

Production of Reduced Fat Mayonnaise Using Stabilized Nano Emulsion with Casein Complex Pickerings and Shirazi Gadomeh Gum

A. Modiri- dovom,¹A. Arianfar*¹, Sara Naji-Tabasi², V. Hakimzadeh¹

Introduction

Mayonnaise is one of the products which is widely used in most countries. This product, apart from the taste Desirable as a seasoning It creates in food, an effective role in providing nutrients and it has the necessary energy for humans. Dietary mayonnaise, the food product is semi-solid or liquid that from emulsification Fat substitutes and vegetable oils with vinegar and other additives are prepared and has less energy and fat It consists of mayonnaise and salad dressing. Fat has the most calories (9 kcal/g) compared to Protein and carbohydrates (4 kcal/g) provides.

Mayonnaise is an oil-in-water emulsion and due to having high amounts of fat It causes cardiovascular diseases It is found in consumers. If used from lower amounts of oil To create texture Suitable for use Thickeners It occurs in mayonnaise Gums are part of Construction formula are Most sauces. Due to the great desire to consume low-fat products and also the wide use of this sauce Production of low-fat mayonnaise is important. The purpose of this research Production of reduced fat mayonnaise Using stabilized nano emulsion It is with casein complex Pickering and Gadomeh Shirazi gum.

Materials and method

Mayonnaise with reduced oil Contains 30, 40 and 50 percent Pickering emulsion replacement oil respectively at the level of 42, 32 and 22 percent produced and compared with the control sample. Centrifugal and time stability tests, Textural features, Color characteristics, morphology, Organoleptic properties Sauce samples were evaluated.

Results and Discussion

The results showed As the replacement percentage increases Nano emulsion containing Pickering particles and reducing the percentage of fat in mayonnaise Emulsion stability She found her mayonnaise sauce Although at a replacement level of 30% nano emulsion, this decrease in stability was not significant($P < 0.05$). In the time stability test Low-fat mayonnaise with an increase in the percentage of nano emulsion replacement, After 90 days significant difference between the control sample and mayonnaise No significant difference was observed with oil reduced by 30 and 40%. In the colorimetry test It showed that among the factors L^* , a^* , b Statistically with the sample There was a significant difference. ($P \leq 0/05$) .Brightness In the witness sample, it was 48/85 In connection with RFM50% the least complex of particles Gadomeh Shirazi gum and casein protein and in relation to RFM30% the most complex of particles Gadomeh Shirazi gum and casein were used. Due to the presence of nanoemulsion Contains complex particles Gadomeh Shirazi gum particles and protein. The brightness has decreased In general, from the RFM50% sample Up to RFM 30% samples simultaneous with increasing amount of nanoemulsion and reduce the amount of fat the brightness is reduced.

Conclusion

By replacing the nano emulsion and reducing the amount of fat in the structure of the sauce the amount of tissue stiffness decreased and pheneritis increased. The sensory test

of the samples showed, the witness sample has the most general acceptance. But there is a significant difference between the samples. There was no reduced-fat mayonnaise with the control. Investigating the characteristics of mayonnaise with reduced fat using Nanoemulsion stabilized with Complex Pickering Casein and Shirazi Gadomeh gum, the results showed that with the increase in the amount of oil up to 30%, sensory and texture characteristics in a meaningful way decreased. But oil reduction up to 50% in the presence of Pickering nanoemulsion preserved textural features and promoted in some cases. All emulsions produced favorable stability during storage and centrifugation. Best stability in control and sample RFM-30% was observed. Based on the results, use of nanoemulsion maintains quality characteristics of mayonnaise with oil especially reduced in the sample RFM 30%, it was. Also note to the point that Pickering emulsion structure in the digestive system has high stability against digestion, is hope Pickering nanoemulsion structure in the production of food products. Various low-fat items be investigated further.

Keywords: Pickering, casein, Gaduma Shirazi, mayonnaise sauce, Nano emulsion.

1. Department of Food Science and Technology, Quchan Branch, Islamic Azad University, Quchan, Iran.

2. Department of Food Nanotechnology, Research Institute of Food Science and Technology (RIFST) PO Box, 91895-157.356, Mashhad, Iran

(*Corresponding Author Email: a_aria_1443@yahoo.com)

تولید سس مایونز با چربی کاهش یافته با استفاده از نانوامولسیون پایدارشده با پیکرینگ های کمپلکس کازئین و صمغ قدومه شیرازی

آتنا مدیری دوم^۱، اکرم آریانفر^{۱*}، سارا ناجی طبسی^۲، وحید حکیمزاده^۱

۱- گروه علوم و صنایع غذایی، واحد قوچان، دانشگاه آزاد اسلامی، قوچان، ایران

نویسنده مسئول * (a_aria_1443@yahoo.com)

۲- گروه نانوفناوری مواد غذایی، مؤسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی، مشهد، ایران

