

## کاربرد موسیلاژ دانه بالنگو و ایزوله پروتئین سویا به عنوان جایگزین تخم مرغ در سس مایونز و بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن

محسن غلامی ده‌نابی<sup>۱</sup>، محمد قربانی<sup>۲\*</sup>، علیرضا صادقی ماهونک<sup>۳</sup>، مهران اعلمی<sup>۴</sup>، محبوبه کشیری<sup>۵</sup>

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

۲ و ۳- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

\* نویسنده مسئول (m.ghorbani@gau.ac.ir)

۵- استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۴/۰۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۴/۰۳

### واژه‌های کلیدی

امولسیون روغن در آب

ایزوله پروتئین سویا

سس مایونز

صمغ دانه بالنگو

### چکیده

سس مایونز امولسیونی از نوع روغن در آب است که برای پایداری بهتر آن علاوه بر افزودن زرده تخم مرغ به سیستم، از مواد پایدارکننده و قوام‌دهنده مختلفی نیز استفاده می‌شود. اما وجود میزان بالایی از کلسترول در تخم مرغ می‌تواند منجر به بروز مشکلات مرتبط با سلامتی شود. در این پژوهش، باهدف جایگزینی تخم مرغ از نسبت‌های مختلف موسیلاژ بالنگو و ایزوله پروتئین سویا، براساس طرح مخلوط بهینه استفاده شد، به طوری که میزان متغیرها برای زرده تخم مرغ و ایزوله پروتئین سویا ۹-صفر گرم، و برای موسیلاژ بالنگو ۰/۷۵-صفر گرم در ۱۰۰ گرم مایونز، در نظر گرفته شد. در مرحله بعد نمونه‌های تهیه شده، از لحاظ خصوصیات بافتی، ویسکوزیته، پایداری، اسیدیته، pH و رنگ مورد ارزیابی قرار گرفتند و نتایج حاصل با نمونه شاهد (نمونه حاوی ۹ درصد وزنی تخم مرغ کامل و ۰/۲ درصد صمغ زانتان) مقایسه گردید. با توجه به نتایج به دست آمده امکان استفاده از موسیلاژ دانه بالنگو و ایزوله پروتئین سویا به عنوان جایگزین تخم مرغ، وجود دارد.

### مقدمه

جایگزین کردن تخم مرغ و تولید سس مایونز کم کلسترول با ویژگی‌های مشابه مایونز معمولی، فراهم آورده است. ویژگی‌های عملکردی هیدروکلوئیدها نظیر تغلیظ‌کنندگی، پایدارکنندگی، ژل‌کنندگی، امولسیون‌کنندگی، ابری‌کنندگی و حفاظت کلوئیدها، باعث کاربرد گسترده آنها در صنعت تولید سس شده است (قنبری، ۱۳۸۴). صمغ‌ها ترکیباتی هستند که با جذب آب سبب افزایش ویسکوزیته و در نتیجه پایداری برخی از سیستم‌های غذایی می‌شوند. علاوه بر این به کارگیری آنها در مواردی اجازه می‌دهد که بتوان فرمولاسیون یک فراورده غذایی مشخص را تغییر داد. یکی از موضوعات مورد علاقه محققین در سال‌های اخیر بررسی اثر هم‌زمان پروتئین و هیدروکلوئید بر

سس مایونز یک امولسیون روغن در آب با pH کمتر از ۴/۱ می‌باشد. ترکیبات اصلی تشکیل‌دهنده مایونز شامل: روغن، تخم مرغ (به صورت کامل یا زرده)، سرکه، شکر، نمک، خردل و افزودنی‌های مختلف می‌باشند. تخم مرغ به دلیل داشتن ترکیباتی که خاصیت پایدارکنندگی، امولسیون‌کنندگی، طعم‌دهندگی و ایجاد رنگ را در محصولات دارند، به مواد غذایی اضافه شده تا بافت، ساختار، رنگ و وضعیت ظاهری آنها را بهبود بخشد (مقصودی، ۱۳۸۸). اما وجود مقدار بالای کلسترول در زرده تخم مرغ و ارتباط آن با بروز بیماری‌های قلبی عروقی (Anton et al., 2003) زمینه مطالعه‌های مختلفی را جهت

آن به‌عنوان تخم شربتی یاد می‌شود (Naghibi *et al.*, 2005).

مطابق نتایج مطالعه‌های انجام‌شده توسط حسینی و همکاران (۱۳۹۲)، صمغ بالنگو به‌دلیل ایجاد ویسکوزیته بالا و افزایش گرانروی فاز پیوسته و کاهش حرکت قطره‌های روغن توانایی لازم برای پایدارسازی امولسیون‌های روغن در آب تثبیت‌شده با پروتئین آب‌پنیر را داشت با این‌حال راندمان پایدارسازی، به شدت به عوامل مختلفی از جمله غلظت صمغ و غلظت پروتئین وابسته بود.

تاکنون هیچ‌گونه مطالعه‌ای درخصوص استفاده از ایزوله پروتئین سویا به‌همراه موسیلاژ بالنگو به‌عنوان جایگزین تخم‌مرغ سس مایونز صورت نگرفته است. لذا این پژوهش با هدف بررسی امکان استفاده از مخلوطی از ایزوله پروتئین سویا و موسیلاژ بالنگو برای جایگزین کردن تخم‌مرغ در مایونز و بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی مایونز حاصل، انجام شده است.

#### مواد و روش‌ها

مواد اولیه مورد نیاز جهت تهیه مایونز شامل روغن مایع خالص آفتاب‌گردان مخصوص پخت‌وپز و سالاد با نام تجاری رعنا، شکر، سرکه، نمک، پودر خردل، و تخم‌مرغ از یکی از فروشگاه‌های معتبر مواد غذایی شهر گرگان به مقدار لازم تهیه شد. همچنین، دانه‌های بالنگو خریداری‌شده از بازار محلی گرگان تا زمان استخراج صمغ درون کیسه‌های پلاستیکی غیرقابل نفوذ بسته‌بندی و نگهداری شدند. تمامی مواد شیمیایی و حلال‌های مورد استفاده در این پژوهش از شرکت تتراکم و با خلوص بالا خریداری شدند. مراحل انجام این پژوهش به شرح زیر است:

