

## بررسی تاثیر جایگزینی تخم مرغ با شیر سویا بر خصوصیات رئولوژیکی و بافتی سس مایونز

نازنین فاطمه رحمتی<sup>۱\*</sup>، مصطفی مظاهری تهرانی<sup>۲</sup> و کاظم دانشور<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۹۰/۱۱/۲۳

تاریخ پذیرش: ۹۲/۴/۳۰

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

<sup>۲</sup> دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

<sup>۳</sup> استادیار پژوهشکده علوم و صنایع غذایی خراسان رضوی

\* مسئول مکاتبه: E-mail: nf\_rahmati@yahoo.com

### چکیده

مایونز یک امولسیون روغن در آب است که توسط ترکیبات تخم مرغ پایدار شده است. در این تحقیق، کاربرد شیر سویای حاصل از آرد کامل سویا به عنوان امولسیفایر در سس مایونز و چگونگی تاثیرگذاری آن بر رفتار جریان و ویژگی های بافتی سس مایونز مورد مطالعه قرار گرفته است. تخم مرغ به عنوان امولسیفایر اولیه با شیر سویا در سطوح ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰٪ جایگزین و ویژگی های رئولوژیکی و بافتی (سفتی، نیروی چسبندگی و چسبندگی) نمونه‌ها مورد ارزیابی قرار گرفتند. همچنین دو نمونه شاهد حاوی زرده تنها و تخم مرغ کامل نیز برای مقایسه نتایج تهیه شدند. رفتار جریان همه نمونه‌ها با مدل‌های رئولوژیکی قانون توان، هرشل بالکلی، بینگهام و کاسن برازش داده شد به طوریکه نتایج حاکی از رفتار شل شونده با برش برای همه نمونه‌ها بود. نمودارهای ویسکوزیته در برابر نرخ برش و همچنین ویژگی‌های بافتی نمونه‌ها بیان کننده توانایی بالای شیر سویا در تشکیل امولسیون و ایجاد بافت بود. بنابراین با توجه به نتایج و ویژگی‌های عملکردی مناسب و ارزش تغذیه‌ای بالا می‌توان از شیر سویا به عنوان یک امولسیفایر برای پایدار کردن امولسیون سس مایونز استفاده نمود.

**واژه‌های کلیدی:** رفتار جریان، شیر سویا، مایونز، ویژگی های بافتی

## Effect of soy milk as an egg replacer on rheology and textural properties of mayonnaise

N F Rahmati<sup>1\*</sup>, M Mazaheri Tehrani<sup>2</sup> and K Daneshvar<sup>3</sup>

Received: February 12, 2012 Accepted: July 21, 2013

<sup>1</sup> MSc Student, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

<sup>2</sup> Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

<sup>3</sup> Assistant Professor, Khorasan Research Institute for Food Science and Technology, Mashhad, Iran

\* Corresponding author: E-mail: nf\_rahmati@yahoo.com

### Abstract

Mayonnaise is an oil in water emulsion which is stabilized by egg components. In this research, application of flour-prepared soy milk, as emulsifier, and its influence on flow behavior and textural properties (firmness, adhesive force and adhesiveness) of mayonnaise were studied. Egg, as initial emulsifier, was substituted at replacement levels of 25, 50, 75 and 100% with soy milk and samples with pure yolk and whole egg were prepared as control experiments. Flow behavior of samples fitted with Power law, Herschel-Bulkley, Bingham and Casson models and all samples showed shear thinning behavior. Viscosity versus shear rate curve and evaluation of textural characteristics provided an evidence of high effectiveness of soy milk in emulsification. Therefore, as a general conclusion, soy milk has the potential to be used as an emulsifier and stabilizing agent in mayonnaise.

**Key words:** Flow behavior, Mayonnaise, Soy milk, Textural properties

### مقدمه

سس‌ها یکی از محصولات پر مصرف خوراکی در سراسر دنیا هستند که در کشورهای مختلف با ذائقه‌های متفاوت مورد مصرف اند. مایونز یکی از انواع سس‌ها است که همیشه به دلیل بافت و طعمش مورد علاقه و تحسین مصرف‌کنندگان قرار گرفته است. این سس یک امولسیون روغن در آب است که در آن قطرات روغن به عنوان فاز پراکنده در فاز آبی حاوی سرکه پراکنده هستند. این محصول معمولاً دارای ۷۰ تا ۸۰ درصد روغن است که با کاهش میزان روغن نیاز به استفاده از قوام‌دهنده‌ها به وجود می‌آید (گارسیا ۲۰۰۶، مقصدی ۱۳۸۴). با توجه به فعالیت امولسیفایری قابل توجه ترکیبات تخم مرغ، تاکنون تحقیقات زیادی به منظور بررسی ویژگی امولسیفایری

این ترکیبات صورت گرفته است (دنمت و همکاران ۲۰۰۰، دراکوس و کیوسوگلو ۲۰۰۶، دراکوس و کیوسوگلو ۲۰۰۸، ماین ۱۹۹۸). مولکول‌های پروتئینی و لیپو پروتئینی موجود در تخم مرغ، لایه‌ای با ضخامت ۱۴۰ آنگستروم را به دور قطرات روغن تشکیل داده و به این ترتیب از بهم پیوستن آنها و ایجاد ناپایداری جلوگیری می‌کنند (گوآنکار و همکاران ۲۰۱۰). گرچه تخم مرغ دارای نقش‌های مهم در سس مایونز مانند امولسیفیکاسیون، پایدارسازی امولسیون و شرکت در طعم و رنگ محصول است، اما وجود میزان بالایی از کلسترول در تخم مرغ می‌تواند منجر به بروز مشکلات مرتبط با سلامتی شود. افزایش کلسترول خون باعث ایجاد آترواسکلروز که نوعی از سخت شدن شریان‌ها و شامل تجمع پیش‌رونده کلسترول در عروق و تغییر

ها دارای وزن مولکولی بیشتر نسبت به برخی دیگر از ترکیبات دارای فعالیت امولسیفایری مانند فسفولیپیدها هستند. این دو پدیده (بازآرایی ساختاری و وزن مولکولی بیشتر) باعث کاهش سرعت توزیع پروتئین ها بر سطح ذرات امولسیون می شود. در واقع سرعت کاهش کشش بین سطحی در ارتباط مستقیم با میزان سطوح امولسیونی ایجاد شده در امولسیون در طی هموژنیزاسیون می باشد (فیلری تراویس و همکاران ۲۰۰۰).