چکیده

سس مایونز، امولسیون روغن در آب است و با توجه به دارا بودن مقادیر بالای چربی موجب بروز بیماریهای قلبی-عروقی در مصرف کنندگان می‌گردد. با توجه به تمایل زیاد به مصرف محصولات کم‌چرب و همچنین استفاده گسترده از این محصول، تولید سس مایونز کم‌چرب حائز اهمیت است. هدف از انجام این پژوهش تولید سس مایونز با چربی کاهش یافته با استفاده از نانوامولسیون پایدارشده با پیکرینگ‌های کمپلکس کازئین و صمغ قدومه شیرازی است. سس مایونز با روغن کاهش یافته ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درصد روغن با جایگزینی امولسیون پیکرینگ به ترتیب در سطح ۴۲، ۳۲ و ۲۲ درصد تولید و با نمونه شاهد مقایسه شد. پایداری سانتیفریوژی و زمانی، ویژگی‌های بافتی، خصوصیات رنگی، مورفولوژی، خصوصیات ارگونولپتیکی نمونه‌های سس مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد با افزایش درصد جایگزینی نانوامولسیون حاوی ذرات پیکرینگ و کاهش درصد چربی، میزان پایداری امولسیون سس کاهش یافت. اگرچه در سطح جایگزینی ۳۰ درصد نانوامولسیون این کاهش پایداری معنادار نبود ($P < 0.05$). در آزمون پایداری زمانی سس مایونز کم‌چرب با افزایش درصد جایگزینی نانو امولسیون، پس از ۹۰ روز تفاوت معنی‌داری بین نمونه شاهد و سس مایونز با روغن کاهش یافته ۳۰ و ۴۰ درصد تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. با جایگزینی نانوامولسیون و کاهش میزان چربی در ساختار سس میزان سفتی بافت کاهش و فنریت افزایش یافت. آزمون حسی نمونه‌ها نشان داد، نمونه شاهد بیشترین پذیرش کلی را داراست ولی تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌های سس مایونز با چربی کاهش یافته با شاهد وجود نداشت.

واژه‌های کلیدی: پیکرینگ، کازئین، قدومه شیرازی، سس مایونز، نانوامولسیون.

مقدمه

سس مایونز از جمله محصولات است که در اکثر کشورها مصرف فراوانی دارد. این محصول، گذشته از طعم مطلوبی که به عنوان یک چاشنی در غذا ایجاد می‌نماید، نقش موثری در تامین مواد مغذی و انرژی لازم برای انسان دارد. سس مایونز رژیمی، فرآورده غذایی نیمه جامد یا سیال است که از امولسیون شدن جانشین‌های چربی و روغن‌های گیاهی به همراه سرکه و افزودنی‌های دیگر آماده می‌شود و دارای انرژی و چربی کمتر از سس مایونز و سس سالاد می‌باشد (Yazdanpanah, 2020). چربی بیشترین کالری (9 kcal/g) را در مقایسه با پروتئین و کربوهیدرات (4 kcal/g) فراهم می‌نماید (Seyfoddin et al., 2017). از طرف دیگر افزایش آگاهی مردم به عنوان مصرف کننده محصولات دارای چربی نسبت به مسائل مربوط به سلامتی، تولیدکنندگان را برآن داشته تا به دنبال راهکاری موثر برای غلبه بر این مشکل باشند. بنابراین مصرف کنندگان تمایل به مصرف سس مایونز کم‌چرب پیدا کرده‌اند. مهندسی مواد غذایی، جایگزین‌های کم‌کالری و بدون کالری متعددی را به منظور تولید محصولات کم‌چرب توسعه دادند.

در صورت استفاده از مقادیر کمتر روغن جهت ایجاد بافت مناسب نیاز به استفاده قوام دهنده ها در سس مایونز به وجود می‌آید. صمغ ها جزئی از فرمول ساخت اکثر سس‌ها هستند (Aslanzadeh *et al.*, 2014). این پلی ساکاریدها با افزایش غلظت فاز پیوسته موجب کاهش چسبندگی و متراکم شدن قطرات چربی و کاهش احتمال برخورد اتصال این قطرات به یکدیگر از طریق کاهش آزادی حرکت قطرات پراکنده امولسیون گریده و در نتیجه موجب ثبات امولسیون میشود (Yazdanpanah, 2020). روش دیگر ابرای کاهش چربی استفاده از ساختار امولسیونی است. امولسیون‌ها به‌طور گسترده در صنایع غذایی از جمله نوشیدنی‌ها، نانویاها، لبنیات ها و فرآورده های گوشتی مختلف استفاده می‌شوند. موضوع مهمی که در عوامل تثبیت‌کننده نقش محوری دارند پایداری سیستم امولسیون است. در مطالعات متعددی از ساختارهایی چون ساختار امولسیون دوگانه، نانوامولسیون (Silva *et al.*, 2018) و میکرووامولسیون (Mahmoud *et al.*, 2016) به عنوان جایگزین چربی استفاده نمودند. علاوه بر این تحقیقات پیشین از نانوامولسیون برای کاهش چربی در محصولات غذایی چون کیک و بستنی استفاده نمودند (Aswathanarayan and Vittal, 2019; Meral *et al.*, 2022; Yazdanpanah, 2020). از اینرو هدف از این پژوهش استفاده از نانوامولسیون پایدار شده با ذرات پیکرینگ کازئین -صمغ قدومه شیرازی به عنوان جایگزین چربی در سس مایونز است.

