مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال چهاردهم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۸، صفحات ۸۶-۷۵

بهینه سازی سس مایونز با استفاده از شیرکنجاله فندق به عنوان جایگزین زرده تخم‌مرغ در سطوح مختلف صمغ زانتان- گوار به روش سطح پاسخ

المیرا محمدعلیزاده‌سامانی[۱]، محمد گلی[۲]

۱- کارشناس ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران
۲- نویسنده مسئول: دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران. پست الکترونیکی: mgolifood@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۷/۴/۱ تاریخ پذیرش: ۹۷/۷/۱۸

چکیده

سابقه و هدف: مایونز، امولسیونی روغن در آب می باشد که توسط عمل امولسیفایری زرده تخم‌مرغ پایدار می شود. با توجه به مشکلات مربوط به سطوح بالای کلسترول تخم مرغ، این پژوهش با هدف بررسی کاربرد شیر کنجاله‌ی فندق به عنوان جایگزین تخم‌مرغ و یافتن فرمول بهینه برای تولید مایونز انجام شد.

مواد و روش‌ها: بدین منظور نمونه‌های مایونز با استفاده از شیر کنجاله فندق تهیه شده در ۵ سطح جایگزینی با زرده تخم‌مرغ (٪۱۰۰، ۷۵، ۵۰، ۲۵، ۰) و مخلوط صمغ زانتان-گوار (۱:۱) در ۵ سطح فرمولاسیون مایونز (٪۰/۲ ، ۰/۱۵، ۰/۱، ۰/۰۵، ۰) با روش سطح پاسخ و طرح مرکب مرکزی تهیه شدند. سپس سفتی، نیروی چسبندگی، چسبندگی، پایداری حرارتی و فیزیکی نمونه ها ارزیابی شده و در نهایت مدل‌سازی انجام گرفت.

یافته‌ها: ضریب تبیین بالای مدل‌های بدست آمده حاکی از توانایی مناسب اکثر مدل‌ها در پیشگویی داده‌ها و تطابق پاسخ‌ها با آنالیزهای حقیقی بود. نمونه ۵۰ درصد جایگزینی شیر کنجاله (۰/۱۶ درصد صمغ) و ۸۷ درصد جایگزینی شیر کنجاله (۰/۱۱ درصد صمغ) به عنوان نمونه بهینه معرفی شد. سپس با انجام آزمون اعتبارسنجی مشخص شد نمونه‌های تولید شده از لحاظ سفتی، نیروی چسبندگی، چسبندگی، پایداری فیزیکی و حرارتی با اعداد پیش‌بینی شده مطابقت داشتند ($P>0/05$).

نتیجه‌گیری: در مجموع با استفاده از این دو فرمول بهینه می‌توان مایونز با میزان کلسترول کم و ویژگی‌های مشابه با نمونه شاهد تولید کرد.

واژگان کلیدی: کنجاله فندق، پایدارکننده، مایونز کم کلسترول، بهینه‌سازی فرمولاسیون، فنیل‌کتونوری

• مقدمه

مایونز نوعی امولسیون روغن در آب بوده که از امولسیون شدن روغن‌های گیاهی خوراکی در یک فاز مایع شامل سرکه به وجود می‌آید. امولسیون روغن در آب مایونز توسط زرده تخم‌مرغ پایدار می‌شود (۱). زرده تخم‌مرغ(آب ۵۲/۳٪، چربی ۲۶/۶٪، پروتئین ۱۵/۹٪، خاکستر ۱/۷٪ و کربوهیدرات ۳/۶٪) به علت نقش عملکردی مناسب شامل امولسیون‌کنندگی، کف‌کنندگی و پایدارکنندگی، جزء مهمی بوده و قوام امولسیون‌هایی نظیر مایونز که دارای درصد بالایی از چربی می‌باشد، بستگی به حضور زرده تخم‌مرغ دارد (۲). با این وجود، زرده به دلیل دارا بودن میزان بالای کلسترول (۱/۰۸۵٪)، آلرژی‌زایی پروتئین‌های آن در برخی افراد و داشتن میزان فنیل آلانین بالا (۰/۶۸ درصد) برای بیماران فنیل‌کتونوری از نظر سلامتی می‌تواند ایجاد مشکل نماید (۲). تحقیقات اخیر بر استفاده از پروتئین‌ها (مانند ایزوله پروتئین سویا، گلوتن گندم و پروتئین محلول ماهی) و پلی ساکاریدها (مانند نشاسته اصلاح‌شده، آیوتا کاراجینان) به منظور کاهش و یا حذف تخم مرغ در تولید فرآورده‌های کم‌کلسترول، تاکید دارند(۳). لذا در این تحقیق با انتخاب جایگزین مناسب مانند شیرکنجاله فندق (آب ۷۶٪، چربی ۰٪، پروتئین ۱۶/۳٪، خاکستر ۳/۷٪ و کربوهیدرات ۴٪)، بدون کلسترول و عاری از پروتئین‌های آلرژی‌زا (حذف شدن با تیمارهای قلیایی حین تهیه شیر کنجاله) و با داشتن میزان فنیل آلانین کمتر (۰/۶۵ درصد)، می‌توان مایونزی با کیفیت تغذیه‌ای بالاتر برای بیماران قلبی-عروقی، آلرژیک و فنیل‌کتونوری تولید نمود (۳).

کنجاله‌ها از دسته ضایعات کارخانجات روغن‌کشی بوده و استفاده از آن‌ها در صنعت دارای صرفه اقتصادی بالایی می‌باشد. کنجاله فندق منبع غنی از پروتئین (۴۰-۲۴٪) بوده و می‌توان از آن در کاربردهای مختلف استفاده نمود (۴). علاوه بر مقادیر بالای عناصر معدنی، دارای منابع با ارزشی از ویتامین‌های ضروری چون ویتامین‌های B1، B6، نیاسین و آلفاتوکوفرول نیز است. Goankar و همکاران (۲۰۱۰) امکان استفاده از پروتئین گندم و پروتئین‌های شیر را در مایونز مورد بررسی قرار دادند (۵). نیک‌زاده و همکاران (۲۰۱۲) با استفاده از شیر سویا و برخی پایدار کننده‌ها سعی در تولید سس کم کلسترول-کم چرب نمودند و چگونگی تأثیرگذاری آن بر ویژگی‌های مایونز را مورد بررسی قرار دادند. بر اساس نتایج آن‌ها، به دلیل قابلیت بالای شیر سویا در پایدارکردن میزان قابل توجهی از روغن در مایونز و دارا بودن ارزش تغذیه منحصر به فرد می‌توان از این ترکیب به عنوان امولسیفایر در مایونز استفاده نمود (۶). صمغ‌ها گروهی از هیدروکلوئیدها بوده که ساختاری پلی ساکاریدی دارند (۷) و در فرمولاسیون مایونز با کند کردن حرکت قطرات و افزایش ویسکوزیته فاز پیوسته موجب بهبود پایداری امولسیون می‌شود. پژوهش‌های زیادی برای بررسی نقش پایدارکنندگی صمغ‌ها در امولسیون‌ها، مایونز و سایر سس‌ها صورت گرفته است. Hennok و همکاران (۲۰۰۵) بیان کردند که در امولسیون‌هایی با بیش از ۶۰٪ روغن وجود زانتان برای جلوگیری از دو فاز شدن ضروری است(۸).Papalamber و همکاران (۲۰۰۵) نشان دادند که افزودن صمغ زانتان در فرمولاسیون سس مایونز پایداری آن را از طریق افزایش جذب پروتئین در سطوح مشترک افزایش می‌دهد (۹).

صمغ زانتان به دلیل حلالیت بالا در آب داغ و سرد، ایجادکننده ویسکوزیته بالا و پایداری عالی در سیستم‌های اسیدی، یکی از رایج‌ترین پایدارکننده‌های مورد استفاده در سس‌ها بویژه مایونز می‌باشد. هچنین صمغ زانتان خاصیت صمغ گوار را برای افزایش ویسکوزیته تشدید می‌کند. صمغ گوار صمغی است که در آب سرد ژل ویسکوزی ایجاد می‌کند (۱۰).