با توجه به اینکه آرد سویا دارای عملکردهای امولسیفیکاسیون، پایدارسازی و افزایش ویسکوزیته می باشد (ولف ۱۹۷۰) و به دلیل اینکه کیفیت مایونز به میزان زیادی به خصوصیات رئولوژیکی و بافتی آن بستگی دارد، هدف از انجام این تحقیق مطالعه و بررسی اثر شیر سویای حاصل از آرد سویا به عنوان امولسیفایر بر رفتار جریان و خصوصیات بافتی سس مایونز می باشد.

## مواد و روش ها

### مواد

روغن آفتابگردان، تخم مرغ، سرکه، شکر، نمک و پودر خردل از بازار تهیه شدند. آرد کامل سویا از شرکت توس سویا (مشهد) و صمغ های زانتان و گوار از شرکت سیگما آلدریج (آمریکا) خریداری شدند.

### روش ها

#### تهیه شیر سویا

آب با دمای ۹۰ تا ۹۵ درجه سلسیوس و آرد کامل سویا (با ۴۰٪ پروتئین) با نسبت ۳ به ۱ مخلوط و با همزن (Digital Electric Stirrer) با سرعت ۷۰۰ دور در دقیقه به مدت ۲۰ دقیقه هموژن شدند.

#### تهیه سس مایونز

۶ نمونه سس مایونز با مواد اولیه مندرج در جدول ۱ تهیه شدند.

شکل آن ها می باشد، می شود. تخم مرغ در میان غذاهای مصرفی یکی از منابع با میزان کلسترول بالا محسوب می شود. یک تخم مرغ بزرگ دارای ۲۵۲ میلی گرم، میگو (۸۰ گرم) ۱۲۷/۵ میلی گرم و جگر (۸۰ گرم) ۳۳۱ میلی گرم کلسترول و میزان کلسترول موجود در گیاهان صفر است (دوستی ۱۳۷۷، همت خواه ۱۳۸۶، حاجبی ۱۳۶۲). بنابراین تاکنون تحقیقاتی در مورد امکان جایگزینی و حذف تخم مرغ در سس مایونز انجام گرفته است. در این زمینه فعالیت امولسیفایری پروتئین کانولا، پروتئین گندم، پروتئین های شیر و انواع آبکافت شده آنها و گرانول های جدا شده از زرده تخم مرغ در مایونز توسط محققان پیشین بررسی شده است (آلوکو و مک اینتاش ۲۰۰۵، ابوگوش و همکاران ۲۰۰۸، گوآنکار و همکاران ۲۰۱۰، لاکا و همکاران ۲۰۱۰).

انواع محصولات پروتئین سویا که به عنوان مواد خام در صنعت مورد استفاده قرار می گیرند بر حسب میزان پروتئین شامل آرد و گریتس سویا (حداقل ۴۰٪ پروتئین)، کنسانتره پروتئین سویا (حداقل ۷۰٪ پروتئین) و ایزوله پروتئین سویا (حداقل ۹۰٪ پروتئین) می باشند. پروتئین های استخراج شونده با آب سویا (۹۰٪ از کل پروتئین سویا) به دو قسمت گلوبولین ها (۹۰٪) و وی پروتئین ها (۱۰٪) تقسیم می شوند. گلوبولین های سویا نیز به چهار فراکسیون ۲اس (۱۵٪)، ۷اس یا بتاکانگلاسیسین (۳۴٪)، ۱۱اس یا گلاسیسین (۴۱.۹٪) و ۱۵اس (۹.۱٪) طبقه بندی شده اند (فوکوشیما ۱۹۹۱). بتاکانگلاسیسین (۷اس) فراکسیونی است که بیشترین فعالیت امولسیفایری و توانایی تشکیل ژل را دارد (فوکوشیما ۲۰۰۱، چو و همکاران ۲۰۰۱). در واقع پروتئین ها برای تشکیل و پایدارسازی امولسیون بر روی سطح ذرات فاز پراکنده منتشر شده، بر سطح نفوذ کرده و بازآرایی ساختمانی انجام داده و اسیدهای آمینه آب گریز در جهت فاز غیر آبی قرار می گیرند که این عمل باعث کاهش کشش بین سطحی می شود. پروتئین

**جدول ۱- مواد اولیه مصرفی برای تولید سس مایونز بر حسب درصد وزنی**

روغن آفتابگردان	امولسیفایر	سرکه	آب	زانتان	گوار	خردل	شکر	نمک
٪۶۸	٪۱۰	٪۷/۹	٪۱۰	٪۰/۱۵	٪۰/۱۵	٪۰/۳	٪۳	٪۰/۵

**جدول ۲-نسبت های مختلف بین تخم مرغ و شیر سویا برای تولید نمونه های سس مایونز**

نام نمونه	امولسیفایر
زرد تخم مرغ	زرد تخم مرغ
تخم مرغ کامل	تخم مرغ کامل
٪۲۵ شیر سویا+٪۷۵ تخم مرغ کامل	٪۲۵ ش+٪۷۵ ت
٪۵۰ شیر سویا+٪۵۰ تخم مرغ کامل	٪۵۰ ش+٪۵۰ ت
٪۷۵ شیر سویا+٪۲۵ تخم مرغ کامل	٪۷۵ ش+٪۲۵ ت
٪۱۰۰ شیر سویا	٪۱۰۰ ش

نگهداری و سپس هر آزمون با ۲ تا ۴ تکرار برای هر نمونه انجام شد.