یکی از روش‌های جدید تشکیل امولسیون، امولسیون پیکرینگ است، در این روش به جای استفاده از عوامل فعال‌کننده سطحی از ذرات جامد برای پایداری امولسیون استفاده می‌شود (Linke and Drusch, 2018). این امولسیون‌ها باتوجه به ایجاد مانع فیزیکی در برابر پدیده ادغام شدن پایداری بالایی دارند. در امولسیون پیکرینگ‌ها آبرعکس امولسیون‌های کلاسیک برای پایداری نیاز به امولسیفایرهای سنتزی ندارد و از بیوپلیمرهای طبیعی مثل پروتئین و پلی ساکارید استفاده می‌شود (Hedjazi *et al.*, 2019). از اینرو هدف اول این پژوهش، استفاده از نانوذرات کازئین-صمغ قدومه شیرازی^۳ به عنوان ذرات پیکرینگ برای پایداری نانوامولسیون است. کازئین نوعی از پروتئین شیر است و همان چیزی است که به شیر رنگ سفید می‌دهد. حدود ۸۰٪ از پروتئین موجود در شیر گاو، از نوع کازئین است. پروتئین کازئین در محیط آبی به شکل کروی هست که سطح آن آبدوست و هسته آن آبگریز است بنابراین قابلیت تشکیل میسل پایدار را دارد (Haratifar and Guri, 2017). با افزودن اتصال دهنده می توان موجب تجمع ذرات پروتئینی شده و تشکیل ساختارهای نانو دارد. برهمکنش پروتئین و پلی ساکاریدها نقش مهمی در ساختار مواد غذایی و پایداری آنها در توسعه فرمولاسیون جدید دارد. برهمکنش پلیمرهای ماکرومولکولی موضوع مهمی در تهیه نانوذرات است (Sarraf *et al.*, 2021).

قدومه شیرازی با نام علمی *Alyssum homolocarpum* شناخته می‌شود و جنسی متشکل از ۱۷۰-۱۰۰ گونه و از خانواده *Cruciferae* می‌باشد. دانه قدومه پس از قرار گرفتن در آب، لعابی تولید می‌کند که به عنوان نرم‌کننده سینه، رفع درد گلو و گرفتگی صدا، ضد سرفه و سنگ شکن مصرف سنتی دارد. صمغ بدست آمده از دانه قدومه شیرازی کاربردهای مختلفی به عنوان

¹ casein

² Pickering.

³ *Alyssum homolocarpum*

قوم‌دهنده و تثبیت‌کننده امولسیون دارد (Alipour et al., 2015). صمغ قدومه شیرازی با جذب آب می‌تواند خصوصیات سطحی از خود نشان دهد که این قابلیت توانایی کاهش کشش سطحی را دارد. تحقیقات پیشین نشان داده است که این صمغ قادر به تشکیل نانوذرات است. خوش اخلاق و همکاران (۲۰۱۷) با استفاده از صمغ قدومه شیرازی، د-لیمونن را با روش الکترواسپری ریزپوشانی کردند و ذراتی در حدوده نانو بدست آوردند (Khoshakhlagh et al., 2017).

با توجه به ضررات اثرات زیان‌بار چربی در سس مایونز و اهمیت استفاده از ذرات بیوپلمری به عنوان جایگزین امولسیفایرهای کلاسیک، هدف از این مطالعه استفاده از نانوامولسیون پایدار شده با ذرات پیکرینگ کمپلکس پروتئین کازئین-صمغ قدومه شیرازی جهت تولید سس مایونز با چربی کاهش یافته است. در این تحقیق ویژگی‌های بافتی، رنگی، میزان پایداری و ویژگی‌های حسی سس مایونز مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش

مواد اولیه

پروتئین کازئین از شرکت سیگما (آلمان) تهیه شد و روغن تجاری آفتاب‌گران لادن، تخم مرغ، سرکه، نمک، شکر از بازار محلی و دانه‌های قدومه شیرازی از فروشگاه گیاهان دارویی در شهر مشهد و مواد آزمایشگاهی مورد استفاده (SDS, HCL, NaOH, نمک کلسیم کلراید) از شرکت مرک (آلمان) خریداری شدند. برای تهیه کلیه محلول‌ها از آب دیونیزه استفاده شد.

روش استخراج قدومه شیرازی

جهت استخراج صمغ دانه قدومه شیرازی، دانه‌ها به مدت ۲۰ دقیقه با آب مقطر (نسبت آب به دانه ۲۰ به ۱) در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد و $pH=6$ مخلوط شدند. در نهایت جداسازی موسیلاژ با عبور دانه‌های متورم‌شده از یک اکستراکتور (استخراج‌کننده آزمایشگاهی پارس خزر، ساخت ایران) صورت گرفت. صمغ جمع‌آوری شده در آن با جریان هوای ۴۵ درجه سانتی‌گراد خشک گردید (Alipour et al., 2015). صمغ دانه قدومه شیرازی دارای ۲/۰۶ درصد پروتئین، ۶/۳ درصد خاکستر و ۷/۲ درصد رطوبت بود.

تهیه پیکرینگ‌های کمپلکس صمغ قدومه شیرازی و پروتئین کازئین

تهیه ذرات پیکرینگ بر اساس روش مدیری و همکاران (۲۰۲۲) انجام شد. محلول پروتئین کازئین ۲ درصد و صمغ قدومه شیرازی ۰/۰۵ درصد تهیه و به منظور بیشینه جذب آب به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. پروتئین کازئین داخل بن‌ماری (F26ED - JULABO و ساخت کشور آمریکا) در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد به مدت نیم ساعت قرار داده و سپس سرد شد. محلول کازئین با دور ۶۰۰۰ به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ (Z23HK - HERMIE و ساخت کشور آلمان) و سرم آن با صمغ قدومه شیرازی مخلوط شد. جهت تشکیل کمپلکس PH محلول پروتئین-پلی ساکارید روی ۶/۵ تنظیم گردید و سپس برای تشدید تشکیل ذرات، نمک کلسیم کلراید ۰/۵ مولار اضافه شد. در نهایت عمل صوت‌دهی ذرات با قدرت ۴۰ به صورت پالسی و به مدت

۶۰ ثانیه (VCX750- SONICS، ساخت انگلستان) انجام شد، در این مرحله پیکرینگ کمپلکس صمغ قدومه شیرازی و پروتئین کازئین تشکیل شد.

