲۰۰	۲۶/۹
۸	۱۳۹۰	۳۶۰	۵۷/۳
۹	۵۹۰	۱۸۲	۲۴/۶
۱۰	۶۹۴	۲۳۰	۲۸/۸
۱۱	۴۸۱	۱۵۲	۲۰/۱
۱۲	۶۲۱	۱۹۰	۲۵/۱
۱۳	۶۹۲	۲۰۷	۲۸/۸
۱۴	۱۰۷۰	۳۱۸	۴۴/۴
۱۵	۹۹۴	۲۹۵	۴۱/۳
۱۶	۷۵۷	۱۹۵	۳۱/۱
۱۷	۷۶۵	۲۰۶	۳۱/۵
۱۸	۹۱۰	۲۶۰	۳۷/۷

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس تاثیر کنسانتره پروتئین آب پنیر، کازئین و کربوکسی متیل سلولز روی G' و G''

مدول افت			مدول ذخیره			ویسکوزیته کمپلکس			منبع تغییرات
P	F	ضرایب رگرسیون	P	F	ضرایب رگرسیون	P	F	ضرایب رگرسیون	
۰/۰۳ *	۶/۹	۳۲/۰۳	۰/۰۵۷	۴/۹۵	۹۶/۰۶	۰/۰۵۸	۴/۹	۴/۰۱	X_1
۰/۰۵۴	۵/۰۸	۲۷/۴۳	۰/۰۳۳۷ *	۶/۵۴	۱۱۰/۴۵۴	۰/۰۳۹ *	۶/۰۲	۴/۴۵	X_2
۰/۰۰۷ **	۱۲/۴	۴۲/۸۶	۰/۰۰۶۴ **	۱۳/۴	۱۵۸/۰۷	۰/۰۰۷ **	۱۲/۹	۶/۵	X_3
۰/۲۳	۱/۶۷	-۱۶/۳۶	۰/۱۱۲	۳/۱۸	-۸۰/۰۵	۰/۱۲۳	۲/۹۷	-۳/۲۵	X_1^2
۰/۷	۰/۱۷	۶/۶۶	۰/۳۶	۰/۹۳	۵۴/۰۴	۰/۳۸۷	۰/۸۳	۲/۱	X_1X_2
۰/۴۳	۰/۶۸	۱۳/۱۶	۰/۲۷	۱/۳۹	۶۶/۶	۰/۲۸	۱/۳۱	۲/۷	X_1X_3
۰/۰۵۳	۵/۱۶	-۲۸/۷۳	۰/۰۳۷ *	۶/۲۵	-۱۱۲/۲	۰/۰۳۷ *	۶/۲۳	-۴/۷	X_2^2
۰/۸۶	۰/۰۳۳	۲/۹	۰/۵۸	۰/۳۲۴	۳۲/۱	۰/۶	۰/۳	۱/۲۹	X_2X_3
۰/۷۸	۰/۰۸	۳/۶	۰/۹۲	۰/۰۰۹۸	۴/۴۵	۰/۹	۰/۰۱۸	۰/۲۵	X_3^2
۰/۰۴۴ *	۳/۶	-	۰/۰۳ *	۴/۰۲۳	-	۰/۰۳۵ *	۳/۹	-	مدل
۰/۰۰۸	۸/۱۳	-	۰/۰۰۷۷	۸/۳	-	۰/۰۰۸	۷/۹۵	-	اثر خطی
۰/۱۶	۲/۲۵	-	۰/۱۰۲	۲/۸۹	-	۰/۱۰۵	۲/۸۵	-	اثر درجه دوم
۰/۸۲۶	۰/۳	-	۰/۴۹	۰/۸۸	-	۰/۵۲	۰/۸۱	-	اثر متقابل
-	-	-	-	-	-	-	-	-	باقی مانده
۰/۵۸	۰/۸۷	-	۰/۲۴۵	۲/۴۵	-	۰/۲۶	۲/۳۱	-	عدم تطابق داده‌ها با مدل

مدل کمپلکس: $R^2=81.33\%$, $R^2_{adj}=60.33\%$, $CV=22.6$

مدل ذخیره: $R^2=81.91\%$, $R^2_{adj}=61.55\%$, $CV=22.3$

مدل افت: $R^2=80.02\%$, $R^2_{adj}=57.54\%$, $CV=21.6$

*- نشان دهنده معنی داری در سطح احتمال ۵٪ و ** نشان دهنده معنی داری در سطح احتمال ۱٪ است.