#### بررسی خصوصیات رئولوژیکی

به منظور بررسی خصوصیات رئولوژیکی نمونه های مایونز، از ویسکومتر بوهلین (Visco88, Bohlin Ltd.)، انگلیس) استفاده شد. آزمون ها در دمای  $23^{\circ}\text{C}$  (دمای محیط) انجام و رفتار جریان نمونه ها با مدل های مندرج در جدول ۳ در دامنه نرخ برش  $14/2-250$  بر ثانیه تطبیق داده شد.

مواد پودری، آب و امولسیفایر (مندرج در جدول ۲) به مدت ۴ دقیقه توسط همزن با سرعت ۸۰۰ دور در دقیقه مخلوط و سپس یک سوم از سرکه طی ۲ دقیقه به این مخلوط اضافه گردید. بعد از آن روغن به آرامی به مدت ۸ دقیقه با سرعت ۱۱۰۰ دور در دقیقه به فاز آبی افزوده و سپس بقیه سرکه (دو سوم باقیمانده) به مدت ۲ دقیقه توسط همزن مخلوط گردید. در انتها امولسیون اولیه بدست آمده با سرعت ۱۵۰۰ دور در دقیقه به مدت ۷ دقیقه هموزن شد. هر فرمولاسیون در دو تکرار تولید و به مدت ۱ روز در یخچال قبل از انجام هر گونه آزمایشی

**جدول ۳- معادلات رئولوژیکی مختلف استفاده شده جهت برآزش داده ها**

مدل	معادله	$\sigma_0$	k	n
نیوتنی	$\sigma = \mu \dot{\gamma}$	۰	<	یک
قانون توان	$\sigma = k \dot{\gamma}^n$	۰	<	بین صفر و یک یا بین یک تا بینهایت
هرشل بالکی	$\sigma = \sigma_0 + k \dot{\gamma}^n$	<	<	بین صفر و یک یا بین یک تا بینهایت
بینگهام	$\sigma = \sigma_0 + k \dot{\gamma}$	<	<	یک
کاسن	$\sqrt{\sigma} = \sqrt{\sigma_0} + k_c \sqrt{\dot{\gamma}}$	<	<	یک

نمونه ها مورد ارزیابی قرار گرفتند. اندازه گیری با روش بک اکستروژن و با استفاده از ظرف اندازه گیری با ارتفاع ۵۵ و ضلع داخلی ۴۵ میلی متر و پروب با ضلع ۴۲ میلی متر انجام شد. سفتی بالاترین نقطه در نمودار

#### سنجش مولفه های بافتی

برای سنجش بافت نمونه ها از دستگاه سنجش بافت (QTS 25 Faranel CNS، انگلیس) استفاده و صفت های بافتی از جمله سفتی، نیروی چسبندگی و چسبندگی

رئولوژیکی با نرم افزار (7.01) Slide Write و نمودارها با نرم افزار اکسل نسخه ۲۰۰۷ رسم شدند.

### نتایج و بحث

#### بررسی رفتار جریان نمونه های سس مایونز

یک سیال نیوتنی سیالی است که یک رابطه خطی بین تنش برشی و نرخ برش در رفتار آن وجود دارد و مقدار ویسکوزیته با تغییر نرخ برش تغییری نخواهد کرد. تمامی محققین، پیش از این رفتار غیر نیوتنی را برای سس مایونز گزارش کرده اند. برای بررسی میزان عدم تناسب مدل نیوتنی برای سس مایونز رفتار جریان نمونه ها با مدل نیوتنی برازش داده شد (داده ها نشان داده نشده است). ضرایب اطمینان پایین به دست آمده برای مدل نیوتنی (۵۹/۵ تا ۶۹/۷۸ درصد) و روند نزولی مقادیر ویسکوزیته نمونه ها (شکل ۲) نشان دهنده عدم تناسب این مدل است. مدل های رئولوژیکی که عمدتاً برای برازش بر رفتار جریان مایونز استفاده شده اند مدل های قانون توان (وراسینچای و همکاران ۲۰۰۶، مارویاما و همکاران ۲۰۰۷) و هرشل بالکی (لیو و همکاران ۲۰۰۷، مان و همکاران ۲۰۰۹، سو و همکاران ۲۰۰۹) می باشند. نمودارهای رفتار جریان نمونه ها در شکل ۱ و پارامترهای مربوط به مدل قانون توان در جدول ۴ نشان داده شده اند.

بار به زمان (نقطه ماکزیمم نمودار) بوده که می تواند بر حسب نیوتن و یا گرم بیان شود. نیروی چسبندگی (N یا g) نیروی لازم برای جدا شدن پروب از نمونه و یا بیشترین نیروی منفی تولید شده در طول برگشت و خارج شدن پروب از ظرف اندازه گیری می باشد (نقطه مینیمم نمودار). چسبندگی (N.S یا g.S) مساحت ناحیه منفی نمودار و نمادی از چسبندگی بافت محصول است (بورن ۱۹۷۸، شزنیاک و همکاران ۱۹۶۳، فیزمن و داماسیو ۲۰۰۰).