روش تهیه امولسیون پیکرینگ

تهیه امولسیون بر اساس روش ناجی و همکاران (۲۰۱۹) با کمی تغییرات انجام شد برای تهیه امولسیون پیکرینگ از ذرات پیکرینگ کمپلکس کازئین-صمغ قدومه شیرازی استفاده شد. در ادامه روغن آفتابگردان به آرامی به محلول ذرات جامد تحت هموژنایزر (ولتراکس تی ۲۵، IKA آلمان) با سرعت ۶۰۰ دور در دقیقه اضافه شد. همگن سازی امولسیون در ۱۶۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۳ دقیقه انجام و در ادامه تحت صوت دهی با قدرت ۴۰ به مدت ۶۰ ثانیه ۱- ثانیه پالسی با پروب ۱۹ (VCX750- SONICS) و ساخت انگلیس (Naji-Tabasi et al., 2021) قرار گرفت.

تهیه سس مایونز

برای تهیه سس مایونز، نمک، شکر، سرکه سفید و آب را باهم مخلوط کرده و با استفاده از دستگاه هم زن (EUROSTAR – digital) و ساخت کشور آلمان) به خوبی مخلوط گردید. جهت تولید سس مایونز با روغن کاهش یافته، نانوامولسیون به تدریج به مخلوط فوق در حین مخلوط شدن اضافه گشت و به مدت ۵ دقیقه با هم زن مخلوط شد و سپس تخم مرغ اضافه شد و کاملاً مخلوط گردید تا ترکیبی یکنواخت حاصل شد. در این مرحله روغن با ریزش مداوم و به صورت یکنواخت اضافه گردید. در همه نمونه ها شکر، سرکه سفید، زرده تخم مرغ، نمک به میزان ثابت در تمام فرمول ها اضافه شد. سس مایونز با روغن کاهش یافته حاوی ۳۰ (RFM30%)، ۴۰ (RFM40%) و ۵۰ (RFM50%) درصد روغن با جایگزینی امولسیون پیکرینگ به ترتیب در سطح ۴۲، ۳۲ و ۲۲ درصد تولید و با نمونه شاهد (روغن ۶۸ درصد) مقایسه شد. در نهایت نمونه های سس مایونز تهیه شده جهت انجام آزمون های بعدی در دمای یخچال نگهداری شدند (Yazdanpanah, 2020).

پایداری سانتریفیوژی

آزمون پایداری سانتریفیوژی بر اساس روش اکبری و همکاران (۱۳۹۴) با کمی تغییرات انجام شد. نمونه ها درون لوله های استریل مدرج شده ریخته با دور ۴۵۰۰ به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ (Hettich, Germany) گردید. سپس بر اساس حجم فازهای جدا شده، پایداری امولسیون براساس رابطه ۱ اندازه گیری شد (Akbari et al., 2016).

$$ES = \frac{VF}{Vi} \quad (1)$$

؛ VF ؛ حجم اولیه امولسیون و Vi ، حجم بعد از سانتریفیوژ است.

آزمون پایداری زمانی سس مایونز کم چرب

پس از تهیه نمونه های مایونز، ۱۰ میلی لیتر از امولسیون در لوله فالکون ۱۵ میلی لیتر ریخته شد و پس از بستن درب آن ها، به مدت ۲ ماه در دمای ۴ درجه سانتی گراد نگهداری شد. میزان این شاخص با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (Kh, 2013).

$$\frac{\text{ارتفاع لایه خامه ای}}{\text{ارتفاع کل امولسیون}} = \text{خامه ای شدن}$$

آزمون بررسی ویژگی‌های بافتی

آزمون بافت سنجی بر اساس روش ناجی طیبی و همکاران، ۱۳۹۹ جهت اندازه گیری ویژگی‌های بافتی نمونه‌های سس مایونز (نظیر سفتی، قوام و چسبندگی)، از آزمون اکستروژن پسر^۴ انجام گرفت. دستگاه آنالیز بافت (TAXT PLUS/ stable micro system ساخت کشور انگلیس) با پروب دیسکی شکل با قطر ۳۵ میلی متر با سرعت ۱/۵ میلی متر بر ثانیه و میزان فشردگی ۵۰ درصد ارتفاع نمونه برای بررسی خصوصیات بافت سس مایونز استفاده شد. تمام آزمون‌ها در دمای محیط ۲۵ درجه سانتی گراد انجام گردید (Liu et al., 2007).

آزمون رنگ سنجی

آزمون رنگ سنجی بر اساس روش Benbettaïeb, et al 2014 با کمی تغییرات انجام شد. جهت انجام آزمون رنگ سنجی، تصویربرداری از نمونه‌های سس مایونز با دستگاه اسکنر (CanoScan LiDE 220 ساخت کشور ویتنام) انجام شد. سپس شاخص‌های رنگی L^* ، a^* و b^* با نرم افزار ImageJ استخراج شد (Benbettaïeb et al., 2014).