#### تهیه موسیلاژ دانه بالنگو

دانه بالنگو از بازار محلی در شهر گرگان خریداری گردید و آلودگی‌های ثانویه آن از قبیل سنگ‌ریزه و کاه جدا گردید. صمغ بالنگو با بهینه‌کردن روش محمدامینی و همکاران (۱۳۸۶)، با نسبت آب به دانه ۲۰ به ۱، دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد و با pH ۷ و مدت زمان ۲۰ دقیقه، توسط اکسترودر خانگی استخراج و سپس در آن ۴۵ درجه سانتی‌گراد خشک و صمغ حاصل آسیاب گردید و مخلوط آسیاب‌شده از

پایداری امولسیون‌ها بوده است. پروتئین‌ها و پلی‌ساکاریدها به شکل ترکیبی دارای خواص عملکردی بهتری در مقایسه با پروتئین‌ها و پلی‌ساکاریدها، به تنهایی هستند (Benichou *et al.*, 2002). گل‌کار و همکاران (۱۳۹۲) در تحقیق‌های خود نشان دادند که کمپلکس‌های محلول بتالاکتوگلوبولین-صمغ فارسی، امولسیون‌های روغن-آب را پایدار می‌کنند همچنین طبق مشاهده‌های رهبری و همکاران (۱۳۹۲)، ایزوله پروتئین جوانه گندم و زانتان قابلیت استفاده به‌عنوان جایگزین تخم‌مرغ در مایونز را دارند و ترکیب آنها باعث بهبود ویژگی‌های بافتی، پایداری و ویسکوزیته فرآورده می‌شود، همچنین، ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی مهم و تأثیرگذار در عمر ماندگاری محصول، طی دوره نگهداری حفظ گردید. یک توضیح احتمالی برای این پدیده ممکن است واکنش پروتئین و پلی‌ساکارید باشد که به‌طور قابل ملاحظه کشش سطحی قطره‌های روغن و آب را کاهش داده و یک فیلم ضخیم بین سطحی روی قطره‌های روغن تشکیل می‌دهد و به‌این‌ترتیب موجب ایجاد یک امولسیون پایدار با قطره‌های کوچک روغن می‌گردد (Herald *et al.*, 2009) ولی افزایش جایگزینی تخم‌مرغ با ایزوله پروتئین جوانه گندم، روی ظاهر و رنگ نمونه‌ها تأثیر گذاشت و باعث کاهش کیفیت حسی شد.

یکی از منابع تولید هیدروکلوئیدها دانه‌ها می‌باشند. بالنگو<sup>۱</sup> با نام علمی *Royana lallementia* گیاهی لعاب‌دار بومی از تیره نعناعیان<sup>۲</sup> است که در مناطق مختلف جهان بخصوص کشورهای شرق میانه رشد می‌کند. از نظر خواص تغذیه‌ای ۱۸ درصد وزنی آن را پروتئین تشکیل می‌دهد. همچنین ۲۰ درصد وزنی آن حاوی چربی و اسیدهای چرب مختلف است. به‌علاوه دانه‌های این گیاه آروماتیک به‌دلیل دارابودن موسیلاژ، به‌صورت سنتی در درمان برخی نارسایی‌ها استفاده می‌شود (امین، ۱۳۸۴). دانه بالنگو اگر در آب خیس شود، مایعی چسبناک، کدر و بی‌مزه (موسیلاژ) ایجاد می‌کند. به‌علت تولید مقادیر بالای موسیلاژ، این دانه می‌تواند به‌عنوان یک منبع جدید هیدروکلوئید در فرمولاسیون مواد غذایی به‌کار رود. در ایران عموماً از

<sup>1</sup> Balangu

<sup>2</sup> Labiatae

ایجاد شده روی سطح، جدا و دور ریخته می‌شود و مجدد توزین گردید (F2) و با استفاده از رابطه (۱) درصد پایداری تعیین می‌گردد.

رابطه (۱)

$$\text{درصد پایداری} = \frac{F1}{F2} \times 100$$

همچنین جهت تعیین ثبات مایونز در برابر حرارت، مراحل قبل تکرار و نمونه‌ها قبل از سانتریفیوژ، به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و سپس با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ گردیدند. ثبات مایونز در برابر حرارت نیز با استفاده از رابطه (۱) تعیین شد (Mun et al., 2009).

#### ویسکوزیته ظاهری

ویسکوزیته ظاهری نمونه‌های مایونز با استفاده از ویسکومتر چرخشی بروکفیلد (LV-DVII، ساخت آمریکا) توسط اسپیندل S07 اندازه‌گیری شد. بدین ترتیب که ۵۰۰ سی‌سی از امولسیون سس را داخل بشر ریخته و اسپیندل را داخل آن غوطه‌ور کرده و میزان گرانیروی ظاهری و گشتاور ثبت شد. برای مقایسه بین ویسکوزیته نمونه‌ها از سنجش ویسکوزیته ظاهری در rpm=۶۰ استفاده گردید. (امیری عقدایی و همکاران، ۱۳۹۱).

#### ویژگی‌های بافتی

اندازه‌گیری ویژگی‌های بافتی نمونه‌های سس مایونز پس از گذشت یک شبانه‌روز انجام شد. اندازه‌گیری ویژگی‌های بافتی نمونه‌های مایونز با استفاده از دستگاه آنالیز بافت (مدل TA.XT plus، ساخت انگلیس)، با سلول بارگذاری<sup>۱</sup> ۱۰ کیلوگرمی انجام شد. سلول اکستروژن برگشتی با دیسک فشرده‌سازی به قطر ۲۴/۵ میلی‌متری مورد استفاده قرار گرفت. نمونه‌ها با دقت در ظروف پلاستیکی استوانه‌ای پر شدند. یک چرخه با سرعت ثابت ۱ میلی‌متر در ثانیه تا عمق ۲۵ میلی‌متری نفوذ کرد و به حالت اولیه برگشت (رهبری و همکاران، ۱۳۹۲). ویژگی‌های بافتی نظیر سفتی<sup>۲</sup>، نیروی چسبندگی<sup>۱</sup>، قوام<sup>۲</sup> و چسبندگی<sup>۳</sup> در قالب منحنی نیرو-زمان توسط دستگاه رسم شد.

الک آزمایشگاهی با مش ۵۰ عبور داده شد تا دانه‌های درشت‌تر آن جدا گردد. پودر حاصل تا زمان آزمایش در کیسه‌های پلاستیکی زیپ‌دار و درون فریزر نگهداری شد.