#### سنجش اندازه ذرات

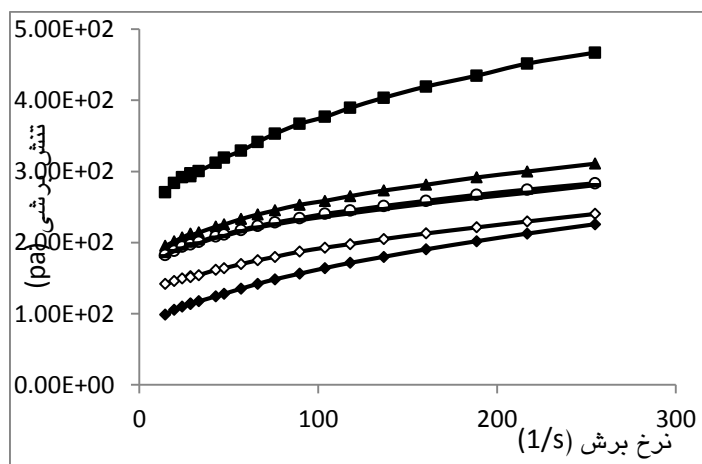
نمونه های مایونز با محلول ۰/۱ درصد SDS با نسبت ۱:۱۰۰ رقیق و سپس اندازه ذرات ( $\mu\text{m}$ ) و سطح مخصوص ( $\text{m}^2/\text{cc}$ ) برای هر نمونه با استفاده از دستگاه سنجش اندازه ذرات (Fritsch Particle Sizer Analysette 22, Fritsch Co. آلمان) مورد بررسی قرار گرفت و اندازه ذرات ( $d_{3,2}$ ) از فرمول زیر به دست آمد:

$$d_{3,2} (\mu\text{m}) = \frac{\sum n_i d_i^3}{\sum n_i d_i^2}$$

که در این فرمول  $n_i$  تعداد ذراتی است که دارای اندازه قطر  $d_i$  می باشند.

#### آنالیز آماری

جهت آنالیز آماری از نرم افزار MstatC و از آزمون LSD در سطح معنی داری ۵٪ استفاده شد. پارامترهای



شکل ۱- نمودار رفتار جریان نمونه های مختلف سس مایونز: ■ زت، ▲ ت ک، ○ ۲۵٪ش+۷۵٪ت، — ۵۰٪ش+۵۰٪ت، ◇ ۷۵٪ش+۲۵٪ت، ◆ ۱۰۰٪ش

شاخص رفتار جریان قانون توان، همه نمونه‌ها رفتار شل شونده با برش داشتند. همچنین نتایج نشان داد که شیر سویا باعث کاهش این رفتار شده و بیشترین رفتار شل شوندگی با برش برای نمونه‌های با سطوح جایگزینی ۲۵ و ۵۰ درصد مشاهده شد.

با توجه به داده‌های مربوط به مدل قانون توان و ضرایب تبیین بالا (۹۶ تا ۹۹ درصد) (جدول ۴)، این مدل تطابق مناسبی را با رفتار جریان نمونه‌ها نشان داد. ضریب قوام قانون توان با افزایش مقدار شیر سویا کاهش یافت و با توجه به داده‌های بدست آمده برای

جدول ۴- پارامترهای مربوط به مدل قانون توان برای نمونه‌های مختلف سس مایونز

	ت ک	ت ۲۵٪+۷۵٪	ت ۵۰٪+۵۰٪	ت ۷۵٪+۲۵٪	ت ۱۰۰٪
K (pa.s <sup>n</sup> )	۱۱۲/۶۴	۱۱۱/۱۴	۱۱۰/۸۸	۷۶/۶۸	۳۹/۳۴
n (-)	۰/۱۸	۰/۱۶	۰/۱۵	۰/۲۰	۰/۳۱
R <sup>2</sup>	۰/۹۶	۰/۹۷	۰/۹۶	۰/۹۸	۰/۹۹

تسلیم مشاهده شد. این مدل هم نشان دهنده رفتار شل شونده با برش برای همه نمونه‌ها بود. همچنین بر اساس این مدل نیز در میان نمونه‌های حاوی شیر سویا، نمونه‌های با ۲۵ و ۵۰ درصد از جایگزینی بیشترین رفتار شل شوندگی با برش را داشته و افزایش میزان شیر سویا بر این نوع از رفتار اثر کاهشی داشت. ضریب اطمینان بالا (۹۶ تا ۹۹ درصد) بیانگر مناسب بودن این مدل برای توصیف رفتار جریان نمونه‌ها بود.

مدل هرشل بالکی رابطه‌ای است که به طور رایج برای توصیف رفتار جریان سیالات غیر نیوتنی دارای تنش تسلیم استفاده می‌شود. به طور کلی تنش تسلیم بالا باعث عدم جریان یافتن سس‌های سالاد می‌شود که یک ویژگی مهم برای آنها به شمار می‌رود (لیو و همکاران ۲۰۰۴). پارامترهای مربوط به این مدل در جدول ۵ نشان داده شده است. با توجه به داده‌ها، با افزایش مقدار شیر سویا روند کاهشی برای مقادیر تنش

جدول ۵ - پارامترهای مربوط به مدل هرشل بالکی برای نمونه‌های مختلف سس مایونز

	ت ک	ت ۲۵٪+۷۵٪	ت ۵۰٪+۵۰٪	ت ۷۵٪+۲۵٪	ت ۱۰۰٪
تنش تسلیم (pa)	۸۷/۵۳	۹۳/۸۴	۹۴/۴۷	۸۷/۸۵	۵۰/۵۷
K (pa.s <sup>n</sup> )	۴۵/۶۳	۳۸/۱۰	۳۷/۱۵	۱۶/۳۳	۱۲/۳۵
n (-)	۰/۲۸	۰/۲۸	۰/۲۸	۰/۴۰	۰/۴۷
R <sup>2</sup>	۰/۹۶	۰/۹۶	۰/۹۶	۰/۹۸	۰/۹۹

جریان یافتن نیست و رفتاری شبیه جامد دارد (استف ۱۹۹۶).