آزمون مورفولوژی ذرات سس مایونز کم چرب

برای بررسی ساختار سس مایونز، میکروسکوپ نوری (Iabomed- IX400 و ساخت کشور آمریکا) مجهز به دوربین عکاسی استفاده شد. نمونه‌ها توسط محلول SDS ۰/۱ درصد به نسبت ۱ به ۱۰ رقیق شد، سپس یک قطره از نمونه روی یک اسلاید قرار گرفت و در بزرگنمای ۴۰۰ تصویرها تهیه شد (Koocheki et al., 2011).

آزمون ارزیابی حسی

جهت بررسی ویژگی‌های حسی سس مایونز کم چرب از گروه داوران چشایی متشکل از ۱۴ نفر در بازه سنی ۲۵ تا ۳۵ سال مذکر و مونث از دانشجویان تحصیلات تکمیلی رشته علوم و صنایع غذایی انتخاب شدند. برای این منظور نمونه‌ها در اختیار داوران چشایی قرار گرفت و از آنها خواسته شد در مقیاس هدونیک ۵ نقطه ای نسبت به امتیازدهی سس مایونز در خصوص پارامترهای رنگ، ظاهر، طعم، بافت، قوام، مالش پذیری و پذیرش کلی اعلام نظر نمایند. همچنین از داوران خواسته شد جهت از بین رفتن طعم ناشی از هر نمونه، در بین هر دو نمونه اندکی از آبی که در اختیار آنها قرار گرفته بود استفاده کنند.

آنالیز آماری

برای تجزیه و تحلیل آماری نتایج از طرح کاملاً تصادفی ساده استفاده گردید. داده‌ها توسط آنالیز واریانس (ANOVA) و اختلاف بین میانگین‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS به روش آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح معنی داری ۰/۰۵ مورد مقایسه قرار گرفتند.

⁴ Back extrusion

نتایج و بحث

نتایج آزمون پایداری سانتریفیوژی

نتایج آزمون پایداری سانتریفیوژی در جدول ۱ خلاصه شده است. همان طور که مشاهده می شود با افزایش درصد نانوامولسیون و کاهش میزان چربی پایداری امولسیون سس مایونز کاهش یافته است. اگرچه اختلافات معنی داری بین درصد پایداری تیمارهای نمونه کنترل و RFM-50% مشاهده نشد ($P \geq 0.05$). با کاهش میزان چربی میزان پایداری کاهش معنی دار بود ($P < 0.05$). پایداری امولسیون به توانایی یک امولسیون در مقابله با ایجاد تغییر در خصوصیاتش اشاره دارد؛ بدین معنی که خصوصیات یک امولسیون بسیار پایدار به کندی تغییر می کند. ممکن است امولسیون به دلایل متفاوتی از قبیل فرایندهای شیمیایی و فیزیکی ناپایدار شود. سس مایونز شاهد، یک امولسیون غلیظ است. در این سس، قطرات امولسیون به هم نزدیک هستند، از اینرو تا وقتی که نیروی پایدارکننده قوی تر از نیروی جاذب میان قطرات هستند، حرکت قطرات محدود بوده و امولسیون پایدار می ماند (McClements, 2004). با کاهش میزان چربی و ورود نانوامولسیون به سیستم سس، حرکت قطران امولسیون بیشتر خواهد شد که باعث افزایش ناپایداری سیستم می شود. اگرچه با توجه با استفاده از نانوامولسیون که توسط ذرات پیکرینگ پایدار شده اند به داخل ساختار امولسیون، از ناپایداری سیستم جلوگیری و این ذرات خود در ایجاد ساختار مستحکم تر در امولسیون می توانند شرکت کنند.

جدول ۱- پایداری سانتریفیوژی و زمانی سس مایونز
Centrifugal stability And sometimes mayonnaise-Table1

Sample نمونه	1 day ۱ روز (%)	14 days ۱۴ روز (%)	30 days ۳۰ روز (%)	60 days ۶۰ روز (%)	90 days ۹۰ روز (%)	پایداری سانتریفیوژی Centrifugation stability (%)
control	100.00±0.00aA	100.00±0.00aA	100.00±0.00aA	95.05±1.06aB	92.20±0.98aC	83.65±0.77a
RFM-50%	100.00±0.00aA	100.00±0.00aA	100.00±0.00aA	93.60±0.98bB	90.75±1.06aC	83.55±0.63a
RFM-40%	100.00±0.00aA	100.00±0.00aA	96.50±0.98bB	91.56±1.90cC	90.70±1.00aD	82.95±0.21a
RFM-30%	100.00±0.00aA	100.00±0.00aA	95.05±1.06bB	90.75±1.06cC	88.50±0.70bD	81.95±0.21a

* حروف کوچک و بزرگ به ترتیب نشان دهنده تفاوت معنی دار بین نمونه ها و طی زمان نگهداری می باشد (آزمون دانکن، $P \leq 0.05$).

* Centrifugal stability And sometimes mayonnaise Uppercase and lowercase letters In order of indication Significant difference between samples and During the storage period (Duncan's test, $P \geq 0.05$).