میزان غلظت CNS به صورت خطی و درجه دوم ($P<0.05$) و میزان غلظت WPC و CMC به صورت خطی ($P<0.01$) روی G' تاثیرگذار است.

شکل ۲ (الف) تاثیر سطوح مختلف WPC و SC (w/w) را بر G' (Pa) را نشان می‌دهد. همچنان که در این شکل مشاهده می‌شود، شکل نمودار به صورت ماکزیمم یک طرفه است. همان طور که در نمودار مشاهده می‌شود در غلظت‌های بالای WPC و SC در نقطه مرکزی از غلظت CMC، میزان G' زیاد است و در مقادیر پایین این پروتئین‌ها، میزان G' کم است.

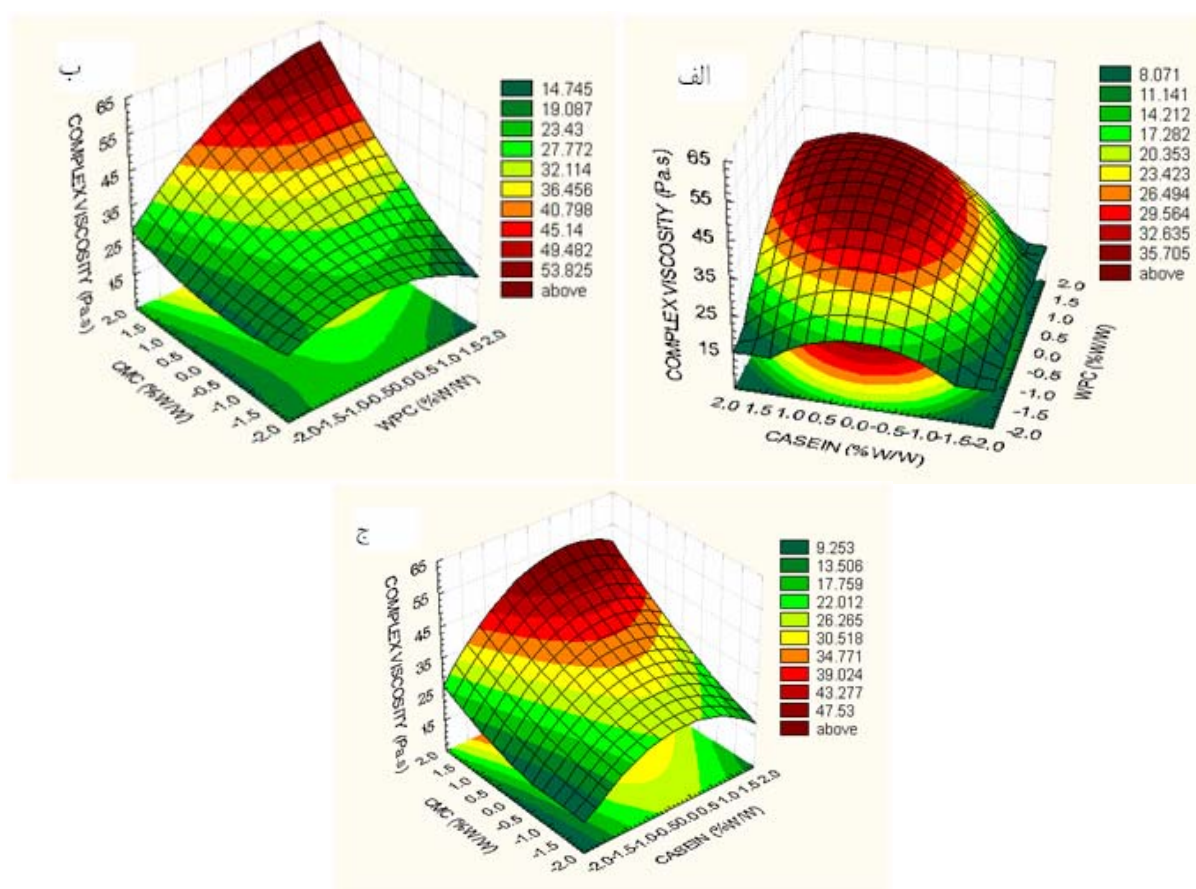
این نتایج با نتایج پژوهش‌های Sathivel و همکاران (۲۰۰۵) مطابقت دارد. این محققان دریافتند که با افزایش میزان پروتئین‌های محلول (پروتئین نوعی ماهی پهن به نام Arrowtooth به صورت پودری) در مایونز، مقادیر G' و G'' افزایش می‌یابد. علت این پدیده احتمالاً افزایش ویسکوزیته فاز پیوسته و همچنین ایجاد پل بین قطرات توسط پروتئین‌ها با افزایش غلظت پروتئین‌های محلول است.