#### تهیه سس مایونز

فرمولاسیون نمونه‌های مایونز تولیدی شامل روغن مایع آفتاب‌گردان مخصوص پخت‌وپز و سالاد (۶۵ درصد)، تخم‌مرغ، ایزوله پروتئین سویا و صمغ دانه بالنگو (در نمونه‌های مختلف متغیر و مجموع آنها ۹ درصد در نظر گرفته شد)، سرکه (۱۱ درصد)، اسیداستیک (۷ درصد)، شکر (۵ درصد)، نمک (۱/۲ درصد)، پودر خردل (۰/۳ درصد) و آب (۱۲/۵ درصد) بود. کلیه مراحل تهیه مایونز در مدت ۱۱ دقیقه انجام شد. در ابتدا با استفاده از همزن برقی کاسه‌دار (پارس خزر، ساخت ایران) مخلوط اولیه تهیه و در نهایت با استفاده از همزن‌نایزر (Heidolph silenterusher M، ساخت آلمان) با دور بالا (۱۰۰۰۰ دور در دقیقه) به مدت ۳ دقیقه همگن شد. بعد از کامل شدن مراحل تولید و پرکردن در ظروف شیشه‌ای نمونه‌ها تا زمان انجام آزمایش‌ها در یخچال (دمای ۴ درجه سانتی‌گراد) نگهداری شدند (رهبری و همکاران، ۱۳۹۲).

لازم به ذکر است، باتوجه به اینکه تخم‌مرغ تازه حدود ۷۵ درصد رطوبت دارد و ۲۵ درصد از آن را ماده خشک تشکیل می‌دهد و به منظور حفظ نسبت ماده جامد در تمامی نمونه‌ها (به صورت یکسان)، ابتدا تعدادی تخم‌مرغ، داخل ظرفی شکسته و بعد به‌طور کامل و با استفاده از همزن مخلوط شد و برای تمامی نمونه‌ها از همین مخلوط استفاده شد و در انتها ایزوله پروتئین سویا و صمغ بالنگو جایگزین ماده خشک تخم‌مرغ شده و به صورت سوسپانسیون محلول در آب، در هر تیمار استفاده شدند به‌گونه‌ای که رطوبت نمونه‌ها تقریباً ثابت بود.

#### آزمون‌های فیزیکی

##### آزمون پایداری فیزیکی و حرارتی

برای اندازه‌گیری پایداری فیزیکی امولسیون، ۱۵ گرم (F1) نمونه درون لوله سانتریفیوژ ریخته شد و با سرعت ۵۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۳۰ دقیقه سانتریفیوژ گردید و پس از این مرحله لایه روغن

<sup>1</sup> Load cell

<sup>2</sup> Firmness

## رنگ‌سنجی

جهت اندازه‌گیری ویژگی‌های رنگی هریک از نمونه‌ها، ابتدا نمونه‌ها درون پلیت و به میزان مشخص قرار داده شد. ظروف به مدت ۱۵ دقیقه به‌طور ثابت و ساکن قرار داده شد تا در حد امکان سطح آنها صاف شود، سپس از نمونه‌ها اسکن تهیه‌شده و با استفاده از نرم‌افزار Image J، ۳ فاکتور  $L^*$ ،  $a^*$  و  $b^*$  اندازه‌گیری گردید. اندیس  $L^*$  بیانگر میزان شفافیت، اندیس  $b^*$  گرایش به زردی،  $-b^*$  گرایش به آبی، اندیس  $a^*$  گرایش به قرمزی و  $-a^*$  گرایش به سبزی نمونه‌ها می‌باشد (طلوعی و همکاران، ۱۳۸۹).

## آزمون‌های شیمیایی

## pH و اسیدیته

جهت تعیین اسیدیته و pH از استاندارد شماره ۲۴۵۴ (سازمان ملی استاندارد ایران، ۱۳۸۲) برای سس مایونز استفاده شد.

## تجزیه و تحلیل آماری

در این پژوهش به‌منظور تعیین تیمارهای مایونز از طرح مخلوط بهینه<sup>۴</sup> برای ۳ ترکیب ایزوله پروتئین سویا، صمغ بالنگو و تخم‌مرغ استفاده شد، به‌طوری‌که میزان متغیر برای ایزوله پروتئین سویا ۹- صفر، صمغ بالنگو ۰/۷۵- صفر و تخم‌مرغ ۹- صفر گرم در ۱۰۰ گرم مایونز و مجموع ۳ ترکیب برابر ۹ گرم (تخم‌مرغ موجود در مایونز معمولی) در نظر گرفته شد. ترکیب چندگانه از این متغیرها منجر به یک طرح آزمایشی با ۱۲ تیمار گردید (جدول ۱). برای طراحی آزمایش، ترسیم نمودارها و تجزیه و تحلیل نتایج، از نرم‌افزارهای design expert 1.3، Curve Expert و Microsoft Excel 2010 استفاده شد. بدین‌منظور معادله‌های مناسب برای نشان‌دادن رابطه هریک از متغیرهای وابسته در مدل رگرسیونی با متغیرهای مستقل (A، B و C، به ترتیب، تخم‌مرغ، پروتئین و موسیلاژ بالنگو) به‌وسیله نرم‌افزار Design expert ترسیم شد (رابطه ۲ و ۳).

## رابطه (۲)

$$f(x) = A\beta_1 + B\beta_2 + C\beta_3 + AB\beta_4 + AC\beta_5 + BC\beta_6 + ABC\beta_7$$

## رابطه (۳)

$$f(x) = A\beta_1 + B\beta_2 + C\beta_3 + AB\beta_4 + AC\beta_5 + BC\beta_6 + ABC\beta_7 + AB(A-B)\beta_8 + AC(A-C)\beta_9 + BC(B-C)\beta_{10}$$

معنی‌داری هر مدل با آنالیز واریانس در سطح اطمینان ۹۵ درصد تعیین شد.