پایداری زمانی

نتایج آزمون پایداری زمانی نشان داد، تمامی نمونه ها تا دو هفته اول پایداری کامل داشتند (جدول ۱). با افزایش کمپلکس صمغ قدومه شیرازی و پروتئین کازئین پایداری امولسیون در مدت زمان ۹۰ روز نگهداری افزایش یافته است. به طور کلی پایداری سیستم امولسیونی روغن در آب طی نگهداری آنها، به نوع و عملکرد لایه تشکیل شده بر سطح فصل مشترک قطرات روغن با آب مربوط می شود. چرا که این ترکیب ماکرومولکول با گذشت زمان فرصت کافی خواهد داشت تا با تشکیل یک غشاء ضخیم بر سطح قطرات روغن از طریق مکانیسم دافعه، فضایی پایداری بیشتری فراهم کند. یکی از دلایل این امر افزایش ویسکوزیته امولسیون و احتمال

تشکیل شبکه سه بعدی به علت حضور قطرات پایدار شده توسط ذرات باشد، با توجه به قانون استوکس، سرعت روبه بستن با گرانیوی رابطه عکس داشته و با افزایش ویسکوزیته سرعت رو به بستن کاهش می یابد. اگرچه کاهش چربی و افزایش نانوامولسیون گرانیوی سیستم را کاهش می دهد. می توان دریافت که حضور نانو امولسیون باعث ایجاد امولسیون با ثبات تر با استحکام مکانیکی بالاتری میشود. دادپور و همکاران (۱۳۹۹)، با بررسی ویژگی های فیزیکوشیمیایی تولید سس مایونز کم چرب با استفاده از نانو امولسیون عصاره میوه سپستان دریافتند که با افزودن نانوامولسیون پایداری سیستم امولسیون سس مایونز افزایش یافته است، اگرچه نمونه با جایگزینی ۱۰۰ درصد چربی با نانوامولسیون نسبت به سایر تیمارها پایداری حرارتی کمتری داشته که دلیل کاهش پایداری را به افزایش میزان فاز آبی و کاهش غلظت و در نتیجه آن کاهش گرانیوی نسبت داده اند (Dadpour et al., 2021).

ویژگی های بافتی

ویژگی های بافتی نمونه های سس مایونز کم چرب در جدول ۲ گزارش شده است ($P \leq 0/05$). نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که تفاوت معنی داری بین سختی نمونه کنترل و ۵۰٪ RFM وجود ندارد. با افزایش جایگزینی چربی با نانوامولسیون سختی کاهش یافت. با کاهش چربی و افزودن نانوامولسیون فنریت و قوام نیز روند کاهشی داشت. چسبندگی نمونه های کم چرب نسبت به نمونه کنترل بیشتر بود که بیشترین مقدار در نمونه ۳۰٪ RFM مشاهده شد ($P \leq 0.05$). به علت دو شاخص چسبندگی و انسجام جهت گسترش پذیری سس مایونز بر روی مواد غذایی و حفظ ساختار در حین اعمال تنش های کوچک حائز اهمیت می باشد بهبود و برتری این دو فاکتور در نمونه ۵۰٪ RFM بسیار مطلوب و ناشی از ایجاد ساختار مناسب می باشد. بدین صورت که نانوامولسیون به عنوان یک روان ساز عمل کرده که این باعث انعطاف پذیری بیشتر شده است. دادپور و همکاران (۲۰۲۱) نیز با جایگزینی نانوامولسیون میوه سپستان در سس مایونز کم چرب به عنوان جایگزین چربی شاهد کاهش مقادیر خصوصیات بافتی بودند. این محققین گزارش کردند که با توجه به اینکه مایونز نوعی امولسیون با ساختار ویسکوالاستیک است، با کاهش میزان روغن قادر به ایجاد ساختار منسجم برای ایجاد خصوصیات بافتی مطلوب با نانوامولسیون نخواهد بود. همان طو که در تصویر ۱ نیز مشاهده می شود با کاهش چربی میزان ترامن قطرات روغن کاهش یافته است که بر ویژگی های بافتی سس مایونز اثر گذار است. اردستانی و همکاران (۱۳۹۷)، بررسی خواص رئولوژیکی و بافتی سس مایونز کم چرب تهیه شده با استفاده از منو و دی گلسیرید و صمغ های گوار و زانتان نتایج نشان داد با افزایش استفاده از صمغ گوار به میزان ۰/۶۶۷ در ترکیب با صمغ زانتان به میزان ۰/۱۶۷ درصد باعث کاهش شاخص قوام تیمارهای سس مایونز گردید (اردستانی و همکاران، ۱۳۹۷).

جدول ۲- بافت سنجی سس مایونز

Table 2- histology mayonnaise sauce

Sample نمونه	Hardness (g) سفتی (گرم)	Springiness (mm) فنریت (mm)	consistency قوام (گرم.ثانیه)	Adhesiveness (g.s) چسبندگی (گرم.ثانیه)	Apparent modulus of elasticity (g/s) مدول ظاهری الاستیسیته (گرم بر ثانیه)
control شاهد	68.61 ± 4.41 ^a	18.60 ± 1.08 ^a	1125.85 ± 124.51 ^a	-678.59 ± 85.53 ^c	3.92 ± 0.43 ^b

RFM-50%	66.82 ± 9.40 ^a	11.61 ± 1.58 ^b	612.17 ± 2.01 ^b	-454.20 ± 41.05 ^b	5.67 ± 1.08 ^a
RFM-40%	32.68 ± 2.52 ^b	13.72 ± 1.23 ^b	393.77 ± 69.54 ^c	-269.08 ± 35.77 ^a	4.24 ± 0.34 ^{ab}
RFM-30%	19.90 ± 0.16 ^b	14.23 ± 1.63 ^b	254.73 ± 34.83 ^c	-179.10 ± 13.23 ^a	3.27 ± 0.00 ^b

* حروف مختلف نشان دهنده تفاوت معنی دار بین نمونه‌ها می‌باشد (آزمون دانکن، $P \leq 0.05$).