شکل ۱ (ج) تاثیر سطوح مختلف SC و CMC (w/w) را بر روی η^* (Pa.s) را نشان می‌دهد. همان طور که در نمودار مشاهده می‌شود تاثیر غلظت SC به صورت درجه دوم و تاثیر غلظت CMC به صورت خطی است به طوری که با افزایش غلظت CMC میزان η^* افزایش می‌یابد. پلی ساکاریدها با ایجاد شبکه پلیمری شبیه ژل ضعیف^۱ در فاز آبی، می‌توانند باعث افزایش ویسکوزیته و ویژگی‌های الاستیک سیستم شوند (Lorenzo et al., 2008).

نتایج تجزیه و تحلیل واریانس G' در مرحله بهینه سازی در جدول ۶ نشان داده شده است. مقادیر P برای مدل ($P<0.05$) و برای عدم تطابق داده‌ها با مدل (۰/۲۴۵) تائیدی بر تطابق خوب مدل با داده‌های آزمایشی دارد. هم چنین مقدار عددی ضریب تبیین R^2 و ضریب تبیین تنظیم شده R^2_{adj} برای مدل رگرسیونی به دست آمده به ترتیب ۸۱/۹۱ و ۶۱/۵۵ درصد بود.

$$Y = 857.44 + 110.454X_2 + 158.07X_3 - 112.2X_2^2$$

با توجه به مقادیر P و f در جدول تجزیه واریانس (جدول ۵)



شکل ۱- الف) نمودار تأثیر WPC و SC روی η^* (ب) نمودار تأثیر WPC و CMC روی η^* (ج) نمودار تأثیر WPC و SC روی η^*

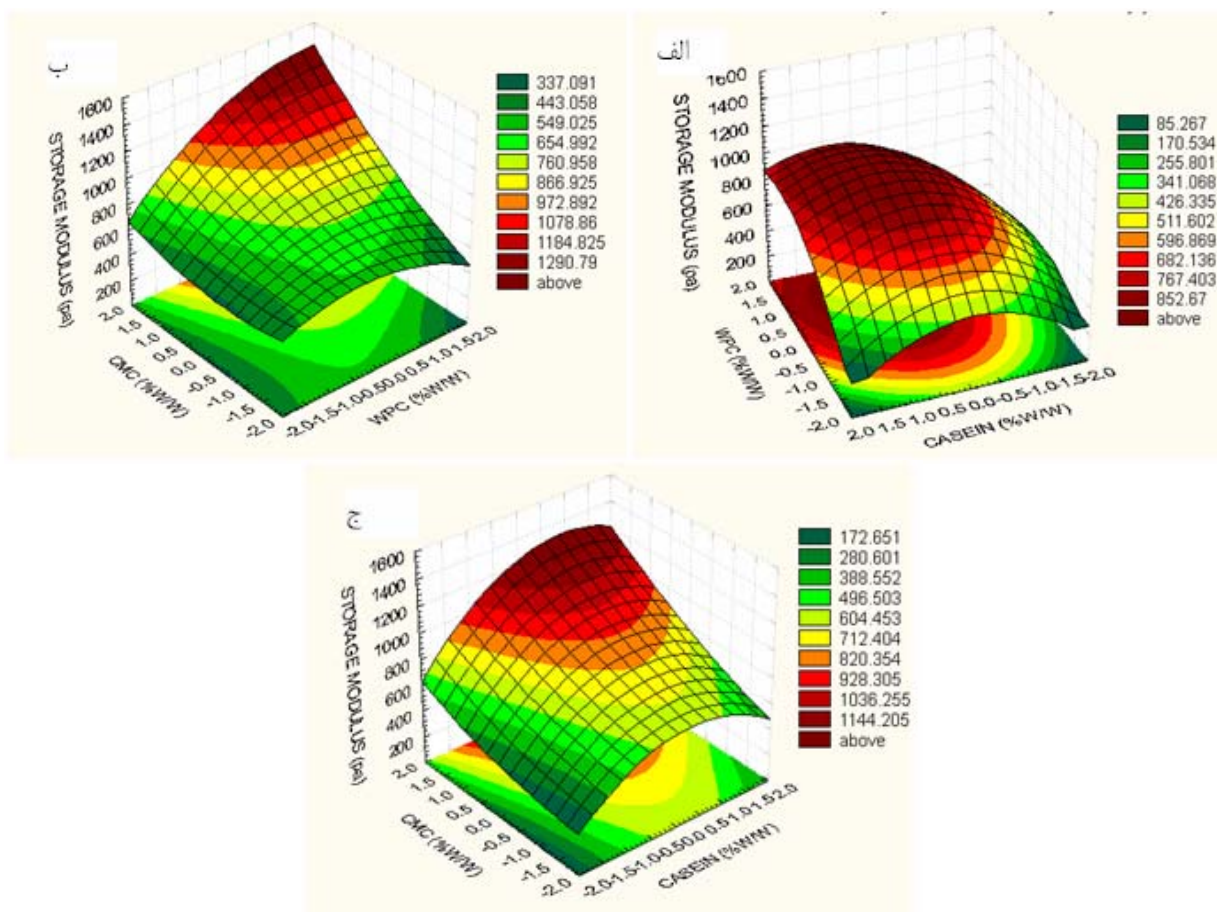
در مطالعات خود از صمغ گزانتان به عنوان جایگزین روغن در مایونز استفاده کردند. کاهش روغن در محصولاتی مانند مایونز و سس‌ها، باعث کاهش G' می‌شود. ولی این محققین مشاهده کردند که با جایگزین کردن گزانتان به جای قسمتی از روغن، G' کاهش پیدا نمی‌کند. علت این پدیده بدین صورت توضیح داده شد که صمغ گزانتان با ایجاد تجمعات با اندازه بزرگ ساختار ویسکوالاستیکی را فراهم کرده و کاهش G' ناشی از کاهش میزان روغن را جبران می‌کند.