نتایج بدست آمده مربوط به مدل بینگهام در جدول ۶ آورده شده است. ویژگی مهم مدل‌های هرشل بالکی و بینگهام وجود تنش تسلیم در این دو مدل است که نشان دهنده یک تنش ابتدایی برای جریان یافتن سیال می‌باشد، چون در مقادیر کمتر از تنش تسلیم، سیال قادر به

جدول ۶- پارامترهای مربوط به مدل بینگهام برای نمونه های مختلف سس مایونز

	ش ۱۰۰٪	ش ۷۵٪+ش ۲۵٪	ش ۵۰٪+ش ۵۰٪	ش ۲۵٪+ش ۷۵٪	ت ک	ز ت
تنش تسلیم (pa)	۹۸/۶۸	۱۴۰/۳۱	۱۸۲/۹۱	۱۸۴/۵	۱۹۴/۸۸	۲۷۰/۹۸
K (pa.s <sup>n</sup> )	۰/۵۵	۰/۴۳	۰/۴۳	۰/۴۴	۰/۵۲	۰/۸۷
R <sup>2</sup>	۰/۹۶	۰/۹۴	۰/۸۸	۰/۸۸	۰/۸۸	۰/۹۳

بیشترین تنش تسلیم برای نمونه با زرده تنها به عنوان امولسیفایر و کمترین مقدار برای نمونه با ۱۰۰٪ جایگزینی تخم مرغ با شیر سویا مشاهده شد. با توجه به ضرایب اطمینان بدست آمده برای این مدل (۸۸ تا ۹۶ درصد)، مدل بینگهام تناسب کمتری را برای توصیف

رفتار رئولوژیکی نمونه ها نسبت به دو مدل قبلی نشان داد. همچنین روند مشخصی برای کمیت ضریب قوام بینگهام مشاهده نشد. جدول ۷ نشان دهنده پارامترهای مختلف مربوط به مدل کاسن می باشد.

جدول ۷- پارامترهای مربوط به مدل کاسن برای نمونه های مختلف سس مایونز

	ش ۱۰۰٪	ش ۷۵٪+ش ۲۵٪	ش ۵۰٪+ش ۵۰٪	ش ۲۵٪+ش ۷۵٪	ت ک	ز ت
تنش تسلیم (pa)	۶۹/۱۵	۱۱۲/۸۲	۱۵۳/۴۳	۱۵۴/۴۰	۱۶۰/۴۶	۲۱۵/۸۶
K (pa <sup>n</sup> .s <sup>-n</sup> )	۰/۴۳	۰/۳۱	۰/۲۸	۰/۲۸	۰/۳۲	۰/۴۵
R <sup>2</sup>	۰/۹۸	۰/۹۸	۰/۹۳	۰/۹۴	۰/۹۴	۰/۹۷

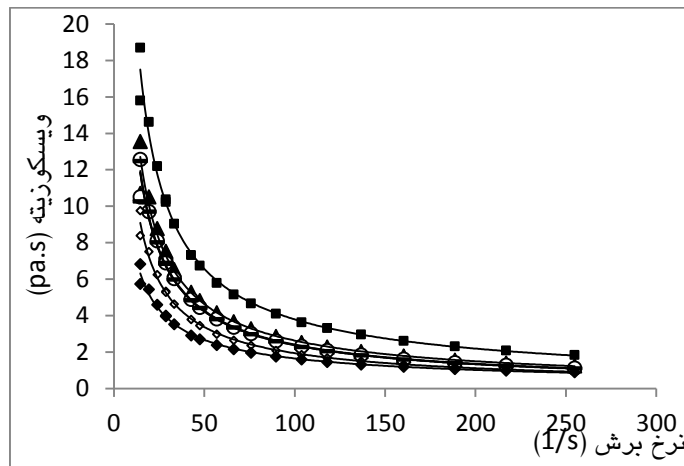
در بررسی تناسب این مدل نیز روند نزولی برای تنش تسلیم به دست آمد. همچنین علیرغم ضریب اطمینان بالا (۹۳ تا ۹۸ درصد) افزایش میزان شیر سویا اثر مشخصی بر ضریب قوام کاسن نداشت.

#### رفتار شل شونده با برش امولسیونها

ویسکوزیته یک سیال شل شونده با برش با افزایش نرخ برش کاهش می یابد. این نوع از رفتار در نمودارهای ویسکوزیته در برابر نرخ برش برای نمونه های سس مایونز در شکل ۲ قابل مشاهده است.

پیش از این، این نوع از رفتار رئولوژیکی برای مایونز توسط دیگر محققین نیز گزارش شده بود (وراسینچای و

همکاران ۲۰۰۶، دولز و همکاران ۲۰۰۵، لیو و همکاران ۲۰۰۷، مان و همکاران ۲۰۰۹). در سوسپانسیون های غلیظ (با بیشتر از ۳۰٪ روغن) ذرات امولسیون در تنش برشی کم آرایش و توزیع سه بعدی و تصادفی دارند. وقتی تنش اعمال شده زیاد شود ذرات منظم تر شده و تشکیل جریان و لایه هایی از ذرات را می دهند که باعث کاهش مقاومت به جریان و در نتیجه کاهش ویسکوزیته می شود (مک کلمنتس ۲۰۰۹). رفتار شل شونده با برش به پمپ شدن آسانتر و جریان یافتن بهتر سس از ظرف حامل آن کمک می کند (اسورن ۲۰۰۰، سادار ۲۰۰۴).