روش سطح پاسخ یکی از انواع طرح‌های آماری مورد استفاده برای بهینه‌سازی فرمولاسیون می‌باشد. استفاده از روش بهینه‌سازی در تولید، منجر به صرفه‌جویی در زمان، هزینه و استفاده از مواد اولیه کمتر و دریافت نتیجه‌ی مطلوب‌تر و بدست آوردن مدل پیشگوی داده می‌شود.

هدف از این تحقیق بهینه‌سازی فرمولاسیون مایونز کم‌کلسترول با جایگزینی شیرکنجاله فندق به جای زرده تخم‌مرغ و بکارگیری صمغ زانتان-گوار بود. نتایج مثبت این پژوهش علاوه بر کاهش کلسترول و افزایش ارزش تغذیه‌ایی مایونز ، کاهش هزینه‌های تمام شده در صنعت غذا با استفاده از کنجاله صنعت روغن‌کشی را سبب می‌شود.

• مواد و روش‌ها

مواد: مواد اولیه شامل روغن، شکر، نمک، تخم‌مرغ، اسید سیتریک، سرکه، پودر خردل از فروشگاه‌های معتبر محلی تهیه شدند. اسید سیتریک، بنزوات سدیم و صمغ‌های گوار و زانتان از شرکت Sigma، آمریکا و روغن مایع از شرکت تولیدی نسترن، ایران خریداری شدند. کنجاله فندق تولیدی با روش پرس سرد به صورت پودری از شرکت کیمیاگران کرمان خریداری شد.

تهیه شیر کنجاله فندق: شیر کنجاله فندق با استفاده از روش عبداله و همکاران (۱۹۹۳) با کمی تغییرات تهیه شد (۱۱). ابتدا پودر کنجاله با نسبت ۱ به ۳ با آب مقطر حاوی ۱٪ سدیم بی کربنات مخلوط گردید و به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس در حمام آبی حرارت داده شد. متعاقباً همگن‌سازی با استفاده از مخلوط‌کن (مدل Berjaya I/BSP-BM10 ، مالزی) به مدت ۱۵ دقیقه انجام شد. مخلوط آب و کنجاله با استفاده از پارچه صافی صاف گردید. و سپس به منظور برابرسازی ماده خشک شیر کنجاله با تخم‌مرغ در دستگاه تبخیرکننده چرخشی تحت خلاء (مدل R-200، شرکت بوچی، سویس) قرار داده شد. pH شیرابه با استفاده از اسید سیتریکN ۰/۵به ۶/۳ رسانده شد و همگن‌سازی با دور ۴ مخلوط‌کن انجام شد. سپس شیر کنجاله در دمای ۸۵ درجه سلسیوس به مدت ۱۵ دقیقه درون اتوکلاو پاستوریزه شد و تا انجام مراحل بعدی در یخچال با دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری شد (۱۱).

تهیه سس مایونز: ابتدا تخم‌مرغ، یک چهارم سرکه، مواد پودری شامل شکر، نمک، خردل، اسید سیتریک، بنزوات سدیم و صمغ‌ها، شیر کنجاله فندق، مطابق جدول ۱ توسط همزن (مدل Berjaya I/BSP-BM10 ، مالزی) با دور یک (۳۰۰ دور در دقیقه) به مدت چهار دقیقه مخلوط شدند. سپس در سرعت ۲ همزن، روغن به آرامی و به صورت قطره قطره به فاز آبی افزوده شدند. پس از افزودن تمامی روغن، بقیه سرکه طی مدت ۱ دقیقه به مخلوط اضافه شد. سپس امولسیون بدست آمده به مدت ۷ دقیقه با دور ۴ همزن (۶۰۰ دور در دقیقه) همگن شد و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد تا

زمان انجام آزمایشات نگهداری شد(۲). جهت تولید سس مایونز از فرمولاسیون جدول ۱ استفاده گردید.

اندازه‌گیری پایداری فیزیکی امولسیون: جهت اندازه‌گیری پایداری فیزیکی، ۱۵ گرم نمونه درون لوله های سانتریفوژ با وزن مشخص ریخته شد و لوله ها به مدت ۳۰ دقیقه با شتاب ۳۰۰۰×g سانتریفیوژ(مدل Sigma، آلمان)گردیدند. پس از این مرحله، لایه روغن دور ریخته شد و وزن رسوب باقیمانده اندازه‌گیری شد. این آزمون در سه تکرار انجام گرفت و پایداری امولسیون بر حسب درصد با استفاده از فرمول شماره ۱ محاسبه گردید(۱۰).

فرمول ۱

$$\text{پایداری فیزیکی و حرارتی امولسیون(درصد)} = \frac{\text{وزن رسوب سانتریفیوژ}}{\text{وزن اولیه نمونه}} \times ۱۰۰$$

اندازه گیری پایداری حرارتی امولسیون: جهت اندازه‌گیری پایداری حرارتی، ۱۵ گرم نمونه درون لوله‌های سانتریفیوژ با وزن مشخص ریخته شد و نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در بن‌ماری (مدل GFL ، ایران) با دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و سپس به مدت ۱۰ دقیقه با شتاب ۳۰۰۰×g سانتریفیوژ (مدل Sigma، آلمان) گردیدند. پس از این مرحله، لایه روغن دور ریخته شد و وزن رسوب باقیمانده اندازه‌گیری گردید. این آزمون در سه تکرار انجام گرفت و پایداری امولسیون بر حسب درصد با استفاده از فرمول شماره یک محاسبه گردید(۱۰).

تعیین ویژگی‌های بافتی: ویژگی‌های بافتی نمونه‌های مایونز با انجام تست پس اکستروژن (extrusion Back) با دستگاه بافت‌سنج مدل سنتام، ایران (Texture analyzer) انجام شد. این آزمون شامل جابه‌جایی یک پروپ استوانه‌ای با ژئومتری مشخص در داخل ظرف استاندارد می‌باشد. در این آزمون، به ماده غذایی نیرو وارد شده و در اثر این نیرو ، نمونه داخل یک مسیر جریان پیدا کرده و از سوراخ یا درز خارج می‌شود. در این فعل و انفعال ابتدا ساختار ماده غذایی تخریب شده و سپس سیالیت پیداکرده و در نهایت از دستگاه خارج می‌گردد (۱۴-۱۲). با استفاده از این تست پارامترهایی چون سفتی (Hardness)، چسبندگی (Adhesiveness) و نیروی چسبندگی (Adhesive Force) محاسبه گردید. سفتی بالاترین نقطه نمودار بوده که می تواند بر حسب نیوتن یا گرم بیان شود. نیروی چسبندگی، نیروی لازم برای جدا شدن پروپ از نمونه و یا بیشترین نیروی منفی تولید شده در طول برگشت و خارج شدن پروپ از ظرف اندازه‌گیری بر حسب گرم یا نیوتن (نقطه ی مینیمم نمودار) می‌باشد. و چسبندگی بر حسب نیوتن ثانیه یا گرم ثانیه، مساحت ناحیه منفی نمودار و نمادی از چسبندگی بافت محصول است (۱۴-۱۲). برای انجام این تست پروپ با قطر ۳۸ میلی‌متر و میزان نفوذ ۲۰ میلی‌متر، و سرعت نفوذ ۱ میلی‌متر بر ثانیه به کارگرفته شد. استوانه‌ی فلزی با قطر ۴۵ میلی‌متر و ارتفاع ۹۵ میلی‌متر برای این تست انتخاب شد.حدود ۷۵ گرم نمونه جهت انجام تست توزین و در استوانه ریخته شد. به منظور یکسان سازی شرایط دمایی، تمامی نمونه‌ها قبل از انجام آزمون در دمای ۴ درجه سلسیوس قرار داده شدند. اندازه‌گیری‌ها در سه تکرار و ۲۴ ساعت بعد از تولید نمونه‌ها انجام گرفت.