جدول ۱- درصد وزنی جایگزینی ۳ ترکیب ایزوله پروتئین سویا، صمغ بالنگو و تخم‌مرغ در تیمارهای مختلف مایونز

تیمار	تخم‌مرغ	صمغ بالنگو	ایزوله پروتئین سویا
۱	۹	-	-
۲	۴/۱۲۵	۰/۷۵	۴/۱۲۵
۳	۸/۶۲۵	۰/۳۷۵	-
۴	۴/۵	-	۴/۵
۵	۵/۷۵	۰/۲۵	۳
۶	-	۰/۷۵	۸/۲۵
۷	۲/۱۵۶	۰/۵۶۳	۶/۲۸۱
۸	۳	۰/۲۵	۵/۷۵
۹	-	-	۹
۱۰	۶/۶۵۶	۰/۱۸۸	۲/۱۵۶
۱۱	۶/۲۸۱	۰/۵۶۳	۲/۱۵۶
۱۲	۸/۲۵	۰/۷۵	-

## نتایج و بحث

## پایداری مایونز

به‌طور کلی امولسیون پایدار به امولسیون اطلاق می‌شود که الحاق<sup>۵</sup>، خامه‌ای شدن و تجمع<sup>۶</sup> در آن رخ ندهد. به‌طور کلی نمونه‌های مایونز تهیه‌شده، به دنبال افزودن صمغ بالنگو و ایزوله پروتئین سویا (SPI) به‌عنوان جایگزین تخم‌مرغ در فرمولاسیون، به دلیل افزایش ویسکوزیته فاز آبی و کاهش حرکت قطره‌های روغن پایداری بالایی نشان دادند. همان‌طور که در شکل (۱ و ۲) مشخص است، بیشترین پایداری فیزیکی و حرارتی مربوط به تیمارهای حاوی SPI، صمغ بالنگو و تخم‌مرغ (به ترتیب تیمارهای ۲، ۳، ۱۲ و ۱۱) می‌باشد. همچنین کمترین میزان پایداری (۸۰ درصد) در تیمار شماره ۹ مشاهده گردید. که این امر می‌تواند به دلیل ویسکوزیته پایین فاز پیوسته به دلیل عدم استفاده از صمغ بالنگو و کاهش میزان تخم‌مرغ باشد. به‌طور کلی همه تیمارهای مایونز تولیدی حاوی

<sup>1</sup> Stickiness

<sup>2</sup> Consistency

<sup>3</sup> Adhesiveness

<sup>4</sup> Optimal mixture design

<sup>5</sup> Coalescence

<sup>6</sup> Flocculation

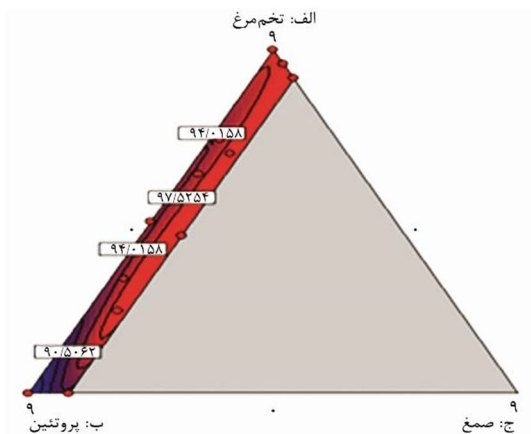
تغییرات پایداری نمونه‌ها به خوبی با مدل خطی برازش شد (ضریب تبیین ۹۹ درصد). تغییرات پایداری فیزیکی و حرارتی (به ترتیب) از مدل‌های رگرسیونی زیر پیروی می‌کند (رابطه‌های ۴ و ۵).

رابطه (۴)

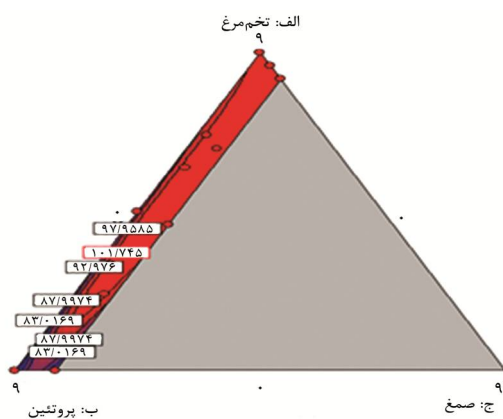
$$f(x) = 99.97 A + 79.97 B - 42651.4 C + 14 + 74 AB + 66933.73 AC + 66464.26 BC - 47891.93 ABC - 36.47 AB(A-B) - 24355.38 AC(A-C) - 23676.6 BC(B-C)$$

رابطه (۵)

$$f(x) = 100.2 A + 73.05 B + 33855.74 C + 11.86 AB - 52822.85 AC - 56592.28 BC + 43452.98 ABC - 31.15 AB(A-B) + 19193.29 AC(A-C) + 23753.9 BC(B-C)$$



شکل ۱ - کانتور مخلوط پایداری فیزیکی نمونه‌های مایونز



شکل ۲ - کانتور مخلوط پایداری حرارتی نمونه‌های مایونز

### ویسکوزیته ظاهری

امولسیون‌ها با قرارگیری پروتئین در اطراف قطره‌های روغن که موجب جلوگیری از الحاق ذرات می‌شود، پایدار می‌شوند. در واقع پروتئین نقش امولسیون کننده و پایدار کننده دارد. همان‌طور که در شکل (۳) مشاهده

ترکیبی از صمغ، پروتئین و تخم مرغ، پایداری فیزیکی بالایی (بالاتر از ۹۵ درصد) نشان دادند و اختلاف معنی داری هم نداشتند. حیدری وینچه و همکاران (۱۳۹۳) در تولید سس مایونز با ایزوله پروتئین سویا و صمغ کتیرا به عنوان جایگزین تخم مرغ نیز به نتیجه مشابه رسیدند.

ناپایداری امولسیون بیشتر به دلیل الحاق و ادغام شدن قطره‌های امولسیون با یکدیگر و افزایش قطر ذرات است که در نتیجه با کاهش نسبت سطح به حجم، موجب کاهش اصطکاک مابین قطره‌های امولسیون شده و منجر به ناپایداری امولسیون می‌گردد. مهم‌ترین عامل در جلوگیری از انعقاد، وجود نیروی دافعه کافی و قوی بین قطره‌های روغن، توسط عامل امولسیون کننده مانند پروتئین و پلی ساکارید می‌باشد که با افزایش ویسکوزیته موجب کاهش حرکت قطره‌های روغن و در نهایت افزایش پایداری می‌گردند (فرحناکی و همکاران، ۱۳۸۸). یکی از عوامل مؤثر در پایداری نمونه‌های مایونز بر طبق قانون استوک ویسکوزیته نمونه‌ها می‌باشد. نمونه‌های حاوی ترکیبی از صمغ و پروتئین که در مقایسه با سایر نمونه‌ها از پایداری بیشتری برخوردار بودند، می‌توان علت پایداری این نمونه‌ها را بالاتر بودن ویسکوزیته آنها عنوان کرد. امیری عقداپی و همکاران (۱۳۹۱) با بررسی صمغ کتیرا و مالتودکسترین بر ویژگی‌های سس مایونز کم چرب و همچنین Mun و همکاران (۲۰۰۹) نیز با بررسی تأثیر صمغ زانتان بر ویژگی‌های سس مایونز کم چرب افزایش میزان پایداری نمونه‌های سس مایونز کم چرب حاصل را به دلیل افزایش ویسکوزیته نمونه‌ها گزارش کردند. کمترین ویسکوزیته و پایداری (فیزیکی و حرارتی) در تیمار ۹ و ۴ مشاهده شد. دلیل این امر ممکن است کاهش ویسکوزیته به دلیل کاهش میزان تخم مرغ و فقدان صمغ بالنگو باشد که کاهش پایداری نمونه را به دنبال خواهد داشت. در تیمار شماره ۹ روغن و اجزاء دیگر در همان ابتدا به سرعت از هم جدا شدند و مایونزی تشکیل نشد. در واقع این تیمار در زمان آزمون مشابه سیالات نیوتونی بود.