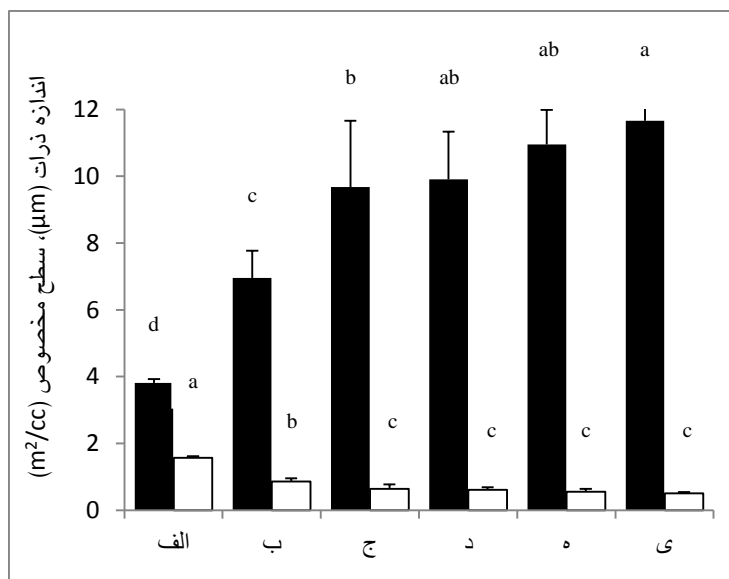


شکل ۲- نمودار ویسکوزیته در برابر نرخ برش برای نمونه‌های مختلف سس مایونز: ■ زت، ▲ ت ک، ○ ۲۵٪ ش+۷۵٪ ت، — ۵۰٪ ش+۵۰٪ ت، ◇ ۷۵٪ ش+۲۵٪ ت، ♦ ۱۰۰٪ ش

ترکیباتی که مسئول ایجاد فعالیت امولسیفایری تخم مرغ هستند در زرده آن حضور دارند و از جمله این ترکیبات می‌توان به HDL، LDL، لیوتین و فسفولپید اشاره کرد که مهمترین آنها LDL گزارش شده است (ماین ۱۹۹۹). سفیده تخم مرغ گرچه دارای قدرت کف‌کنندگی مناسب می‌باشد ولی فعالیت امولسیفایری ضعیف تری نسبت به زرده دارد (دراکوس و کیوسوگلو ۲۰۰۶).

شکل ۳ نشان دهنده اندازه و سطح مخصوص ذرات روغن در نمونه‌های سس مایونز است.

همانطور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود نمودار ویسکوزیته نمونه‌های با ۲۵ و ۵۰ درصد از جایگزینی با نمودار نمونه دارای تخم مرغ کامل همپوشانی تقریبی داشته که نشان دهنده عدم تغییر قابل توجه ویسکوزیته سس مایونز تا سطح ۵۰ درصد از جایگزینی تخم مرغ با شیر سویا است. نمونه با زرده تنها بیشترین ویسکوزیته را داشت که این مساله را می‌توان به قدرت امولسیفایری بیشتر ترکیبات موجود در زرده تخم مرغ نسبت به سفیده آن و یا شیر سویا مربوط دانست. عمده

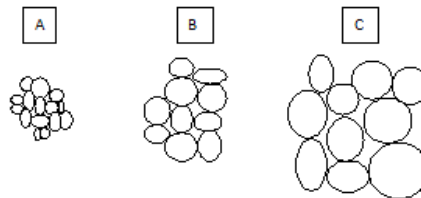


شکل ۳- اندازه (■) و سطح مخصوص (□) ذرات روغن در نمونه‌های مختلف سس مایونز. الف: زت، ب: ت ک، ج: ۲۵٪ ش+۷۵٪ ت، د: ۵۰٪ ش+۵۰٪ ت، ه: ۷۵٪ ش+۲۵٪ ت، ی: ۱۰۰٪ ش

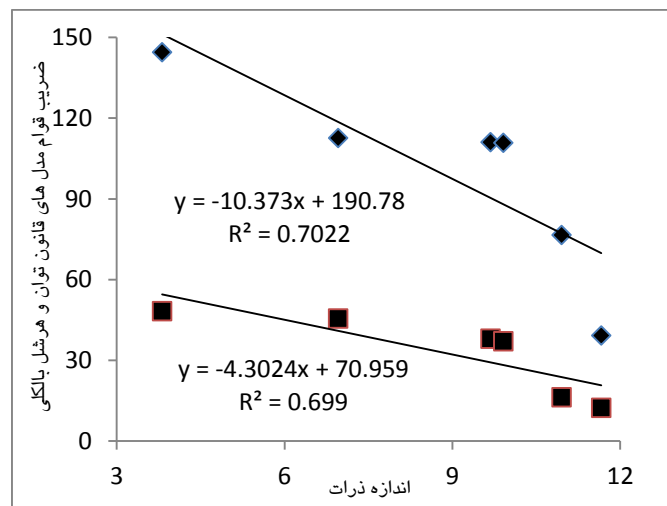


تخم مرغ باعث ایجاد ذرات روغن کوچکتر و سطح مخصوص بیشتر (شکل ۳) در نمونه های سس مایونز شده است. در واقع اندازه ذرات کوچکتر با ایجاد سطح تماس بیشتر بین قطرات روغن منجر به تولید اصطکاک بیشتر بین ذرات و در نهایت قوام بیشتری برای نمونه ها شده است. این مساله به طور شماتیک در شکل ۴ نشان داده شده است. این فرضیه قبلا توسط لیو و همکاران (۲۰۰۷) نیز بیان شده بود.

با توجه به شکل ۳، با افزایش میزان شیر سویا در فرمولاسیون نمونه های سس مایونز، اندازه ذرات بزرگتری برای نمونه ها مشاهده شد. به طور کلی ترکیبات امولسیفایری با وزن مولکولی کمتر، ذرات روغن با اندازه کوچکتر را در امولسیون ایجاد می کنند (منجینو ۱۹۹۴). به نظر می رسد با توجه به اندازه مولکولی کوچکتر ترکیبات امولسیفایری زرده تخم مرغ مانند فسفولیپیدها نسبت به پروتئین های سویا و قابلیت بیشتر ترکیبات زرده در پایدارسازی امولسیون و جلوگیری از ناپایداری و بهم پیوستن ذرات روغن، زرده



شکل ۴- تصویر شماتیک رابطه بین اندازه ذرات امولسیون و میزان سطح تماس ذرات



شکل ۵- نمودار ضریب قوام مدل های قانون توان ( $R^2 = ۷۰/۲۲$ ) و هرشل بالکل ( $R^2 = ۶۹/۹۰$ ) به عنوان تابعی از اندازه ذرات نمونه های مختلف سس مایونز

همبستگی مناسب بین قوام و اندازه ذرات نمونه ها می باشد.