نتایج تجزیه و تحلیل واریانس G'' در مرحله بهینه سازی در جدول ۶ نشان داده شده است. مقادیر P برای مدل ($P < 0.05$) و برای عدم تطابق داده ها با مدل (0.58) تأییدی بر تطابق خوب مدل با داده های آزمایشی دارد.

هم چنین مقدار عددی ضریب تبیین R^2 و ضریب تبیین تنظیم شده R^2_{adj} برای مدل رگرسیونی به دست آمده ترتیب ۸۰ و ۵۷/۵۴ درصد بود. با توجه به مقادیر P و f در جدول تجزیه واریانس (جدول ۵) میزان غلظت WPC ($P < 0.05$) و CMC ($P < 0.01$) به صورت خطی روی G'' موثر است.

شکل ۲ (ب) تأثیر سطوح مختلف WPC و CMC (w/w %) را بر روی مدول ذخیره (Pa) را نشان می‌دهد. همان طور که در نمودار مشاهده می‌شود شکل نمودار به صورت لبه بالارونده است و با افزایش میزان WPC و CMC، میزان G' افزایش می‌یابد و در مقادیر پایین WPC و CMC میزان G' کم است. علت این پدیده افزایش گیر افتادن زنجیرهای بیوپلیمرها با افزایش غلظت است که باعث افزایش η^* و G' و افت می‌شود.

شکل ۲ (ج) تأثیر سطوح مختلف SC و CMC (w/w %) را بر روی G' (Pa) را نشان می‌دهد. همان طور که در نمودار مشاهده می‌شود تأثیر غلظت CNS به صورت درجه دوم و تأثیر غلظت CMC به صورت خطی است. به طوری که با افزایش غلظت CMC، میزان G' افزایش پیدا می‌کند. این نتایج با نتایج پژوهش‌های Gallegos و همکاران (۱۹۹۲) و مون و همکاران (۲۰۰۹) مطابقت دارد. Gallegos و همکاران در تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند که استفاده از صمغ گزانتان در فرمولاسیون مایونز باعث افزایش G' می‌شود. علت این پدیده احتمالاً ایجاد ساختار ژلی ضعیف در حضور هیدروکلوتیدها و فشرده تر شدن ساختار سس با افزایش غلظت آن‌ها می‌باشد (Liu et al., 2007). هم چنین Mun و همکاران (۲۰۰۹)



شکل ۲- الف) نمودار تأثیر WPC و SC روی G'، ب) نمودار تأثیر WPC و CMC روی G'، ج) نمودار تأثیر CMC و SC روی G'

دو CNS را نشان می‌دهد. در محدوده غلظت ۲/۳۷۵-۱/۷۵٪ CNS و با افزایش میزان CMC، میزان G' افزایش می‌یابد و در مقادیر پایین CMC میزان G' کم است.