*Different letters the indicator Significant difference It is between samples (Duncan's test, $P \geq 0.05$).

نتایج آزمون رنگ سنجی

شاخص L^* معرف میزان روشنی نمونه می‌باشد و دامنه آن از صفر (سیاه خالص) تا ۱۰۰ (سفید خالص) متغیر است. شاخص a^* میزان نزدیکی رنگ نمونه به رنگ‌های سبز و قرمز را نشان می‌دهد و دامنه آن از -۱۲۰ (سبز خالص) تا ۱۲۰ (قرمز خالص) متغیر است. شاخص b^* میزان نزدیکی رنگ نمونه به رنگ‌های آبی و زرد را نشان می‌دهد و دامنه آن از -۱۲۰ (آبی خالص) تا ۱۲۰ (زرد خالص) متغیر می‌باشد (Sun, 2008). ظاهر مایونز عمدتاً با میزان سفیدی (روشنی) آن سنجیده می‌شود، زیرا این فاکتور تاثیر بسزایی در میزان پذیرش مصرف کننده دارد. نتایج آزمون رنگ‌سنجی نشان داد (جدول ۲)، میان فاکتورهای a^* ، b^* ، L^* نمونه‌های سس مایونز از لحاظ آماری با نمونه شاهد تفاوت معناداری وجود داشت ($P \leq 0.05$). میزان روشنایی در نمونه شاهد ۸۵/۴۸ بوده در ارتباط با ۵۰٪ RFM کمترین کمپلکس ذرات صمغ قدومه شیرازی و پروتئین کازئین و در ارتباط با ۳۰٪ RFM بیشترین کمپلکس ذرات صمغ قدومه شیرازی و کازئین استفاده شد. به دلیل حضور نانوامولسیون حاوی ذرات کمپلکس ذرات صمغ قدومه شیرازی و پروتئین، میزان روشنایی کاهش یافته است به طور کلی که از نمونه ۵۰٪ RFM تا نمونه ۳۰٪ RFM همزمان با میزان افزایش نانوامولسیون و کاهش چربی میزان روشنایی کاهش یافته است. اگرچه میزان روشنایی نمونه کنترل و ۵۰٪ RFM تفاوت معنی داری وجود نداشت ($P > 0.05$). دادپور و همکاران (۲۰۲۰) نیز به نتایج مشابهی با استفاده از نانوامولسیون عصاره میوه سپستان در ساختار سس مایونز کم چرب دست یافتند (dadpour and Yazdanpanah, 2020). آنها گزارش کردند که علت کاهش L^* سس‌های کم‌چرب، کم بودن شفافیت عصاره میوه نسبت به روغن مورد استفاده است. از سوی دیگر بر اساس تصاویر میکروسکوپی (شکل ۱)، با کاهش روغن میزات ذرات روغن در فاز آبی کاهش یافته است و فاز آبی که حاوی ذرات کمپلکس پروتئین و پلی‌ساکاریدی است نقش اصلی را در افتراق نور و ایجاد پارامترهای رنگی دارد. با بررسی فاکتور a با توجه به این که محدوده اعداد منفی بیانگر گرایش محصول به سمت رنگ سبز می‌باشد مشخص می‌گردد نمونه ۵۰٪ RFM که a آن -0.83 و نمونه ۴۰٪ RFM که a آن -0.97 می‌باشد بیشترین تمایل را به سمت رنگ سبز دارد این امر نشان می‌دهد با افزایش کمپلکس ذرات صمغ قدومه شیرازی و پروتئین کازئین به شاهد تمایل نمونه‌ها به سمت قرمز افزایش می‌یابد. اگرچه همه پارامترها نزدیک به صفر است (۱/۷۹-۰/۸۳). مقادیر b^* در تمامی نمونه‌ها مثبت بود که بیانگر تمایل به سمت رنگ زرد است. با کاهش مقدار چربی و افزایش درصد نانوامولسیون مقدار b^* افزایش یافت ($P < 0.05$).

جدول ۳- ویژگی‌های رنگی سس مایونز با روغن کاهش یافته.

Table 3- Color features mayonnaise sauce With reduced oil.

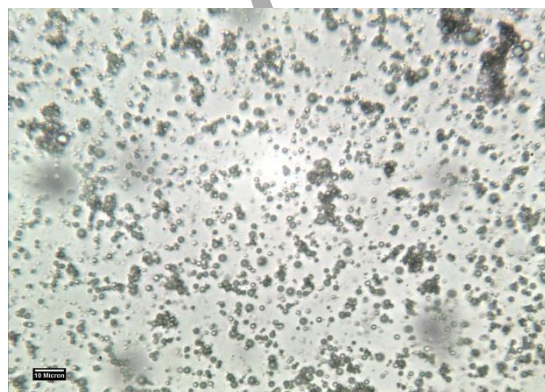
Sample نمونه	L*	a*	b*
control	85.48 ± 0.09 ^a	1.79 ± 0.01 ^a	13.59 ± 0.21 ^d
RFM-50%	85.61 ± 0.24 ^a	-0.83 ± 0.07 ^d	14.72 ± 0.37 ^c
RFM- 40%	84.38 ± 0.18 ^b	-0.97 ± 0.04 ^c	16.20 ± 0.00 ^b
RFM- 30%	82.68 ± 0.27 ^c	1.20 ± 0.02 ^b	17.05 ± 0.06 ^a

* حروف مختلف نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین نمونه‌ها می‌باشد (آزمون دانکن، $P \leq 0.05$).