شکل ۵ همبستگی بین ضریب قوام مدل های قانون توان و هرشل بالکل و اندازه ذرات را نشان می دهد. ضرایب تبیین (به ترتیب ۷۰/۲۲ و ۶۹/۹۰ درصد) نشان دهنده

### خصوصیات بافتی

نتایج مربوط به خصوصیات بافتی نمونه‌ها در جدول ۸ آورده شده است.

جدول ۸- نتایج مربوط به ویژگی‌های بافتی نمونه‌های مختلف سس مایونز

نمونه	سفتی (g)	نیروی چسبندگی (g)	چسبندگی (g.s)
زت	۲۲۵۰/۵۰±۱۶۲/۶ a	۳۰۰۷/۷۵±۴۵۲/۲ a	۲۳۴۳/۲۷±۹۳۱/۳ c
ت ک	۱۳۹۳/۲۵±۵۴/۲ b	۲۰۲۱/۵۰±۶۱۹/۷cd	۳۱۲۰/۷۴±۴۳۸/۲ b
ت ۲۵٪ش+۷۵٪ت	۱۵۶۶/۵۰±۱۲۳/۳ b	۲۵۹۸/۷۵±۲۵۸/۰ab	۴۴۸۵/۹±۳۰۷/۰a
ت ۵۰٪ش+۵۰٪ت	۱۴۱۵/۰۰±۵۵/۴ b	۲۳۱۰/۰۰±۱۲۴/۵bc	۲۹۸۹/۱۲±۳۶۸/۲b
ت ۷۵٪ش+۲۵٪ت	۱۳۹۴/۰۰±۵۶/۳ b	۲۳۱۵/۲۵±۲۱۱/۲bc	۴۱۰۹/۷۱±۱۰۳/۱a
ش ۱۰۰٪	۶۹۹/۹۱±۱۷/۸c	۱۵۸۸/۰۸±۳۵/۳ d	۲۶۱۰/۹۶±۱۹۲/۹bc
نمونه تجاری	۱۴۶۵/۰۰±۲۸/۳	۳۱۶۷/۵۰±۱۰۳/۹	۳۵۶۴/۲۸±۳۰۳/۷

گون مایونز است. نمونه‌های حاوی تخم مرغ کامل و نیز حداکثر تا ۷۵ درصد از جایگزینی تخم مرغ با شیر سویا دارای بافتی نرم و خامه‌گون بوده اما برای نمونه با زرده تنها بافتی تقریباً سفت و برای نمونه بدون تخم مرغ نیز بافتی روان و جریان‌پذیر مشاهده شد. گوآنکار و همکاران (۲۰۱۰) نیز در بررسی فعالیت امولسیفایری پروتئین‌های شیر در سیستم امولسیون سس مایونز بیان کردند که کنسانتره و ایزوله پروتئین آب پنیر قوام بیشتری را در مقایسه با تخم مرغ در سس مایونز ایجاد کرده‌اند، گرچه بافت حاصل از آنها مانند آنچه از ترکیبات تخم مرغ حاصل شد، خامه‌گون نبود. با توجه به نتایج، تا ۷۵٪ از جایگزینی تخم مرغ با شیر سویا تاثیر منفی بر روی بافت نمونه‌ها مشاهده نشد.

### نتیجه‌گیری

بر طبق نتایج این تحقیق می‌توان بیان نمود که نمونه‌های مایونز حاوی شیر سویا رفتار سودوپلاستیک داشته و می‌توانند به عنوان یک سیال غیر نیوتنی و شل شونده با برش طبقه‌بندی شوند. مدل‌های قانون توان و هرشل بالکی توانستند رفتار جریان نمونه‌ها را به خوبی توصیف کنند. نتایج نشان داد که تا ۷۵٪ از

نمونه حاوی زرده تنها بیشترین مقدار سفتی و نیروی چسبندگی را نشان داد و تا ۷۵ درصد از جایگزینی، در این دو کمیت تفاوت آماری قابل توجهی نسبت به نمونه حاوی تخم مرغ کامل مشاهده نشد. بیشترین میزان چسبندگی نیز مربوط به نمونه با ۲۵ درصد جایگزینی بود. برای مقایسه بافت نمونه‌ها با سس مایونز تجاری، یک نمونه تجاری نیز مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۸). سس مایونز یک امولسیون خوراکی بوده که معمولاً مصرف‌کننده انتظار بافتی نسبتاً غلیظ را برای آن دارد. این میزان از غلظت با توجه به میزان بالای روغن و همچنین استفاده از قوام‌دهنده‌ها در مایونز میسر خواهد شد. آگاهی از بافت محصول در قسمت ناخودآگاه مغز قرار دارد. اگر بافت محصول غذایی مطابق با انتظار موجود در ذهن مصرف‌کننده باشد، مورد توجه قرار نمی‌گیرد اما اگر بر خلاف انتظار قبلی باشد به مسئله‌ای مهم و انتقادی تبدیل شده و ممکن است موجب عدم پذیرش محصول شود. ارزیابی بافت مایونز برای مصرف‌کننده می‌تواند با باز شدن درب بطری و استفاده از ابزاری مانند چاقو برای بیرون آوردن مقداری از سس و مالیدن آن بر روی ساندویچ شروع شود (بوروانکار ۱۹۹۲) که تاییدکننده اهمیت بافت خامه

جایگزینی تخم مرغ با شیر سویا تاثیر قابل ملاحظه ای در ویژگی های بافتی سس مایونز ایجاد نخواهد شد که نشان دهنده کارایی بالای این ترکیب می باشد. به عنوان یک نتیجه کلی، به دلیل قابلیت بالای شیر سویا در پایدار کردن میزان قابل توجهی از روغن در سس مایونز و دارا بودن ارزش تغذیه ای منحصر به فرد، می توان از این ترکیب به عنوان امولسیفایر در سس مایونز استفاده نمود.