با استفاده از مدل RSM درجه دو برای بهینه سازی ویژگی‌های رئولوژیکی در سس سالاد، مقادیر بهینه کنسانتره پروتئین های آب پنیر ۲/۲۷ (w/w)٪، کازئینات سدیم ۲/۲۷ و کربوکسی متیل سلولز ۰/۲۳۴۱ تعیین شد.

نتایج ارزیابی حسی

همان طوری که از جدول تجزیه واریانس (جدول ۷) مشخص است بین نمونه های بهینه و نمونه شاهد از نظر طعم ترشی، نمکی، شیرینی، بد طعمی، چرب بودن، تلخی، صاف یا دون دون بودن و مقبولیت کلی تفاوت معنی داری وجود ندارد.

مطابق شکل ۴ از نظر ویسکوزیته نمونه شاهد، قوام کمتری نسبت به نمونه های بهینه داشت. در بین نمونه های بهینه، نمونه های بهینه آزمون های رئومتر و اندازه گیری اندازه قطرات روغن (به ترتیب ۶ و ۲) به طور معنی داری قوام بیشتر از بقیه داشتند.

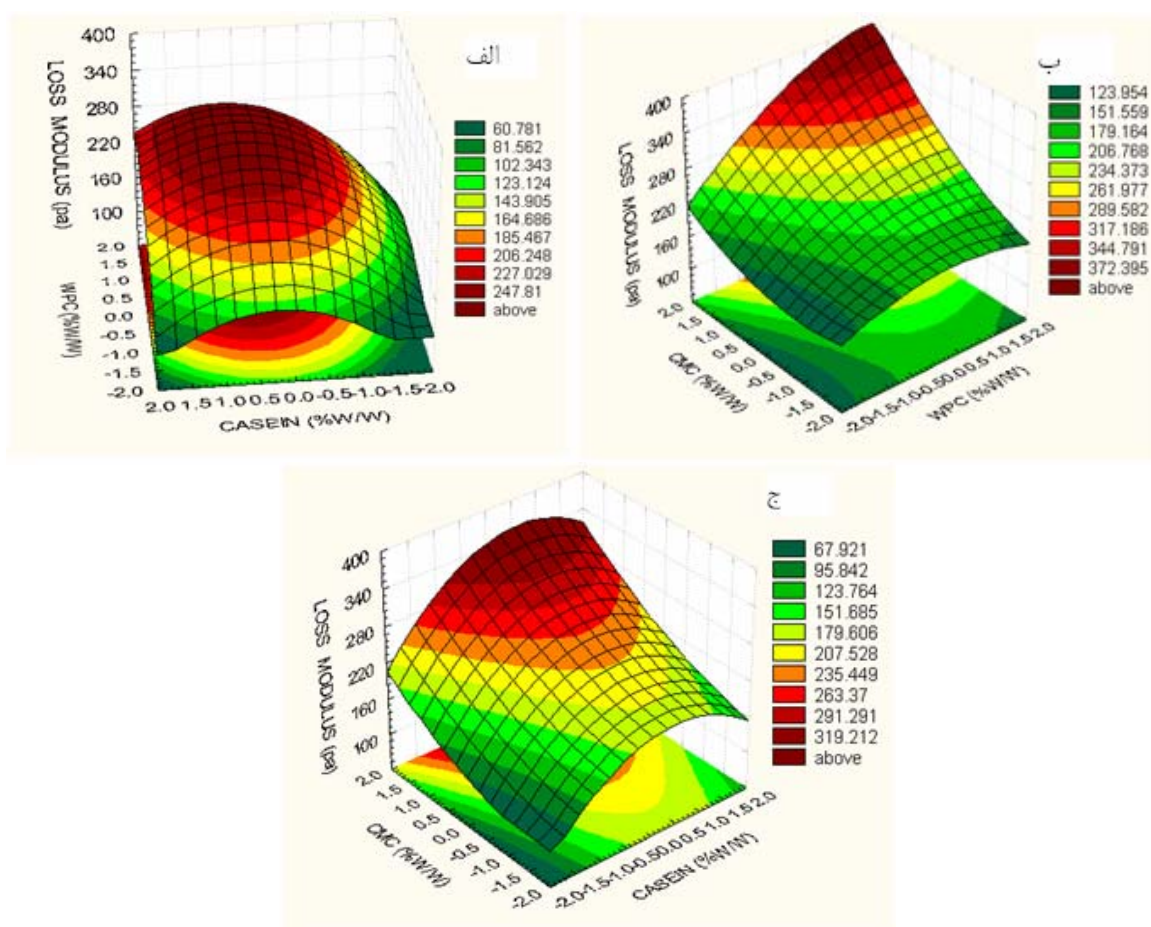
مدل خلاصه شده به دست آمده برای پیش بینی تأثیر میزان WPC، SC و CMC روی G' پس بعد از حذف عوامل غیر معنی دار به صورت زیر می‌باشد:

$$Y = 240.05 + 27.43X_2 + 42.86X_3 - 28.73X_2^2$$

شکل ۳ الف) تأثیر سطوح مختلف WPC و SC (w/w)٪ را بر G' (Pa) را نشان می‌دهد. همچنان که در این شکل مشاهده می‌شود، شکل نمودار به صورت ماکزیمم یک طرفه است. همان طور که در نمودار مشاهده می‌شود با افزایش میزان WPC و محدوده غلظت ۱/۷۵-۲/۳۵۷٪ SC در نقطه مرکزی از غلظت CMC، میزان مدول افت افزایش می‌یابد.

شکل ۳ ب) تأثیر سطوح مختلف WPC و CMC (w/w)٪ را بر روی G' را نشان می‌دهد. همان طور که در نمودار مشاهده می‌شود شکل نمودار به صورت لبه بالارونده است و با افزایش میزان WPC و CMC، میزان G' افزایش می‌یابد و در مقادیر پایین WPC و CMC میزان G' کم است.

شکل ۳ ج) تأثیر سطوح مختلف CN و CMC (w/w)٪ را بر روی G' را نشان می‌دهد. شکل نمودار تأثیر خطی CMC و اثر درجه



شکل ۳- الف) نمودار تأثیر WPC و SC روی "G"، ب) نمودار تأثیر WPC و CMC روی "G"، ج) نمودار تأثیر CMC و SC روی "G"

جدول ۶- تجزیه واریانس داده‌های حاصل از ارزیابی حسی نمونه‌های سس سالاد

منبع تغییرات	رنگ	ترشی	شوری	شیرینی	بد طعمی	بو	ویسکوزیته	چرب بودن	طعم تلخ	صاف بودن	مقبولیت کلی
مجموع مربعات	۸۷۴/۸۵	۱۴۴۶/۷	۱۳۴۱/۹	۲۱۴۱/۲۵	۷۲۱/۲۵	۲۲۷۴/۸	۲۵۴۳/۳	۲۱۸۵	۷۷۲/۶	۱۲۲۴/۶	۲۴/۹۸
اختلاف نمونه‌ها	*	ns	ns	ns	ns	*	**	ns	ns	ns	ns

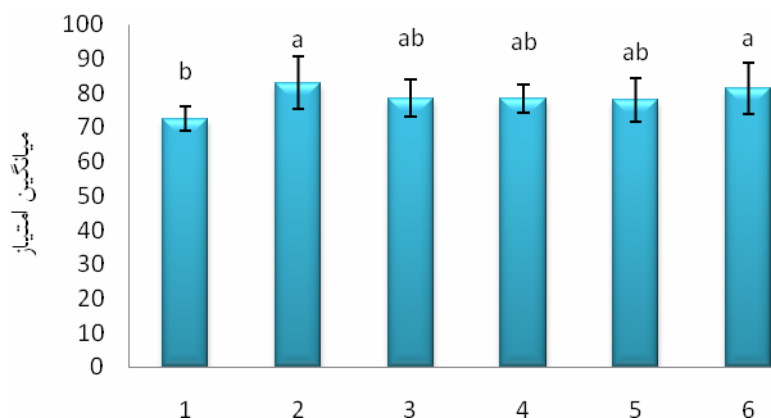
ns، * و ** به ترتیب به مفهوم غیر معنی دار بودن، معنی دار در سطح ۵٪ و ۱٪ است.