جدول ۱. فرمولاسیون شاهد و نمونه مایونز با زرده تخم‌مرغ کاهش یافته (درصد جایگزینی با شیر کنجاله فندق)

ترکیبات(٪)	روغن آفتابگردان	زرده تخم‌مرغ (شیر کنجاله فندق)	سرکه	شکر*	نمک	خردل	اسید سیتریک	بنزوات سدیم	صمغ‌های زانتان و گوار*
درصد جایگزینی									
۰ درصد (شاهد)	۷۳	۱۳(۰)	۸	۵-۴/۸	۰/۴	۰/۴	۰/۱	۰/۰۷۵	۰/۲-۰
۲۵ درصد	۷۳	۹/۷۵(۳/۲۵)	۸	۵-۴/۸	۰/۴	۰/۴	۰/۱	۰/۰۷۵	۰/۲-۰
۵۰ درصد	۷۳	۶/۵(۶/۵)	۸	۵-۴/۸	۰/۴	۰/۴	۰/۱	۰/۰۷۵	۰/۲-۰
۷۵ درصد	۷۳	۳/۲۵(۹/۷۵)	۸	۵-۴/۸	۰/۴	۰/۴	۰/۱	۰/۰۷۵	۰/۲-۰
۱۰۰ درصد	۷۳	۰(۱۳)	۸	۵-۴/۸	۰/۴	۰/۴	۰/۱	۰/۰۷۵	۰/۲-۰

*مجموع درصد شکر و صمغ‌های زانتان و گوار در تمامی بیست نمونه مورد آزمون سطح پاسخ(اشاره شده در جدول ۳)، ۵ درصد است

رنگ سنجی نمونه‌های بهینه مایونز: آزمون رنگ‌سنجی در روز های اول و شصتم انجام شد. جهت اندازه‌گیری پارامترهای رنگی(*L، *a و*b) نمونه‌های مایونز از دستگاه هانترلب استفاده شد، *L بیانگر میزان روشنایی و دامنه آن از صفر تا ۱۰۰ متغیر می‌باشد، *a بیانگر قرمزی و *b بیانگر زردی می‌باشد که دامنه آن ها از ۱۲۰- تا ۱۲۰+ است(۱۱). پارامترهای دیگری که از پارامترهای رنگی فوق بدست آمد، شامل تغییر رنگ کلی (فرمول ۲)، شاخص قهوه‌ای (فرمول ۳) و شاخص سفیدی (فرمول ۴) بود (۱۱). تغییر رنگ کلی، میزان تغییر رنگ نمونه‌ها یا میزان تیره شدن ماده غذایی را در طی دوره نگه‌داری نسبت به شاهد بوده و شاخص قهوه‌ای، معیاری از قهوه‌ای بودن و شاخص سفیدی، معیاری از سفید بودن مایونز است(۱۱).

فرمول ۲

$$\Delta E = \sqrt{(L_0 - L_{60})^2 + (a_0 - a_{60})^2 + (b_0 - b_{60})^2}$$

فرمول ۳

$$\text{شاخص قهوه ای} = \frac{(100(X-0.31))}{0.71}$$

$$X = \frac{(a+(1.75\times L))}{(5.645\times L)+a-(3.012\times b)}$$

فرمول ۴

$$\text{شاخص سفیدی} = 100 - \sqrt{(100-L)^2 + a^2 + b^2}$$

جدول ۲. متغیرهای مستقل فرایند و مقادیر آنها

علامت	متغیرهای مستقل	سطوح کد شده				
		+α	+۱	۰	-۱	-α
A	جایگزینی شیر کنجاله فندق(٪)	۱۰۰	۷۵	۵۰	۲۵	۰
B	صمغ زانتان-گوآر (٪)	۰/۲	۰/۱۵	۰/۱	۰/۰۵	۰

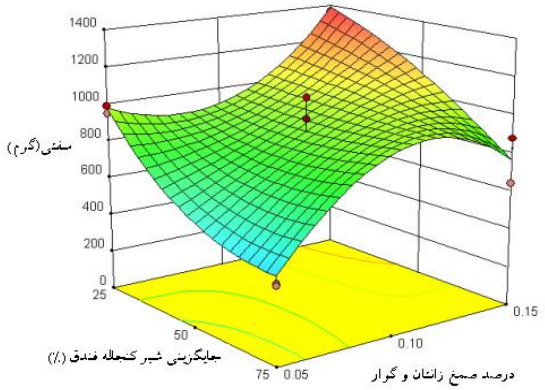
جدول ۳. تأثیر جایگزینی شیر کنجاله فندق و درصدهای صمغ زانتان-گوار بر متغیرهای پاسخ

آزمایش	متغیرهای مستقل		پاسخ‌ها				
	جایگزینی شیر کنجاله	صمغ زانتان-گوار	سفتی	نیروی چسبندگی	چسبندگی	پایداری فیزیکی	پایداری حرارتی
	درصد	درصد	گرم	گرم	گرم.ثانیه	درصد	درصد
شاهد ۱	۰	۰/۱	۱۱۸۲/۸۱	۹۷۶/۰۷۲	۴۷۵۴/۶۱	۱۰۰	۱۰۰
شاهد ۲	۰	۰/۱	۹۳۸/۱۳	۸۲۹/۷۴	۶۲۶۰	۱۰۰	۱۰۰
۳	۲۵	۰/۵	۹۹۹/۳۲	۸۰۹/۷۵	۴۳۵۸	۹۹/۴۴	۱۰۰
۴	۲۵	۰/۵	۹۵۸/۵۳	۸۳۲/۹	۵۴۵۹	۹۹/۴۲	۱۰۰
۵	۲۵	۰/۱۵	۱۳۶۶/۴۸	۱۱۱۰/۶۷	۴۴۲۵/۲۲	۱۰۰	۱۰۰
۶	۲۵	۰/۱۵	۱۲۹۵/۰۳	۱۰۴۹/۳۸	۶۴۹۵/۶۳	۱۰۰	۱۰۰
۷	۵۰	۰/۱	۷۹۵/۳۷	۶۵۶/۴۹	۴۶۷۴/۴۹	۹۹/۷۱	۹۹/۸۶
۸	۵۰	۰/۱	۸۷۶/۹۵	۶۵۳/۲۳	۴۰۴۸/۸	۱۰۰	۹۹/۲۷
۹	۵۰	۰/۱	۱۰۷۰/۷۰	۸۸۷/۳۶	۷۶۵۹/۲۲	۱۰۰	۹۹/۲
۱۰	۵۰	۰/۱	۹۵۸/۵۳	۶۹۴/۳۲	۴۲۹۲/۱	۹۹/۸۹	۹۹/۳۹
۱۱	۵۰	۰	۲۵۴/۹۲	۱۷۴/۹۸	۱۰۶۸/۷۳	۸۷/۷۸	۹۸/۲۸
۱۲	۵۰	۰	۱۹۳/۷۴	۱۳۳/۸۸	۷۶۸/۸۶	۹۱/۰۲	۹۷/۳۷
۱۳	۵۰	۰/۲	۱۳۵۶/۲۲	۱۰۵۳/۴۶	۷۶۱۶/۵	۱۰۰	۱۰۰
۱۴	۵۰	۰/۲	۱۲۶۴/۴۴	۱۰۰۷/۷۸	۸۱۰۰/۲۶	۱۰۰	۱۰۰
۱۵	۷۵	۰/۵	۳۹۷/۶۸	۳۰۸/۷۷	۱۶۴۴/۶۲	۹۳	۹۱
۱۶	۷۵	۰/۵	۴۰۷/۸۸	۳۶۱/۹۹	۱۷۴۴/۳۵	۹۸	۹۵
۱۷	۷۵	۰/۱۵	۶۵۲/۶۱	۵۰۴/۱۴۰	۲۶۰۴/۷۷	۱۰۰	۱۰۰
۱۸	۷۵	۰/۱۵	۸۸۷/۱۵	۶۹۵/۸۵	۵۹۸۴/۶۳	۹۹/۹۷	۱۰۰
۱۹	۱۰۰	۰/۱	۱۰۷۰/۷۰	۹۶۸/۳۲	۵۸۸۱/۴۰	۱۰۰	۱۰۰
۲۰	۱۰۰	۰/۱	۱۱۱۱/۴۹	۹۲۳/۵۵	۶۴۰۵/۱	۱۰۰	۱۰۰