#### منابع مورد استفاده

- حاجبی م، ۱۳۶۲. بیماری های تغذیه، انتشارات اقبال.
- دوستی م، ۱۳۷۷. رژیم غذایی و بیماری های قلبی عروقی، انتشارات نی.
- مقصودی ش، ۱۳۸۴. تکنولوژی نوین تولید انواع سس، انتشارات مرز دانش.
- همت خواه ف، ۱۳۸۶. چربی خون (کلسترول خوب، کلسترول بد)، انتشارات عصر کتاب.
- Abu Ghoush M, Samhour M, Al-Holy M and Herald T, 2008. Formulation and fuzzy modeling of emulsion stability and viscosity of gum-protein emulsifier in a model mayonnaise system. *Journal of Food Engineering* 84: 348-357.
- Aluko RE and McIntosh T, 2005. Limited enzymatic proteolysis increases the level of incorporation of canola proteins into mayonnaise. *Innovative Food Science and Emerging Technology* 6:195-202.
- Borwankar RP, 1992. Food Texture and Rheology: A Tutorial Review. *Journal of Food Engineering* 16: 1-16.
- Bourne M, 1978. Texture Profile Analysis. *Food Technology* 32: 62-66, 72.
- Chove BE, Grandison A S and Lewis MJ, 2001. Emulsifying properties of soy protein isolate fractions obtained by isoelectric precipitation. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 81: 759-763.
- Denmat ML, Anton M and Beaumal V, 2000. Characterization of emulsion properties and of interface composition in o/w emulsions prepared with hen egg yolk, plasma and granules. *Food Hydrocolloids* 14: 539-549.
- Dolz M, Hernandez MJ, Delegido J, Alfaro MC and Munoz J, 2007. Influence of xanthan gum and locust bean gum upon flow and thixotropic behavior of food emulsions containing modified starch. *Journal of Food Engineering* 81: 179-186.
- Drakos A and Kiosseoglou V, 2006. Stability of acidic egg white protein emulsions containing xanthan gum. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 54: 10164-10169.
- Drakos A and Kiosseoglou V, 2008. Depletion flocculation effects in egg-based model salad dressing emulsions. *Food Hydrocolloids* 22: 218-224.
- Fillery-Travis A, Mills ENC and Wilde P, 2000. Protein-lipid interactions at interfaces. *Grasas Aceites* 51: 50-55.
- Fizman Sand Damasio M, 2000. Suitability of single-compression and TPA tests to determine adhesiveness in solid and semi-solid foods. *Journal of Texture Studies* 31: 55-68.
- Fukushima D, 1991. Recent progress of soybean protein foods: Chemistry, technology, and nutrition. *Food Reviews International* 7: 323-351.
- Fukushima D, 2001. Recent Progress in Research and Technology on Soybeans. *Food Science and Technology research* 7: 8-16.
- Goankar G, Rathna K, Chen k and Campbell B, 2010. Emulsifying functionality of enzyme-modified milk proteins in o/w and mayonnaise-like emulsions. *African Journal of Food Science* 4: 16-25.
- Garcia KM, 2006. Quality characterization of cholesterol-free mayonnaise-type spreads containing rice bran oil, MS thesis, Louisiana State University.

- Laka A, Saenz MC, Paredes B and Diaz M, 2010. Rheological properties, stability and sensory evaluation of low-cholesterol mayonnaises prepared using egg yolk granules as emulsifying agent. *Journal of Food Engineering* 97: 243-252.
- Liu H, Xu XM and Guo ShD, 2007. Rheological, texture and sensory properties of low-fat mayonnaise with different fat mimetics. *LWT* 40: 946- 954.
- Mangino ME, 1994. Protein interactions in emulsions: protein-lipid interactions. Pp. 147-180. In: Hettiarachchy NS and Ziegler GR (eds). *Protein functionality in food systems*. M Dekker, New York.
- Maruyama K, Sakashita T, Hagura Y and Suzuki K, 2007. Relationship between rheology, particle size and texture of mayonnaise. *Food Science and Technology Research* 13: 1-6.
- McClements DJ, 2009. Biopolymers in Food Emulsions. Pp. 129-166. In: Kasapis S, Norton IT and Ubbink JB (eds). *Modern Biopolymer Science*. Elsevier, London.
- Mine Y, 1999. Emulsifying characterization of hens egg yolk proteins in oil-in-water emulsions. *Food Hydrocolloids* 12: 409-415.
- Mun S, Kim YL, Kang CG and Park KH, 2009. Development of reduced-fat mayonnaise using 4 $\alpha$ GTASE modified rice starch and xanthan gum. *International Journal of Biological Macromolecules* 44: 400-407.
- Sadar LN, 2004. Rheological and textural characteristics of copolymerized hydro colloidal solutions containing curdlan gum. MSc thesis, University of Maryland, Maryland.
- Steffe JF, 1996. *Rheological methods in food process engineering*, Freeman, East Lansing.
- Su HP, Lien ChP, Lee TA and Ho RS, 2010. Development of low-fat mayonnaise containing polysaccharide gums as functional ingredients. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 90: 806-812.
- Sworn G, 2000. Xanthan gum. Pp. 103-115. In: Phillips GO and Williams PA (eds). *Hand book of hydrocolloids*. Wood head, Cambridge.
- Szczesniak A, Brandt Mand Freidman H, 1963. Development of Standard Rating Scales for Mechanical Parameters and Correlation between the Objective and Sensory Texture Measurements. *Food Technology* 28: 397-403.
- Worrasinchai S, Suphantharika M, Pinjai S and Jamnong P, 2006.  $\beta$ -Glucan prepared from spent brewer's yeast as a fat replacer in mayonnaise. *Food Hydrocolloids* 20: 68-78.
- Wolf WJ, 1970. Soybean proteins: Their functional, chemical and physical properties. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 18: 969-976.