Abu Ghoush و همکاران (۲۰۰۸) نیز بیان کردند که افزودن ترکیب پروتئین-پلی ساکارید به عنوان جایگزین تخم مرغ، موجب افزایش ویسکوزیته شده و امولسیون پایدار روغن در آب تشکیل می‌دهد.

تیمارهای ۳ و ۱۰ (به ترتیب فاقد ایزوله پروتئین سویا و کمترین میزان ایزوله پروتئین سویا و حاوی صمغ و تخم مرغ) از تیمار شاهد ۱ بیشتر بود.

در تفسیر این نتایج، McClements و Demetriades (۱۹۹۸) گزارش کردند که هنگامی که قطر اندازه ذرات کاهش می‌یابد، به دلیل افزایش افتراق نور از نمونه، میزان روشنی آن افزایش می‌یابد. براساس گزارش این محققان می‌توان این گونه عنوان کرد که شاید صمغ بالنگو از ادغام و تشکیل ذرات بزرگتر جلوگیری کرده و در نتیجه با کاهش اندازه ذرات مایونز تهیه شده، باعث افزایش روشنی نمونه‌ها شده است. این نتایج با تحقیق‌هایی که امیری و همکاران (۱۳۹۱) روی جایگزینی چربی سس مایونز با صمغ کتیرا انجام دادند، مطابقت داشت.

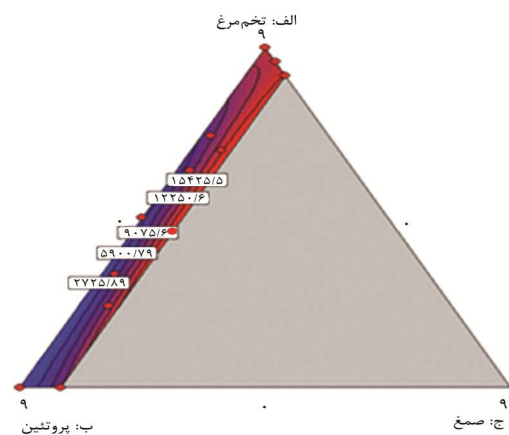
به استثناء تیمارهای ۳ و ۱۰ روشنی نمونه‌های مایونز کم‌کلسترول حاوی ترکیبی از ایزوله پروتئین سویا و بالنگو در مقایسه با مایونز حاوی تخم مرغ کمتر است. دلیل کاهش روشنی ممکن است به دلیل کاهش میزان تخم مرغ و تأثیر افزایش رنگ ایزوله پروتئین سویا (رنگ کرمی روشن) در فرمولاسیون مایونز کم تخم مرغ باشد. باین حال، همان‌طور که در شکل (۴) قابل رؤیت می‌باشد، میزان تغییرات رنگ نمونه‌ها به استثناء تیمارهای ۹، ۶ و ۵ تفاوت معنی‌داری با سس شاهد نداشت ( $P > 0.05$ ). همچنین طبق نتایج آزمون مشخص گردید که شاخص  $a^*$  (قرمزی) با افزایش میزان جایگزینی در نمونه‌ها افزایش یافته است، در حالی که شاخص  $b^*$  (زردی) در نمونه‌های جایگزینی با صمغ و پروتئین، با افزایش جایگزینی کاهش یافت ولی در حالت کلی نمونه‌های جایگزین شده دارای شاخص  $b^*$  نزدیک و یا بالاتر از نمونه شاهد بودند. نتایج حاصل با نتایج عالم‌زاده و همکاران (۱۳۸۹) که به تأثیر ۲ گونه صمغ کتیرای ایرانی (اصفهان و اسفراین) بر ویژگی‌های رئولوژیکی سس مایونز پرداخته است، مطابقت داشت به طوری که ایشان نیز بیان کردند با افزایش درصد جایگزینی در نمونه‌ها شاخص  $a^*$  و شاخص  $b^*$  افزایش یافت.

خصوصیت روشنایی به خوبی با ضریب تبیین ۸۶ درصد با مدل درجه دوم برازش شد و تغییرات

می‌گردد، تیمارهای حاوی ترکیبی از ایزوله پروتئین سویا و بالنگو ویسکوزیته ظاهری بالایی را نشان دادند. تیمارهای ۹ و ۴ (به ترتیب، ۱۳۵ و ۸۰۰ سانتی پواز) کمترین میزان ویسکوزیته ظاهری را نشان دادند. این امر می‌تواند به این دلیل باشد که پلی‌ساکاریدها مانند صمغ، نقش پایدارکننده داشته و عمل خود را از طریق افزایش ویسکوزیته فاز پیوسته و کاهش حرکت قطره‌های روغن ایفا می‌کند (Liu et al., 2007) که عدم استفاده از صمغ در این دو فرمولاسیون موجب کاهش ویسکوزیته گردید. رهبری و همکاران (۱۳۹۲) نشان دادند که ایزوله پروتئین جوانه گندم و صمغ زانتان با عمل امولسیون‌کنندگی و پایدارکنندگی خود، موجب کاهش حرکت قطره‌های روغن شده، فیلم ویسکوالاستیک در اطراف روغن تشکیل داده و به این ترتیب امولسیون روغن در آب را پایدار می‌کنند. سایر پژوهشگران با کاربرد پروتئین آب‌پنیر به عنوان جایگزین تخم مرغ در مایونز (Herald et al., 2009) و یا با افزودن پروتئین ایزوله سویا و صمغ کتیرا به سس سفید (حیدری وینچه و همکاران، ۱۳۹۳) به نتایج مشابهی دست یافتند. ویژگی ویسکوزیته به خوبی با مدل خطی برازش شد (ضریب تبیین ۹۳ درصد). مدل رگرسیونی زیر برای تغییرات ویسکوزیته به دست آمد (رابطه ۶).