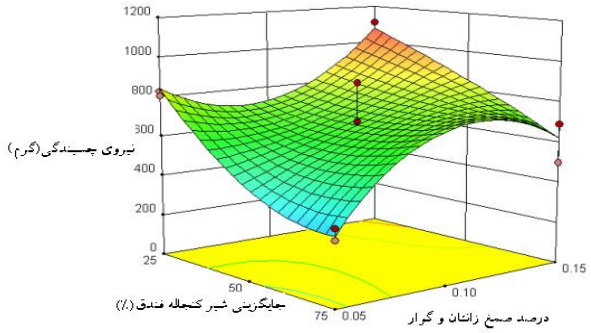
آنالیز آماری: در این تحقیق طرح مرکب مرکزی (α=۲) که یکی از انواع طرح‌های سطح پاسخ (Response Surface Methedology) است با دو فاکتور شیر کنجاله فندق در ۵ سطح جایگزینی با زرده تخم‌مرغ (۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد) و صمغ‌های زانتان-گوار (۱:۱) در ۵ سطح وزن کل فرمولاسیون مایونز (۰، ۰/۰۵، ۰/۱، ۰/۱۵ و ۰/۲ درصد) جهت تولید نمونه سس مایونز با تخم‌مرغ کاهش یافته مورد استفاده قرار گرفت(جدول ۲). نمونه شاهد (تولید شده بصورت تجاری) با ۱۳ درصد زرده تخم‌مرغ ۰/۱ درصد صمغ‌های زانتان-گوار مطابق جدول ۱ تولید شد و بهینه سازی بر اساس مشابهت با آن صورت گرفت. تأثیر شیر کنجاله فندق و درصدهای صمغ زانتان- گوار بر متغیر پاسخ مورد بررسی قرار گرفت و نتایج آن در جدول۳ آورده شده است. در نهایت فرمول مدل برای سفتی، نیروی چسبندگی، چسبندگی، پایداری فیزیکی و پایداری حرارتی نمونه‌های سس مایونز به دست آمده و فرمول بهینه تعیین شد. آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار دیزاین اکسپرت نسخه ۹ در سطح معنی‌داری ۵ درصد ($P<۰/۰۵$) صورت پذیرفت.

• یافته‌ها

ویژگی‌های بافتی نمونه‌های مایونز: نتایج مربوط به آنالیز واریانس بافت نمونه‌های سس مایونز در جدول ۴ آورده شد. بیشترین مقدار سفتی و نیروی چسبندگی نمونه‌ها مربوط به نمونه ۲۵ درصد جایگزینی شیر کنجاله فندق و ۰/۱۵درصد صمغ می‌باشد. با توجه به نتایج جدول۴ فقط متغیر B (صمغ زانتان-گوار) به صورت مستقل بر سفتی و نیروی چسبندگی موثر است ($P<۰/۰۵$) و اثر متغییر A (جایگزینی شیر کنجاله) به صورت توان دوم بر سفتی و نیروی چسبندگی موثر است ($P<۰/۰۵$). با توجه به جدول ۴، عدم برازش برای سفتی و نیروی چسبندگی معنی‌دار نمی‌باشد. غیرمعنی‌دار بودن عدم برازش به این معناست که دلیلی برای عدم صحت داده‌های حاصل از مدل پیشگو وجود ندارد. هم‌چنین مقدار عددی ضریب تبیین به ترتیب ۰/۹۵ و ۰/۹۳ می‌باشد. ضریب تبیین نشان‌دهنده میزان انحراف داده‌ها از مدل رگرسیون خطی است و هر چه مقدار عددی آن به ۱ نزدیکتر باشد تطابق بین نتایج حاصل از آزمون و پیشگویی شده توسط فرمول بیشتر است.



شکل ۱. تأثیر سطوح مختلف جایگزینی شیر کنجاله فندق با صمغ زانتان-گوار بر میزان سفتی(گرم) مایونز



شکل ۲. تأثیر سطوح مختلف جایگزینی شیر کنجاله فندق با صمغ زانتان-گوار بر میزان نیروی چسبندگی (گرم) مایونز

جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس اثر جایگزینی شیرکنجاله فندق و صمغ زانتان-گوار بر ویژگی‌های بافتی مایونز

	سفتی(گرم)			نیروی چسبندگی(گرم)			چسبندگی(گرم . ثانیه)		
متغیرها	ارزش P	ارزش F	مجموع مربعات	ارزش P	ارزش F	مجموع مربعات	ارزش P	ارزش F	مجموع مربعات
مدل	<۰/۰۰۰۱	۵۷/۷۷	۶۰۳۷/۹۶	<۰/۰۰۰۱	۵۷/۶	۵/۴۷۹×۱۰^{۷}	۰/۰۰۰۵	۱۷/۸۷	۴/۵۷۷ ×۱۰^{۷}
A	–	–	–	–	–	–	–	–	–
B	<۰/۰۰۰۱	۱۵۲/۸۵	۱۵۹۷۴/۳۷	<۰/۰۰۰۱	۱۰۶/۰۶	۱۰۰۹×۱۰^{۵}	۰/۰۰۰۵	۱۷/۸۷	۴/۵۷۷ ×۱۰^{۷}
$A^{۲}$	۰/۰۲۸۲	۵/۹۹	۶۲۶/۱۳	<۰/۰۰۰۱	۲۷/۷۹	۲/۶۴ ×۱۰^{۷}	–	–	–
$B^{۲}$	۰/۰۰۶۸	۱۰/۰۴	۱۰۹۴/۰۴	–	–	–	–	–	–
AB	–	–	–	–	–	–	–	–	–
$A^{۲}B$	۰/۰۱۹۲	۶/۹۹	۷۳۰/۹۴	<۰/۰۵	۴/۵۲	۴/۲۸۹×۱۰^{۶}	–	–	–
$AB^{۲}$	۰/۰۰۰۱	۷۵/۱	۷۸۵۳/۶۴	<۰/۰۰۰۱	۷۴/۶۶	۷/۱۰۲×۱۰^{۷}	–	–	–
عدم برازش	۰/۶۲۵	۰/۶	۶۹/۰۵	۰/۶۶	۰/۶۱	۶/۵۱۵×۱۰^{۵}	۰/۰۵	۲/۸۷	۴/۲۵۷×۱۰^{۶}
R^2		۰/۹۵			۰/۹۳			۰/۴۹	

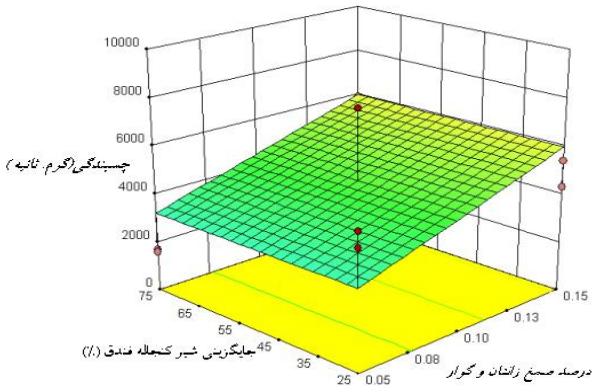
خطوط تیره در جدول نشان دهنده بی‌تأثیر بودن متغیر مربوطه در پاسخ‌های اندازه‌گیری شده است. مدل مناسب برای هر یک از پاسخ ها به صورت زیر است:(A : شیر کنجاله فندق، B: صمغ زانتان-گوار)

$$(Hardness)^{0.72} = (+133.21) + (31.60 \times B) + (4.34 \times A^2) - (5.62 \times B^2) - (11.71 \times A^2B) - (31.33 \times AB^2)$$

$$(Adhesive\ Force)^{1.34} = (+6224.68) + (2511.03 \times B) + (782.32 \times A^2) - (897.66 \times A^2B) - (2979.45 \times AB^2)$$

$$\text{Adhesivness} = (1938.6) + (27620.24 \times \text{B})$$

شکل ۱ و ۲ به ترتیب تاثیر سطوح مختلف جایگزینی شیر کنجاله فندق و صمغ زانتان- گوار را بر سفتی و نیروی چسبندگی نشان می‌دهد. همان طور که مشخص است در هر سطح صمغ با کاهش درصد جایگزینی شیر کنجاله فندق میزان سفتی و نیروی چسبندگی نمونه‌های مایونز افزایش یافته است و در سطوح پایین جایگزیی شیرکنجاله، با افزایش صمغ، سفتی و نیروی چسبندگی، ابتدا کاهش و سپس افزایش یافت. برعکس، در سطوح بالای جایگزینی شیرکنجاله، با افزایش صمغ، ابتدا سفتی و نیروی چسبندگی افزایش و سپس کاهش یافته است.