نتیجه گیری

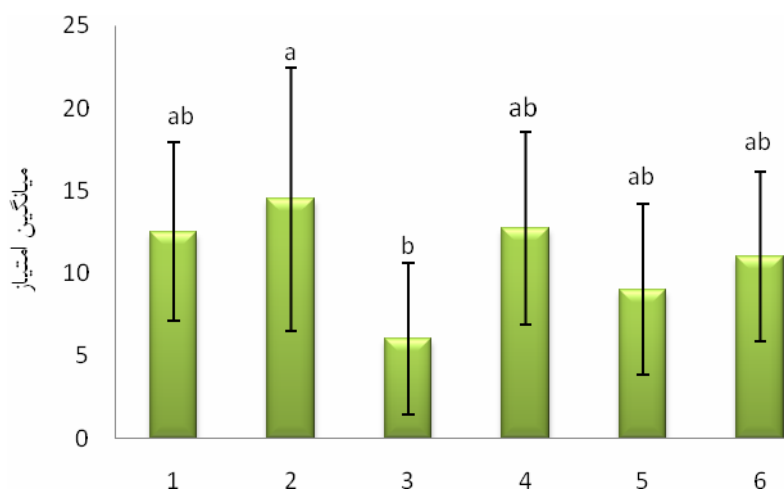
نتایج نشان دادند که هیدروکلوئیدهای WPC، SC و CMC روی ویژگی‌های رئولوژیکی و حسی سس سالاد تأثیر مثبتی دارند. CMC با افزایش ویسکوزیته فاز پیوسته و پروتئین‌های محلول با افزایش برهم کنش بین قطرات روغن مجاور در سس سالاد ویژگی‌های رئولوژیکی این فرآورده را بهبود می‌بخشد. هم چنین نتایج آنالیز حسی نشان داد که جایگزین کردن هیدروکلوئیدهای ذکر شده روی ویژگی‌های حسی این فرآورده تأثیر نامطلوب ندارد و مقبولیت کلی این فرآورده با محصول تولید شده با تخم مرغ تفاوت معنی داری ندارد.

مطابق شکل ۵ از نظر بو نمونه بهینه آزمون‌های رئومتر با بقیه نمونه‌ها تفاوت معنی دار داشت. مطابق شکل ۶ از نظر رنگ، نمونه بهینه آزمون‌های پایداری طی نگهداری در دمای محیط و یخچال (نمونه ۴) با بقیه نمونه‌ها تفاوت معنی دار داشت.

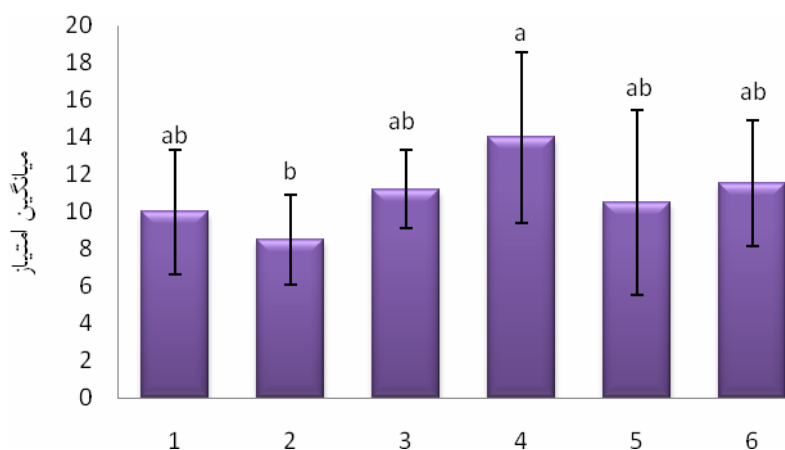
مطابق جدول ۶ نتایج به دست آمده از داده‌های مقبولیت کلی نمونه‌ها حاکی از آن است که بین نمونه شاهد تهیه شده با تخم مرغ و نمونه‌های بهینه تهیه شده با جایگزین‌ها تفاوت معنی داری وجود ندارد. بنابراین پروتئین‌های شیر می‌توانند به عنوان جایگزین مناسبی برای تخم مرغ در تهیه سس سالاد مورد استفاده قرار گیرد.



شکل ۴- نمودار میانگین امتیاز ارزیابیها به ویسکوزیته نمونه های سس (نمونه های دارای حروف متفاوت در آزمون دانکن در سطح ۵٪ اختلاف معنی دار دارند)



شکل ۵- نمودار میانگین امتیاز ارزیابیها به بوی نمونه های سس (نمونه های دارای حروف متفاوت در آزمون دانکن در سطح ۵٪ اختلاف معنی دار دارند)



شکل ۶- نمودار میانگین امتیاز ارزیابیها به رنگ نمونه های سس (نمونه های دارای حروف متفاوت در آزمون دانکن در سطح ۵٪ اختلاف معنی دار دارند)