رابطه (۶)

$$f(x) = 1571.57 A + 70.74 B + 1.08 C - 292.42 AB - 12614.19 AC - 11757.33 BC + 873.62 ABC$$



شکل ۳- کانتور مخلوط ویسکوزیته نمونه‌های مایونز

### ویژگی‌های رنگی

میزان روشنی ( $L^*$ ) نمونه‌های مایونز تأثیر به‌سزایی در میزان پذیرش مصرف‌کنندگان دارد. روشنایی

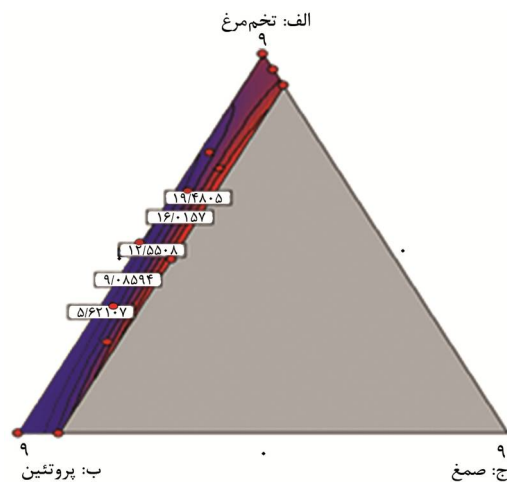
می‌یابد. این نتایج احتمالاً به دلیل افزایش ویسکوزیته سس تهیه شده از صمغ دانه بالنگو و ایزوله پروتئین سویا می‌باشد. Nikzade و همکاران (۲۰۱۲) در تولید مایونز کم کلسترول پایدار شده توسط مخلوطی از پروتئین‌ها و صمغ‌ها به نتیجه مشابه دست یافتند. این نتایج احتمالاً به دلیل افزایش ویسکوزیته نمونه‌های حاوی سطوح بالای صمغ بالنگو و ایزوله پروتئین سویا می‌باشد. Herald و همکاران (۲۰۰۹) نیز با به کارگیری ایزوله پروتئین گندم و مخلوطی از صمغ‌ها به عنوان جایگزین تخم مرغ در تولید سس مایونز کم کلسترول نشان دادند که سفتی مایونز با افزایش غلظت پروتئین و صمغ افزایش می‌یابد.

به لحاظ میزان چسبندگی (که در واقع بیانگر میزان نیروی مورد نیاز جهت خارج شدن پروب دستگاه از نمونه است)، مطابق شکل (۶) بیشترین میزان چسبندگی در نمونه‌های حاوی ایزوله پروتئین سویا و صمغ بالنگو (تیمارهای ۱۱ و ۱۲) مشاهده شد و تیمار ۹ و ۶ کمترین میزان چسبندگی را نشان دادند.

ضرایب مدل رگرسیون زیر برای پاسخ چسبندگی نشان داد که مدل خطی با ضریب تبیین ۹۹ درصد برای پیش‌بینی تغییرات این پاسخ مناسب است (رابطه ۸).

رابطه (۸)

$$f(x) = 1.84 A + 0.3 B + 139.9 C - 0.25 AB - 16.56 AC - 15.7 BC + 1.06 ABC$$

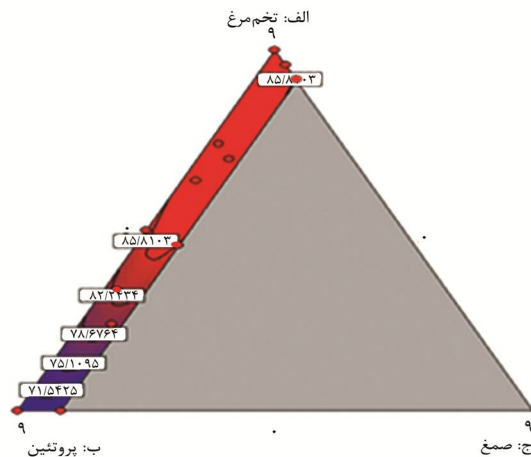


شکل ۵- کانتور مخلوط سفتی نمونه‌های مایونز

روشنایی نمونه‌ها با استفاده از مدل رگرسیونی زیر قابل پیش‌بینی بود (رابطه ۷).

رابطه (۷)