شکل ۳. تأثیر سطوح مختلف جایگزینی شیر کنجاله فندق با صمغ زانتان- گوار بر میزان چسبندگی(گرم.ثانیه) مایونز

پایداری فیزیکی و حرارتی: همان‌طور که نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد درصد صمغ به صورت خطی و به صورت توان دوم بر پایداری فیزیکی مؤثر بوده است ($P<۰/۰۵$) و جایگزینی شیر کنجاله تاثیری بر پایداری فیزیکی مایونز نداشته‌است. شکل ۴ نشان می‌دهد که با افزایش میزان صمغ، پایداری فیزیکی نمونه ها افزایش یافته است. عدم برازش معنی‌دار نمی‌باشد و ارزش P آن برابر ۲/۲۷ بود. ضریب تبیین ۰/۸۱، نشان می‌دهد فرمول ارائه شده در محدوده عددی تحقیق شده، قابل اطمینان و با دقت مناسب است. با توجه به نتایج جدول ۳، درصد صمغ به صورت خطی بر پایداری حرارتی موثر است ($P<۰/۰۵$) و اثر متقابل جایگزینی شیر کنجاله و صمغ نیز بر متغیر پاسخ معنی‌دار بوده است ($P<۰/۰۵$) عدم برازش معنی‌دار نشد. شکل ۴ بیان‌گر آن است که در سطوح بالا از جایگزینی شیر کنجاله با افزایش صمغ، پایداری حرارتی به طور محسوسی افزایش یافته است ولی در سطوح پایین جایگزینی شیر کنجاله، با افزایش میزان صمغ پایداری حرارتی نمونه ها ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد و در هر سطح جایگزینی صمغ با افزایش شیرکنجاله پایداری حرارتی کاهش می‌یابد که این کاهش در سطوح پایینتر صمغ، محسوس‌تر است.

انتخاب نمونه بهینه مایونز: جهت یافتن فرمول بهینه با ویژگی‌های بافتی مشابه با مایونز شاهد (صنعتی بدون جایگزینی شیرکنجاله و ۰/۱ درصد صمغ زانتان-گوار) از شاخص‌های جدول ۶ استفاده شد. جدول ۷ به معرفی بهینه ۱ (جایگزینی شیر کنجاله فندق ۸۷ درصد، ۰/۱۱ درصد صمغ زانتان-گوار) و بهینه ۲ (جایگزینی شیر کنجاله فندق ۵۰ درصد، ۰/۱۶ درصد صمغ زانتان-گوار) با خواص بافتی پیش‌بینی شده (طرح RSM) و واقعی(تولیدی در آزمایشگاه) با ضریب همبستگی بترتیب، ۱ و ۰/۹۹۷می‌پردازد. بر این اساس می توان با به کار بردن این مقادیر با اطمینان ۱۰۰ و ۹۹/۷درصد به فرمولاسیون مورد نظر رسید.

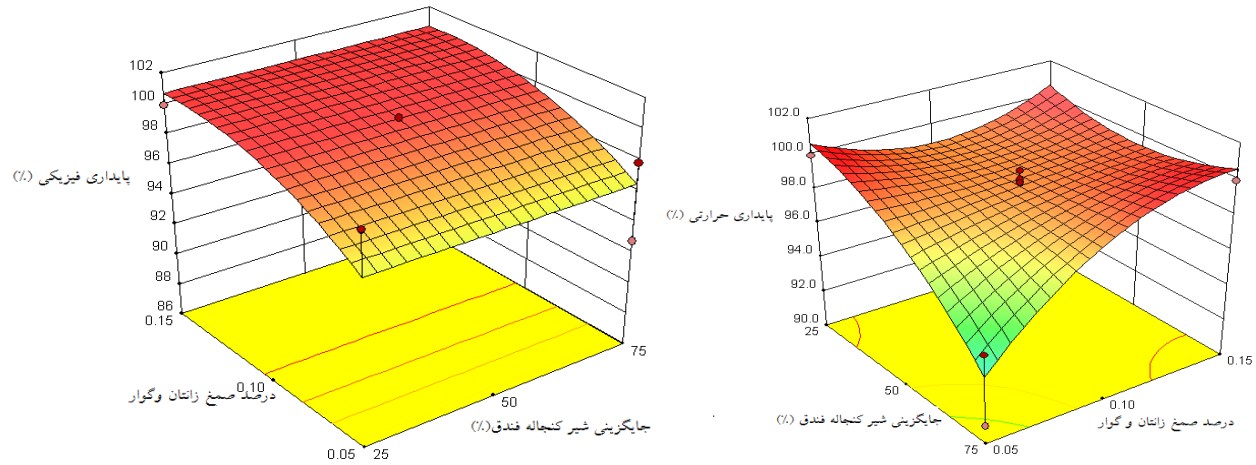
جدول ۵. جدول تجزیه واریانس اثر جایگزینی شیرکنجاله فندق بر پایداری فیزیکی و حرارتی مایونز

	پایداری حرارتی(درصد)			پایداری فیزیکی(درصد)		
متغیرها	ارزش P	ارزش F	مجموع مربعات	ارزش P	ارزش F	مجموع مربعات
مدل	<۰/۰۰۰۱	۱۷/۵۲	۰/۵۲۱ ×۱۰^{۱۰}	<۰/۰۰۰۱	۳۷/۶	۶/۹۲۳×۱۰^{۱۰}
A	–	–	–	–	–	–
B	۰/۰۴۶۹	۴/۶۹	۴/۰۶۸ ×۱۰^{۹}	<۰/۰۰۰۱	۴۶/۱۷	۸/۴۸۱×۱۰^{۱۰}
A^{۲}	–	–	–	–	–	–
B^{۲}	–	–	–	<۰/۰۰۰۱	۲۹/۲۱	۵/۳۶۶×۱۰^{۱۰}
AB	۰/۰۰۰۳	۲۱/۸	۱/۸۹۲ ×۱۰^{۱۰}	–	–	–
A^{۲}B	۰/۰۲۱۷	۶/۵۶	۵/۶۹۸ ×۱۰^{۹}	–	–	–
AB^{۲}	۰/۰۰۰۳	۲۱/۸	۱/۸۹۲×۱۰^{۱۰}	–	–	–
عدم برازش	۰/۰۵۴۳	۳/۲۵	۱/۷۶۴ ×۱۰^{۹}	۰/۰۶	۲/۷۷	۳/۱۳۳×۱۰^{۹}
R^2		۰/۸۲			۰/۸۱	

خطوط تیره در جدول نشان دهنده بی‌تأثیر بودن متغیر مربوطه در پاسخ‌های اندازه‌گیری شده است. مدل مناسب برای هر یک از پاسخ ها به صورت زیر است:(A : شیر کنجاله فندق، B: صمغ زانتان-گوار)

$$(Heat\ Stability)^3 = (+9.708E + 005) + (15945.09 \times B) + (48631075 \times AB) + (32686.66 \times A^2B) - (48631.75 \times AB^2)$$

$$(Phisical\ stability)^3 = (+9.987 \times E005) - (59444.72 \times B) - (35243.67 \times B^2)$$



شکل ۴. تأثیر سطوح مختلف جایگزینی شیر کنجاله فندق با صمغ زانتان-گوار بر میزان پایداری فیزیکی و حرارتی (٪) مایونز

جدول ۶. شاخص‌های در نظر گرفته شده برای بهینه‌سازی

	شاخص	حد پایین	حد بالا
جایگزینی شیر کنجاله فندق(درصد)	در محدوده	۰	۱۰۰
صمغ زانتان-گوار(درصد)	در محدوده	۰	۰/۲
سفتی(گرم)*	در محدوده	۹۰۰	۱۲۰۰
نیروی چسبندگی(گرم)*	در محدوده	۸۰۰	۱۰۰۰
چسبندگی(گرم . ثانیه)*	در محدوده	۴۵۰۰	۶۵۰۰
پایداری فیزیکی(درصد)*	بیشینه	۹۹	۱۰۰
پایداری حرارتی(درصد)*	بیشینه	۹۹	۱۰۰

* تشابه با نمونه شاهد (صنعتی بدون جایگزینی شیرکنجاله و ۰/۱ درصد صمغ زانتان-گوار)

جدول ۷- ویژگی‌های فرمول بهینه مایونز (واقعی) و اعتبارسنجی داده‌ها (پیش‌بینی شده)