منابع

- Alam, K., Ahmed, M., Akter, S., Islam, N., and Eun, J. B., 2009, "Effect of carboxymethylcellulose and starch as thickening agents on the quality of tomato ketchup". *Pakistan Journal of Nutrition*, 8: 1144-1149.
- Antheunisse, W., Bouwens, E. C., and Bruggeman, Y. E., 2004, "Stable oil in water emulsion". United States Patent application publication. Pub. No.: US 2004/0009285 A1.
- Gallegos, C., and Berjano, M., 1992, "Linear viscoelastic behavior of commercial and model mayonnaise". *Journal of Rheology*, 36: 465-478.
- Guilmineau, F., and Kulozik, U., 2007, "Influence of a thermal treatment on the functionality of hen's egg yolk in mayonnaise". *Journal of Food Engineering*, 78: 648-654.
- Herald, T. J., Abugoush, M., and Aramouni, F., 2009, "Physical and sensory properties of egg yolk and egg yolk substitutes in a model mayonnaise system". *Journal of Texture Studies*, 40: 692-709.
- Heyman, B., Depypere, F., Delbaere, F., and Dewettinck, K., 2010, "Effect of non-starch hydrocolloids on the physicochemical properties and stability of a commercial béchamel sauce". *Journal of Food Engineering*, 99: 115-120.
- Juszczak, L., Fortuna, T., and Kosła, A., 2003, "Sensory and rheological properties of Polish commercial mayonnaise". *Journal of Nahrung*, 47: 232-235.
- Liu, H., Xu, X. M., and Guo, Sh. D., 2007, "Rheological, texture and sensory properties of low-fat mayonnaise with different fat mimetics". *LWT-Food Science and Technology*, 40: 946-954.
- Lorenzo, G., Zaritzky, N., and Califano, A., 2008, "Modeling rheological properties of low-in-fat o/w emulsions stabilized with xanthan/guar mixtures". *Journal of Food Research International*, 41: 487-494.
- Mandala, I. G., Savvas, T. P., and Kostaropoulos, A. E., 2004, "Xanthan and locust bean gum influence on the rheology and structure of a white model-sauce". *Journal of Food Engineering*, 64: 335-342.
- Moros, J. E., Franco, J. M., and Gallegos, C., 2002, "Rheological properties of cholesterol-reduced, yolk-stabilized mayonnaise". *Journal of American Oil Chemists*, 79: 837-843.
- Mun, S., Kim, Y-L., Kang, C-G., Park, K. H., Shim, J. Y., and Kim, Y-R., 2009, "Development of reduced-fat mayonnaise using 4 α GTase-modified rice starch and xanthan gum". *International Journal of Biological Macromolecules*, 44: 400-407.
- Mun, S., Kim, Y-L., Kang, C-G., Park, K. H., Shim, J-Y., and Kim, Y-R., 2009, "Development of reduced-fat mayonnaise using 4 α GTase-modified rice starch and xanthan gum". *International Journal of Biological Macromolecules*, 44: 400-407.
- Paraskevopoulou, A., Boskou, D., and Kiosseoglou, V., 2005, "Stabilization of olive oil – lemon juice emulsion with polysaccharides". *Journal of Food Chemistry*, 90: 627-634.
- Riscardo, M. A., Moros, J. E., Franco, J. M., and Gallegos, C., 2005, "Rheological characterization of salad-dressing-type emulsions stabilized by egg yolk/sucrose distearate blends". *European Food Research Technology*, 220: 380-388.
- Sakai, T., 2008, "Surfactant-free emulsions". *Journal of Current Opinion in Colloid and Interface Science*, 13: 228-235.
- Sathivel, S., Bechtel, P. J., Babbitt, J. K., Prinyawiwatkul, W., and Patterson, M., 2005, "Functional, nutritional and rheological of protein powders from Arrowtooth flounder and their application in mayonnaise". *Journal of food science*, 70: 57-63.
- Singer, N. S., Latella, J., and Yamamoto, Sh., 1992, Reduced fat salad dressing. United States of American Patent No. 5,102,681.
- Stewart, S., and Mazza, G., 1999, "Effect of flaxseed gum on quality and stability of a model salad dressing". *Journal of Food Quality*, 23: 373-390.
- Thompson, L. U., and Reniers, D. J., 1981, Succinylated cheese whey protein concentrates in coffee whitener and salad dressing. *Journal of Dairy Science*, 65: 1135-1140.
- Trueck, H. U., and Campbell, L., 1999, "Mayonnaise-like product and a process for its manufacture". United States of American Patent No. 5,958,498.
- Turgeon, S. L., Sanchez, C., Gauthier, S. F., and Paquin, P., 1996, "Stability and rheological properties of salad dressing containing peptidic fractions of whey proteins". *International Dairy Journal*, 6: 645-658.
- Zhang, C., Quek, S. Y., Lam, G., and Eastal, J., 2008, "The rheological behavior of low fat soy-based salad dressing". *International Journal of Food Science and Technology*, 43: 2204-2212.