$$f(x) = 9.5 A + 7.55 B - 110.48 C + 0.45 AB + 14.61 AC + 14.3 BC$$

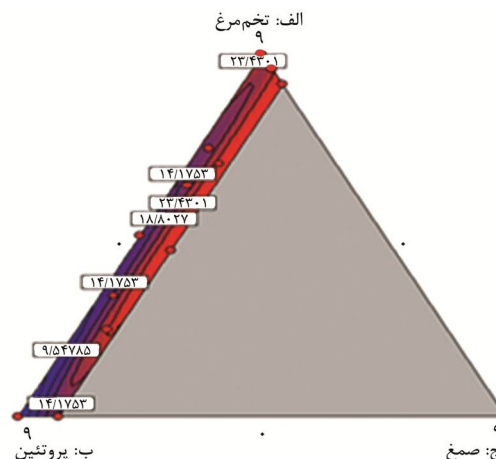


شکل ۴- کانتور مخلوط روشنایی نمونه‌های مایونز

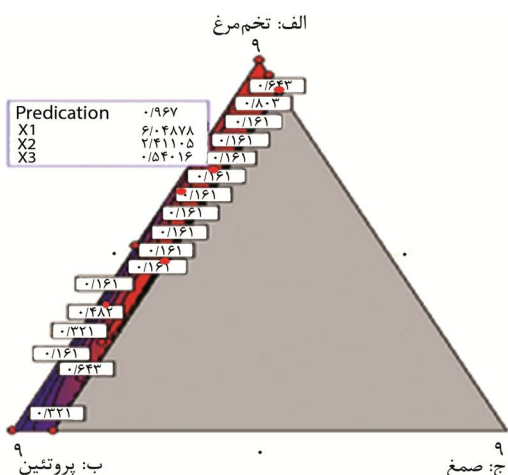
#### ویژگی‌های بافتی نمونه‌های مایونز

میزان سفتی بافت، یکی از فاکتورهای مهم و تأثیرگذار در سس مایونز می‌باشد. این عامل در پذیرش و جلب رضایت مصرف‌کنندگان بسیار مؤثر است. نتایج آنالیز بافت نشان داد که نمونه مایونز با ۵۴ درصد جایگزینی تخم مرغ با ایزوله پروتئین سویا و صمغ بالنگو، نسبت به سایر نمونه‌ها ساختار سفت‌تر و چسبندگی بیشتری داشت (تیمار ۲). همچنین تیمار ۱۱ با ۳۰ درصد جایگزینی تخم مرغ با ایزوله پروتئین سویا و صمغ بالنگو ویژگی بافتی مناسبی را از خود نشان داد؛ در حالی که کمترین میزان سفتی در تیمار ۹ و ۶ (۱۰۰ درصد جایگزینی تخم مرغ با ایزوله پروتئین سویا و صمغ بالنگو) مشاهده شد (شکل ۵). با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان بیان کرد که افزودن ترکیبی از پروتئین-پلی ساکراید به عنوان جایگزین تخم مرغ، امولسیون پایدار روغن در آب تشکیل داده و موجب افزایش ویسکوزیته می‌گردد (Abu Ghoush et al., 2008). ویسکوزیته نمونه به طور جزئی و نه به طور کامل می‌تواند بازتابی از پارامترهای آنالیز باشد (Liu et al., 2007) با جایگزینی تخم مرغ با ایزوله پروتئین سویا به همراه صمغ دانه بالنگو میزان سفتی افزایش

نمودار کانتور همپوش<sup>۲</sup> (شکل ۷) تعیین شد و بهترین نقطه از نظر ویژگی‌های مورد بررسی به دست آمد. به منظور اطمینان از صحت نتایج به دست آمده فرمولاسیون پیشگویی شده حاصل از ناحیه بهینه و خواص آن بررسی شد و در نهایت فرمولاسیون بهینه مورد تأیید قرار گرفت. در این پژوهش، تیمار با ۳۰ درصد جایگزینی (۵۶۳/۰ درصد وزنی از صمغ دانه بالنگو، ۲/۱۵ درصد وزنی از ایزوله پروتئین سویا و ۶/۲۸ درصد وزنی تخم مرغ)، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و حسی نزدیک به نمونه شاهد را نشان داد.



شکل ۶- کانتور مخلوط چسبندگی نمونه‌های مایونز



شکل ۷- کانتور مخلوط نقطه بهینه جایگزینی تخم مرغ با موسیلاژ بالنگو و ایزوله پروتئین سویا

### نتیجه‌گیری

باتوجه به نتایج به دست آمده، ایزوله پروتئین سویا و صمغ بالنگو قابلیت استفاده به عنوان جایگزین تخم مرغ در مایونز را دارند و ترکیب آنها باعث بهبود ویژگی‌های بافتی، پایداری و ویسکوزیته فرآورده می‌شود. نتایج نشان داد سس‌های تهیه شده از لحاظ شاخص روشنایی که عامل تأثیرگذار در پذیرش مصرف کننده دارد، تفاوت معنی داری نداشتند ( $P > 0.05$ ). بنابراین، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که با استفاده از ترکیب مناسبی از ایزوله پروتئین سویا و صمغ بالنگو می‌توان مقدار تخم مرغ مایونز را تا حد زیادی کاهش داده و سس مایونز کم کلسترول با ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مطلوب تولید نمود.

### اسیدیته و pH

اسیدیته و pH از فاکتورهای شیمیایی بسیار مهم در سس‌های سالاد از جمله مایونز می‌باشند که در سازمان ملی استاندارد ایران (۱۳۸۲) محدوده مشخصی برای آنها تعریف شده است. برطبق این استاندارد، pH مایونز نباید از ۴/۱ بیشتر و اسیدیته کل نبایستی کمتر از ۰/۶ برحسب گرم در ۱۰۰ گرم اسیداستیک باشد. اگر اسیدیته از ۱/۵ درصد بیشتر باشد، موجب ایجاد طعم نامطلوب در فرآورده نهایی می‌شود و همچنین در صورتی که اسیدیته خیلی پایین باشد، محصول سریعاً فاسد می‌شود. از طرف دیگر افزایش pH می‌تواند زمینه‌ساز رشد باکتری‌های بیماری‌زا از جمله *استافیلوکوکوس اورئوس*<sup>۱</sup> شود. اسیدیته بهینه برای نمونه‌های سس، بین ۰/۵ تا ۱/۲ درصد گزارش شده است.

پس از اندازه‌گیری اسیدیته و pH، مشاهده شد که تمامی نمونه‌ها در دامنه استاندارد قرار دارند. در مطالعه‌هایی که توسط سایر محققان، روی جایگزینی تخم مرغ با ایزوله جوانه گندم و صمغ زانتان و همچنین با صمغ کتیرا و ایزوله پروتئین سویا صورت گرفته نیز نتایج مشابهی به دست آمده است (رهبری و همکاران، ۱۳۹۲؛ حیدری وینچه و همکاران، ۱۳۹۳).

### تعیین نتیجه بهینه

در بخش پایانی، ناحیه بهینه براساس حدود تعریف شده برای متغیرهای وابسته، با استفاده از