	بهینه ۱*		بهینه ۲**	
	جایگزینی شیر کنجاله فندق ۸۷ درصد ۰/۱۱ درصد صمغ زانتان-گوار		جایگزینی شیر کنجاله فندق ۵۰ درصد ۰/۱۶ درصد صمغ زانتان-گوار	
ویژگی‌ها	واقعی	پیش‌بینی شده	واقعی	پیش‌بینی شده
سفتی(گرم)	۹۸۹	۹۷۳	۱۱۱۸	۱۱۹۹
نیروی چسبندگی(گرم)	۸۰۸/۳۸	۸۰۸	۹۸۶/۵۹	۹۲۷
چسبندگی(گرم . ثانیه)	۴۹۶۰	۵۰۰۰	۵۰۴۱	۶۴۹۰
پایداری فیزیکی(درصد)	۹۹/۹۷	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
پایداری حرارتی(درصد)	۹۹/۸۴	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

*[واقعی= (۰/۹۹۱۱×پیش بینی‌شده)+۷/۷۲۴۹] R^2 =1----- **[واقعی= (۰/۷۶۲۸×پیش بینی‌شده)+۱۲۴/۱۴] R^2 =۰/۹۹۷

رنگ‌سنجی نمونه‌های بهینه و شاهد در طی دوره نگهداری شصت روزه: مقایسه میزان *L (روشنایی) نمونه‌های مختلف مایونز در طی دوره نگهداری در جدول ۸ نشان داده شده است. بالاترین میزان روشنایی در طی دوره نگهداری مربوط به نمونه شاهد بود و کمترین میزان روشنایی در طی دوره نگهداری مربوط به بهینه ۱ روز شصتم بود (P<۰/۰۵). در کل با افزایش جایگزینی شیر کنجاله فندق روشنایی مایونز کاهش یافت. در روز اول پس از تولید در بین اکثر نمونه‌ها با شاهد تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (P>۰/۰۵). روشنایی نمونه‌های بهینه مایونز به مرور زمان کاهش یافت و بین روشنایی نمونه‌های روز اول و شصتم اختلاف معنی‌دار دیده شد(P<۰/۰۵). مقایسه میزان*a (گرایش به قرمزی- سبزی) در جدول ۸ محدوده اعداد منفی را در نمونه شاهد و بهینه ۲ نشان داد و تا روز آخر نگهداری شصت روزه این محدوده منفی باقی ماند. نمونه ۸۷ درصد جایگزینی شیر کنجاله فندق با تخم‌مرغ در روز پس از تولید در محدوده مثبت بود که نشانه گرایش به قرمزی است. در روز اول پس از تولید در بین شاهد با نمونه ۸۷ درصد جایگزینی

اختلاف معنی‌دار شد (P<۰/۰۵). اما بین شاهد با نمونه‌های دیگر اختلاف معنی‌دار وجود نداشت (P>۰/۰۵). مقایسه میزان b* (گرایش به زردی-آبی) در جدول ۸ نشان داد که بالاترین گرایش به زردی در تمام دوره های نگهداری مربوط به نمونه شاهد بود و کمترین گرایش به زردی در طی دوره نگهداری مربوط به بهینه ۱ و ۲ در روز اول تولید بود. با افزایش درصد جایگزینی شیر کنجاله فندق با زرده تخم‌مرغ گرایش به زردی کاهش یافت (P<۰/۰۵). گرایش به زردی در تمام نمونه‌ها در طی دوره نگهداری شصت روزه افزایش معنی‌داری دیده شد (P<۰/۰۵). شاخص سفیدی نمونه‌های مایونز با افزایش جایگزینی افزایش معنی‌داری را نشان داد و نمونه شاهد کمترین میزان سفیدی را داشت و در همه نمونه‌ها در طی دوره نگهداری شصت روزه کاهش معنی‌داری دیده شد (P<۰/۰۵). شاخص قهوه‌ای شدن با توجه به نتایج جدول ۸ با افزایش جایگزینی شیر کنجاله فندق با زرده تخم‌مرغ میزان قهوه‌ای شدن نمونه‌های مایونز کاهش یافت. در طی دوره نگهداری قهوه‌ای شدن نمونه‌های مایونز افزایش یافت و در بین هر سه نمونه بین روز اول و شصتم نگهداری تفاوت معنی‌دار شد (P<۰/۰۵). مقایسه تغییر رنگ کلی (ΔE) برای بررسی روند کلی تغییرات و پایداری رنگ از ابتدا تا انتها دوره نگهداری شصت روزه در جدول ۸ نشان داد که در هر سه نمونه از لحاظ تغییر رنگ اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (P<۰/۰۵).

• بحث

ویژگی‌های بافتی نمونه‌های مایونز: با توجه به فرضیه Liu و همکاران (۲۰۰۷) مبنی بر وجود رابطه میان ویسکوزیته و ویژگی‌های بافتی، می‌توان کاهش ویسکوزیته نمونه‌ها با افزایش درصد جایگزینی را عامل کاهش سفتی و نیروی چسبندگی دانست. زیرا ماده جایگزین شده دارای میزان آب بالاتر بوده و افزایش درصد جایگزینی باعث نرم‌شدن محصول و کاهش ویژگی‌های بافتی نسبت به نمونه شاهد می‌گردد(۱۵). در جایگزینی شیرکنجاله فندق با افزایش جایگزینی تا سطح ۷۵ درصد، سفتی و نیروی چسبندگی نمونه‌ها کاهش یافته است درحالیکه در نمونه ۱۰۰ درصد جایگزینی، سفتی و نیروی چسبندگی نسبت به نمونه ۷۵ درصد جایگزینی، بیشتر بوده که این احتمالاً به علت اثر آنتاگونیستی بین پروتئین‌های تخم‌مرغ با پروتئین‌های شیرکنجاله فندق در سطح ۷۵ درصد جایگزینی می‌باشد. دلیل دیگر این پدیده کمتر بودن صمغ در نمونه ۷۵ درصد جایگزینی (۰/۰۵ صمغ زانتان-گوار) نسبت به نمونه ۱۰۰ درصد جایگزینی (۰/۱درصد صمغ زانتان-گوار) می‌باشد. این نتایج با نتایج Herald و همکاران (۲۰۰۹) مطابقت داشت (۸). با افزایش میزان صمغ در سطوح پایین جایگزینی، ابتدا سفتی و نیروی چسبندگی نمونه‌ها کاهش و سپس افزایش یافت و در سطوح بالای جایگزینی شیر کنجاله فندق، با افزایش میزان صمغ، میزان سفتی و نیروی چسبندگی نمونه‌ها افزایش یافته و سپس کاهش یافت. پژوهش‌های پیشین نشان دادند که افزودن صمغ به نمونه‌های مایونز سبب تشکیل ساختار ژل مانند قوی در فاز پیوسته، القای ساختار سخت‌تر و پیچیده‌تر و همچنین تأثیر در تشکیل قطرات روغن با قطر کوچک‌تر در امولسیون نسبت به نمونه‌هایی با صمغ کمتر یا فاقد صمغ می‌شود (۱۶). در این رابطه، Mun و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که افزودن صمغ زانتان به مایونز موجب افزایش ویسکوزیته فاز پیوسته شده و ویژگی‌های بافتی آن را بهبود می‌بخشد (۱۷).

جدول ۸- مقایسه ویژگی‌های رنگی نمونه‌های بهینه و شاهد مایونز در طی دوره نگهداری شصت روزه

پارامترهای رنگی ± انحراف معیار						
تیمار	L^*	a*	b*	شاخص سفیدی	شاخص قهوه‌ای	ΔE *
شاهد روز ۱	۸۷/۶۰±۱/۲^{a}	-۲/۸۲±۰/۸۲^{b}	۲۶/۴۶±۳/۲^{b}	۷۰/۶۰±۰/۳۳^{b}	۳۲/۵۴±۰/۵۳^{b}	۰
شاهد روز ۶۰	۷۶/۶۲±۰/۵۶^{b}	-۲/۹۸±۰/۲۵^{b}	۳۸/۷۵±۰/۶۵^{a}	۵۴/۶۳±۰/۳۰^{c}	۶۳/۴۱±۰/۶۹^{a}	۱۶/۷۱±۲/۹^{a}
بهینه ۲ روز ۱	۸۶/۶۲±۲/۰۱^{a}	-۲/۳۵±۰/۲۹^{b}	۱۱/۱۴±۰/۶۵^{d}	۸۲/۳۳±۱/۶^{a}	۱۱/۳۰±۰/۷۶^{c}	۰
بهینه ۲ روز ۶۰	۷۶/۷۸±۱/۱۹^{ab}	-۱/۷۵±۰/۵^{b}	۲۲/۰۹±۱/۰۶^{b}	۶۷/۸۴±۰/۹۳^{b}	۳۰/۹۳±۱/۲۲^{b}	۱۵/۳۲±۰/۱۶^{a}
بهینه ۱ روز۱	۸۵/۸۷±۰/۱۲^{a}	۰/۹۹±۰/۲۹^{a}	۷/۲۶±۰/۲۸^{d}	۸۴/۰۷±۰/۲۲^{a}	۹/۳۶±۰/۲۳^{c}	۰
بهینه ۱ روز۶۰	۷۴/۵۳±۱/۸^{c}	-۳/۰۶±۰/۲۰^{b}	۱۹/۷۷±۱/۶۹^{c}	۶۷/۴۳±۰/۶۱^{b}	۲۶/۵۵±۲/۳^{b}	۱۷/۷۴±۰/۴۱^{a}

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ است.

* اختلاف رنگ بین روز اول و شصتم برای هر نمونه محاسبه شده است. بهینه ۱: جایگزینی شیر کنجاله فندق ۸۷ درصد،۰/۱۱ درصد صمغ زانتان-گوار و بهینه۲: جایگزینی شیر کنجاله فندق ۵۰ درصد، ۰/۱۶ درصد صمغ زانتان-گوار

Mancini و همکاران (۲۰۰۲) نیز به نتایج مشابهی در مورد صمغ آلژینات دست یافتند. آن‌ها با اضافه کردن صمغ آلژینات دریافتند حداکثر نیروی مورد نیاز برای نفوذ افزایش یافته‌است (۱۸). همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود در هر سطح شیر کنجاله با افزایش صمغ، میزان چسبندگی نمونه‌ها افزایش یافته است و به طور کلی با افزایش صمغ میزان چسبندگی نمونه‌ها رشد یکنواختی داشته است. پژوهش‌های پیشین نشان داده است که ویسکوزیته یک امولسیون می‌تواند سختی و چسبندگی و انسجام را تحت تأثیر قرار دهد(۱۹). افزودن صمغ به مایونز موجب افزایش ویسکوزیته فاز پیوسته می‌شود و ویژگی‌های بافتی آن را بهبود می‌بخشد (۲۰، ۱۰).

پایداری فیزیکی و حرارتی: امولسیون پایدار به امولسیونی اطلاق می‌شود که در آن پدیده دو فاز شدن رخ ندهد. پدید دو فاز شدن در نمونه‌های مایونز که دارای مقادیر بالایی روغن هستند (۸۰ درصد) کمتر اتفاق می‌افتد. به این دلیل که قطرات روغن به شدت با یکدیگر تماس داشته و اصطکاک حاصل بین آن‌ها مانع از دوفاز شدن می‌گردد. در حالی‌که در نمونه‌های با میزان چربی پایین‌تر، این پدیده معمول‌تر است. در این محصولات افزودن یک عامل غلیظ‌کننده مانند یک نوع صمغ و یا پروتئین به فاز آبی باعث کاهش حرکت قطرات امولسیون می‌شود و از پدیده دوفاز شدن جلوگیری می‌کند (۵).

مطابق قانون استوک هرچه ویسکوزیته فاز پیوسته بیشتر باشد سرعت جداسازی فازها کمتر و امولسیون پایدارتر است. پایدارکننده‌ها، پایداری امولسیون را با کند کردن و به تعویق انداختن حرکت قطرات افزایش می‌دهند (۱۴) و نتایج بدست آمده در این مطالعه با نتایج ون و همکاران (۲۰۰۷) ، ما و باربا‌سا (۱۹۹۵)، پرسینی و همکاران (۱۹۹۸) مبنی بر افزایش پایداری با افزایش میزان صمغ (زانتان و آلژینات) همسو بود (۲۱-۱۹). برزگری و همکاران (۱۳۹۲) کاهش پایداری فیزیکی نمونه‌های مایونز با افزایش جایگزینی شیرکنجاله را به دلیل افزایش فاز آبی و کاهش غلظت و ویسکوزیته نمونه‌های مایونز دانستند (۲۲) که با نتایج نور حیاتی و همکاران (۲۰۰۹) مبنی بر کاهش پایداری نمونه‌های مایونز با افزایش جایگزینی شیر کنجاله سویا، مطابقت دارد. علت این امر کاهش ویسکوزیته مایونز با افزایش شیرکنجاله و در نتیجه افزایش سرعت حرکت ذرات و افزایش سینرزیس دانسته بودند (۲۳). با توجه به شکل ۴ نتایج مربوط به پایداری حرارتی نمونه‌های مایونز، نشان داد که با کاهش جایگزینی شیرکنجاله با زرده تخم‌مرغ و افزایش میزان مصرف صمغ، میانگین قطر قطرات امولسیون کاهش یافت و رفتار رقیق شونده با نیروی برش، در مایونز دیده شد که این موضوع مانع از بهم پیوستگی قطرات امولسیون طی نگهداری در دمای بالا (افزایش پایداری حرارتی) و حمل و نقل (افزایش پایداری فیزیکی) می‌شود (۲۳).

انتخاب نمونه بهینه مایونز: در مجموع با توجه به نتایج بدست آمده شیرکنجاله فندق و صمغ زانتان-گوار قابلیت استفاده به عنوان جایگزین زرده تخم‌مرغ در سس مایونز را دارند. ۵۰ درصد جایگزینی شیر کنجاله فندق با ۰/۱۶درصد صمغ زانتان-گوار و ۸۷ درصد جایگزینی شیرکنجاله فندق با ۰/۱۱ درصد صمغ زانتان-گوار بهترین شرایط را برای تولید سس مایونز با ویژگی‌های مشابه نمونه شاهد را دارا بود (جدول ۶ و ۷). با این جایگزینی می‌توان میزان تخم‌مرغ مایونز را تا حد زیادی کاهش دادطوریکه این امر سبب کاهش هزینه تمام‌شده تولید و نیز تولید محصول با کلسترول کمتر شود.

رنگ‌سنجی نمونه‌های بهینه و شاهد در طی دوره نگهداری شصت روزه: در میان تمامی فاکتورهای رنگی، میزان روشنایی مایونز تأثیر بسزایی در میزان پذیرش مصرف‌کننده دارد.کاهش میزان روشنایی مایونز در اثر جایگزین کردن شیر کنجاله فندق با زرده تخم‌مرغ نسبت به نمونه شاهد احتمالا به دلیل تیره‌تر بودن رنگ شیر کنجاله‌های مصرفی می‌باشد. مک کلمنتس و دمتریادیس(۱۹۹۸) ادعا کردند که افزایش قطر اندازه ذرات و کاهش افتراق نور در نمونه‌های با درصد جایگزینی بالاتر می‌تواند دلیل کاهش روشنایی مایونز باشد (۲۴). لذا می‌توان عنوان کرد که جایگزینی شیر کنجاله و صمغ گوار-زانتان باعث افزایش اندازه قطر ذرات امولسیون و متعاقبا کاهش شفافیت شده است که این امر با نتایج میرغفوری و همکاران (۱۳۹۵) در استفاده از شیر کنجاله سویا و ژل آلوئه‌ورا در مایونز همسو بود (۲۵). گرایش به سبزی در طی دوره نگهداری شصت روزه افزایش یافته است و با افزایش جایگزینی شیر کنجاله فندق گرایش به سبزی مایونز بیشتر شده است میرغفوری و همکاران (۱۳۹۵) به نتایج مشابه با این آزمون با استفاده از جایگزینی شیر سویا و ژل آلوئه ورا در سس مایونز دست یافتند. بالاترین گرایش به زردی در تمام طول دوره نگهداری شصت روزه مربوط به نمونه شاهد بود و با افزایش درصد جایگزینی گرایش به زردی کاهش یافت که احتمالا به دلیل استفاده از زرده تخم‌مرغ بیشتر در نمونه شاهد نسبت به نمونه‌های جایگزین‌شده، بود. نتایج فوزیا و همکاران (۲۰۱۶)

حاکی از آن بود کـه کـاهش تخـم‌مـرغ (حـاوی رنگدانـه‌هـای کاروتنوئیدی) در مـایونز باعـث کـاهش میـزان زردی، کـاهش شاخص قهوه‌ای و افزایش شاخص سفیدی شـده اسـت کـه بـا نتایج تحقیـق حاضـر کـاملا همسـو بـود (۲۶). وروسـینچای و همکاران (۲۰۰۶) امکان استفاده از بتاگلوکان ضـایعات مخمـر (تولیدی در نوشیدنی‌های الکلی) به عنوان جایگزین چربـی در سس مایونز را بررسی کردند. نتایج آنها مشابه با نتایج بدسـت آمده در این تحقیـق بـود، یعنـی زردی نمونـه‌هـای مـایونز بـا افزایش جایگزینی، کاهش یافت (۲۷).