<sup>2</sup> Overlay plot

<sup>1</sup> *Staphylococcus aureus*



## منابع

- ۱- امیری‌عقدایی، س.س.، اعلمی، م. و دارایی گرمه‌خانی، ا. ۱۳۹۱. تأثیر استفاده از صمغ کنیرا به‌عنوان جایگزین چربی بر ویژگی‌های رئولوژیکی، حسی و بافتی سس مایونز کم‌چرب. نشریه پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران، ۶(۲):۱۸۹-۱۸۰.
- ۲- امین، غ. ۱۳۸۴. متداولترین گیاهان سنتی ایران. انتشارات دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران، چاپ اول، صفحات ۶۸-۶۶.
- ۳- حسینی، و.س.، نجف‌نجفی، م.، محمدی‌ثانی، ع. و کوچکی، آ. ۱۳۹۲. بررسی اثر صمغ دانهٔ بالنگو شیرازی و پروتئین آب‌پنیر بر پایداری امولسیون روغن در آب. نشریه پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی، جلد ۲(۲):۱۲۰-۱۰۹.
- ۴- حیدری‌وینیچه، م.، اعلمی، م.، کاشانی‌نژاد، م. و امیری‌عقدائی، س. ۱۳۹۳. بررسی قابلیت استفاده از ایزولهٔ پروتئین سویا و صمغ کنیرا به‌عنوان جایگزین تخم‌مرغ در سس مایونز. نشریه فرآوری و نگهداری مواد غذایی، ۶(۱):۸۴-۶۵.
- ۵- رهبری، م.، اعلمی، م.، مقصودلو، ی. و کاشانی‌نژاد، م. ۱۳۹۲. بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی مایونز حاوی ایزولهٔ پروتئین جوانهٔ گندم و صمغ زانتان به‌عنوان جایگزین تخم‌مرغ. نشریه پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی، ۲(۱):۱۶-۱.
- ۶- طلوعی، ا.، مرتضوی، س. م.، اعلمی، م. و صادقی‌ماهونک، ع. ۱۳۸۹. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی سس مایونز کم‌چرب حاوی اینولین و پکتین. فصلنامه علوم و فناوری غذایی، ۱: ۴۲-۳۵.
- ۷- عالم‌زاده، ط.، محمدی‌فر، م.، عزیزی، م. و قناتی، ک. ۱۳۸۹. تأثیر دو گونهٔ صمغ کنیرای ایران (اصفهان و اسفراین) بر ویژگی‌های رئولوژیکی سس مایونز. فصلنامه علوم و صنایع غذایی ایران، ۷(۳):۱۴۱-۱۲۷.
- ۸- فرحناکی، ع.، مجذوبی، م. و مصباحی، غ. ۱۳۸۸. خصوصیات و کاربردهای هیدروکلوئیدها در مواد غذایی و دارویی. نشر علوم کشاورزی.
- ۹- قنبری، م. ۱۳۸۴. هیدروکلوئیدها و کاربرد آنها در صنایع غذایی. نشر ورسه، صفحات ۵۰-۷.
- ۱۰- گل‌کار، ع.، نصیری‌پور، ع. و کرامت، ج. ۱۳۹۲. بررسی برهم‌کنش الکترواستاتیک بتالاکتوگلوبولین و صمغ فارسی در حالت محلول و سیستم امولسیون. بیست و یکمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی، ۹-۷ آبان ماه، شیراز.
- ۱۱- محمدامینی، ا. ۱۳۸۶. بهینه‌یابی شرایط استخراج ترکیبات هیدروکلوئیدی دانهٔ بالنگو شیرازی. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۱۲- مقصودی، ش. ۱۳۸۸. تکنولوژی نوین انواع سس. انتشارات مرز دانش، صفحهٔ ۳۵۹.
- 13- Abu Ghoush, M., Samhouri, M., Al-Holy, M., & Herald, T. 2008. Formulation and fuzzy modeling of emulsion stability and viscosity of a gum-protein emulsifier in a model mayonnaise system. *Journal of Food Engineering*, 84(2):348-357.
- 14- Anton, M., Martinet, V., Dalgarrondo, M., Beaumal, V., David-Briand, E., & Rabesona, H. 2003. Chemical and structural characterisation of low-density lipoproteins purified from hen egg yolk. *Food Chemistry*, 83(2):175-183.
- 15- Benichou, A., Aserin, A., & Garti, N. 2002. Double emulsions stabilized by new molecular recognition hybrids of natural polymers. *Polymers for Advanced Technologies*, 13(10-12):1019-1031.
- 16- Herald, T.J., Abugoush, M., & Aramouni, F. 2009. Physical and sensory properties of egg yolk and egg yolk substitutes in a model mayonnaise system. *Journal of Texture Studies*, 40(6):692-709.
- 17- Liu, H., Xu, X.M., & Guo-Sh, D. 2007. Rheological, texture and sensory properties of low-fat mayonnaise with different fat mimetics. *Food Science and Technology*, 40(1):946-954.
- 18- McClements, D.J., & Demetriades, K. 1998. An integrated approach to the development of reduced-fat food emulsions. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 38(6):511-536.
- 19- Mun, S., Kim, Y.L., Kang, C., Kang, C., Shim, J., & Kim, Y. 2009. Development of reduced-fat mayonnaise using 4[alpha] GTase-modified rice starch and xanthan gum. *International Journal of Biological Macromolecules*, 44(5):400-407.
- 20- Naghibi, F., Mosaddegh, M., Mohammadi Motamed, S., & Gorbani, A. 2005. Labiatae family in folk medicine in Iran: from ethnobotany to pharmacology. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 4(2):63-79.
- 21- Nikzade, V., Tehrani, M.M., & Saadatmand-Tarzjan, M. 2012. Optimization of low-cholesterol-low-fat mayonnaise formulation: Effect of using soy milk and some stabilizer by a mixture design approach. *Food Hydrocolloids*, 28(2):344-352.

## Application of Balangu (*Lallementia Royeana*) Mucilage and Soy Protein Isolate as Egg Replacement in Mayonnaise and Study on its Physicochemical Properties

Mohsen Gholami Dehnayebi<sup>1</sup>, Mohammad Ghorbani<sup>2\*</sup>, Alireza Sadeghi Mahoonak<sup>3</sup>, Mehran Aalami<sup>4</sup>, Mahboobeh Kashiri<sup>5</sup>

- 1- MSc. Graduate Student, Department of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran  
2,3,4- Associate Professor, Department of Food Sciences and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran  
\* Corresponding author (m.ghorbani@gau.ac.ir)  
5- Assistant Professor, Department of Food Sciences and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

### Abstract

Mayonnaise is an oil-in-water emulsion in which, egg yolk as emulsifier and different stabilizers as well as thickeners are used to improve its stability. Egg yolk is a source of cholesterol in mayonnaise which can lead to some serious health problems. In this study, in order to substitute egg, Balangu (*Lallementia Royeana*) Mucilage and soy protein isolate were used in different proportions to prepare mayonnaise according to the plans drawn up by the optimal mix designed. In this plan, the amount of variable was considered as 0-0.9 gr/100gr mayonnaise for egg yolk and isolated soy protein, and 0-0.75 gr/100gr Mayonnaise for Mucilage Balangu. In the next step the prepared samples were evaluated in terms of textural properties, viscosity, stability, acidity, pH and color. Finally, the results were compared with control sample (including 9% w/w egg and 0.2% Xanthan gum). According to the results obtained, the use of seed Mucilage Balangu and isolated soy protein as alternative eggs is quite possible.

**Keywords:** Balangu Seed Gum, Mayonnaise, Oil-In-Water Emulsion, Soy Protein Isolates