• References

1. Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Mayonnaise and salad soses-specifications(Amendment 1), ISIRI no 2454. Karaj. ISIRI 1992 [in Persian].
2. Raymundoa A, Francob JM, Empisc J, Sousad I. Optimization of the composition of cow-fat oil-in-water emulsions stabilized by white lupin protein. J Am Oil Chem Soc 2002; 79(8): 283-290.
3. Karshenas Mahsa, Goli M, Zamindar N. The effect of replacing egg yolk with sesame–peanut defatted meal milk on the physicochemical, colorimetry, and rheological properties of low-cholesterolmayonnaise. Food Sci Nutr 2018; 1:1-10.
4. Paraskevopoulou A, kiosseoglou V, Alevisopoulos S, Kasapis S. Influence of reduced cholosterol yolk on the viscoelastic behaviour of concentrated o/w emulsion. J Food Sci 1999; 12:107-111.
5. Goankar G, Rathna K, Chen k, Campbell B. Emulsifying functionality of enzyme–modified milk proteins in o/w and mayonnaise-like emulsions. African J Food Sci 2010; 4:16-25.
6. Nikzade V, Mazaheri-Tehrani M, Saadatmand-Tarzjan M. Optimization of low-cholesterol low-fat mayonniase formulation: Effect of using soy milk and some stabilizer by a mixture design approach. Food Hydrocolloid 2012; 28: 344-352.
7. Alemzadeh T, Mohammadifar M A, Azizi M H, Ghanati K. Effect of two different species of Iranian gum tragacanth on the rheological properties of mayonnaise sauce. Iranian J Food Sci Tech 2010; 7(3):127-141[in Persian].
8. Hennock M, Rahalkar R, Richmonel P. Effect of xanthan gum upon the rheology and stability of o/w emulation. J Food Sci 1985; 49: 1271-1274.
9. Papalamprou EM, Maki EA, Kiosseoglu VD, Doxastar-is GI. Effect of medium molecular weight xanthan gum in rheology and stability of o/w emulsion stabilized with legume protein. J Sci Food Agri 2005; 85(12): 1967-1973.
10. Herald TJ, Abugoush M, Aramoun F. Physical and sensory properties of egg yolk and egg yolk substitutes in a model mayonnaise system. J Texture Stud 2009; 40: 692-709.
11. Abdullah A, Resurreccion AVA, Beuchat LR. Formulation and evaluation of a peanut milk based whipped topping using response surface methodology. LWT-Food Sci Technol 1993; 26:162-166.
12. Bourne M. Texture Profile Analysis. Food Techol 1973; 32:62-66.
13. Fiszman S, Damasio M. Suitability of single-compression and TPA tests to determine adhesivness in solid and semi-solid foods. J Texture Stud 2000; 31: 55-68.
14. Wendin K, Hall G. Thickener and emulsifier contents on salad dressing: static and dynamic sensory and rheological analyses. Academic Press 2001; 222-231.
15. Liu H, Xu XM, Guo SHD. Rheological, texture and sensory properties of low fat mayonnaise with different fat mimetics. LWT-Food Sci Technol 2007; 40: 946-954.
16. Szczesniak A, Brandt M, Freidman, H. Development of standard rating scales for mechanical parameters and correlation between the objective and sensory texture measurements. Food Technol 1963; 28:397-403.
17. Mun S, Kim, YL, Kang C, Shim J, Kim Y. Development of reduced-fat mayonnaise using 4[alpha] gtase-modified rice starch and xanthan gum. Int J Biol Macromol 2009; 44 (5): 400-407.
18. Mancini F, Montanari L, Peressini D, Fantozzi P. Influence of alginate concentration and molecular weight on functional properties of mayonnaise. LWT-Food Sci Technol 2002; 35:517-525.
19. Ma L, Barbosa C, Novas GV. Rheological characterization of mayonnaise. Part II: Flow and viscoelastic properties at different oil and xanthan gum concentrations. J Food Eng 1995; 25: 409-425.
20. Ven CV, Courvoisier C. High pressure versus heat treatments for pasteurization and sterilization of model emulsions. Innovative Food Sci Emerg Technol 2007; 8: 232-236.
21. Pressini D, Sensidoni A, Cindio B. Rheological characterization of traditional and light mayonnaises. J Food Eng 1998; 35:409-417.
22. Barzegari M, RaftaniAmiri Z, Motamedzadehgan A, Mohamadzadeh-Milani J. Effect of persian gum and xanthan on the quality of mayonnaise. J Food Res 2015; 26(2):207-219.
23. Nor-Hayati I, Cheman YB, Tan CP, Nor-aini I. Droplet characterization and stability of soybean oil/palm kernel olein O/W emulsions with the

presence of selected polysaccharides. Food Hydrocolloid 2009; 23:233-243.

24. McClements C, Demetriades K. An integrated approach to the development of reduced-fat food emulsions. Crit Rev Food Sci 1998 38;511-536.

25. Mirghafouri S, Rahimi S. Evaluation of physico-chemical, emulsion and rheological properties of soy sauce containing soy milk and aloe-vera gel. 2016; Inovative Food Technol 11:73-83.

26. Fauziah CI, Zaibunnisa AH, Osman H, Wan Aida WM. Physicochemical analysis of cholesterol-reduced egg yolk powder and its application in mayonnaise. Int Food Res J 2016; 23(2): 575-582

27. Worrasinchai S, Suphantharika M, Pinjai S, Jamnong P. B-Glucan prepared from spent brewer's yeast as a fat replacer in mayonnaise. J Food Hydrocolloid 2006 20:68-78.

Optimization of Mayonnaise Formula Using Hazelnut Meal Milk as Egg Yolk Substitute at Various Levels of Xanthan-Guar Gum and Response Surface Methodology

Mohammadalizade Samani E[1], Goli M[2]*

1- MSc, Department of Food Science and Technology, Isfahan(Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran

2- Corresponding Author: Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Isfahan(Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran. Email: mgolifood@yahoo.com*

Received 22 Jun, 2018 **Accepted 10 Oct, 2018**

Background and Objectives: Mayonnaise is an oil-in-water emulsion stabilized by emulsifying property of the egg yolk. The purpose of this study was to use hazelnut meal milk as an egg-yolk (highly rich in cholesterol) substitute and to find the optimal formula for producing mayonnaise.

Materials & Methods: : Samples of mayonnaise with decreased egg yolk contents were produced using hazelnut meal milk at five levels (0, 25, 50, 75 and 100%) and xanthan-guar gum at five levels (0, 0.05, 0.10, 0.15 and 0.2%) using central composite design response surface method. Then, hardness, adhesive force, adhesiveness, heat and physical stability of the samples were evaluated and modeling was carried out.

Results: The high coefficient of determination within the models showed the ability of most models to predict data and match responses with real analyzes. Samples with 50% of meal milk (0.16% of gum) and samples with 87% of meal milk (0.11% of gum) were demonstrated as optimal samples. For verifying the prediction, a validation test was carried out. Results showed that samples conformed to the predicted samples in terms of hardness, adhesive force, adhesiveness, physical stability and heat stability and only non-significant differences were seen ($P>0.05$).

Conclusion: It can be concluded that mayonnaise with low-cholesterol levels and similar properties to the controls can be produced using these two optimal formulas.

Keywords: Hazelnut meal, Stabilizer, Low-cholesterol mayonnaise, Formula optimization, Phenylketonuria