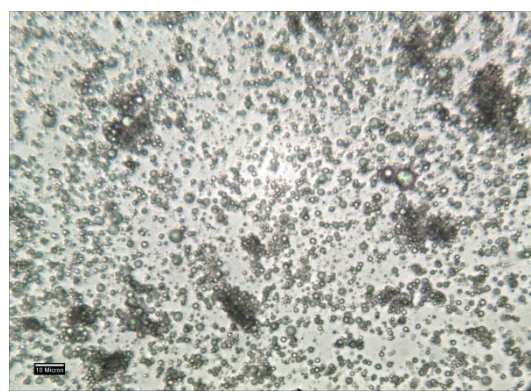
* Different letters the indicator Significant difference It is between samples (Duncan's test, $P \geq 0.05$).

مورفولوژی امولسیون سس مایونز

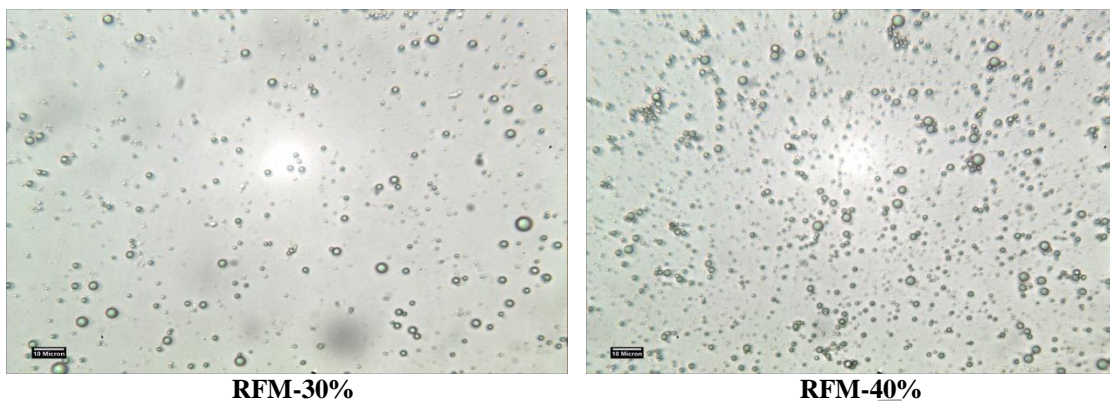
میکروسکوپ نوری برای تعیین اندازه ذرات و ریز ساختار نمونه‌هایی ساخته شده مورد استفاده قرار گرفت. همه نمونه‌ها شامل قطرات چربی توزیع شده در یک محیط آبی بودند. از نظر اندازه ذرات، تفاوت قابل توجهی بین نمونه‌ها مشاهده نشد. اگرچه در نمونه کنترل، بین قطرات روغن فلکولاسیون‌های بزرگی قابل مشاهده است. با کاهش مقدار قطرات روغن، این فلکول‌ها کوچکتر شدند. ریز ساختار مایونز می‌تواند تحت تاثیر عوامل زیادی از جمله نوع و غلظت امولسیفایر و عوامل پایدار کننده و نیز غلظت و ویسکوزیته فاز روغنی تغییر کند. به علاوه شرایط عملیاتی نظیر روش و شدت هموژنیزاسیون نیز مهم است (Mun *et al.* 2009). با افزایش درصد نانوامولسیون و کاهش روغن (RFM 30%)، ذرات کاملاً مجزا از یکدیگر شدند. استفاده از نانوامولسیون و مقدار کمتر چربی، همزمان با افزایش قابلیت دستگاه برای همگن کردن امولسیون، فلکول‌ها شکسته و در نمونه RFM 30%، قطرات کاملاً مجزا مشاهده گردید. پیشان و همکاران (۱۳۹۸)، بررسی ویژگی‌های رئولوژیکی و فیزیکوشیمیایی سس مایونز کم‌چرب بدون کلسترول با استفاده از نشاسته اکتینیل سوکسینات و صمغ فارسی نتایج نشان داد با افزایش صمغ پراکندگی بین ذرات بیشتر است (Pishan *et al.*, 2019).



RFM-50%



کنترل (Control)



شکل ۱- مورفولوژی امولسیون سس مایونز
Figure 1- Emulsion morphology mayonnaise sauce

ارزیابی حسی

نتایج به دست آمده از پارامترهای حسی تیمارهای مایونز شامل ظاهر، رنگ، طعم، گسترش پذیری، قوام، بافت و پذیرش کلی در جدول ۴ گزارش شده است. تمام نمونه ها از نظر ویژگی های حسی دارای اختلاف معنادار بودند ($P < 0/05$). نمونه کنترل بیشترین امتیاز را در تمام ویژگی های حسی دارا بود. اگرچه امتیازهای RFM-50% تفاوت معناداری با کنترل نداشت و از نظر ارزیابان مورد تایید بود. کمترین امتیاز مربوط به RFM30% بود که بیشترین میزان کاهش روغن را داشت. شمسایی و همکاران (۲۰۱۷)، اثر صمغ دانه ی ریحان و زانتان به عنوان جایگزین چربی بر خصوصیات سس مایونز کم چرب مورد بررسی قرار دادند و گزارش نمودند که کاهش میزان چربی و افزودن صمغ باعث کاهش پذیرش حسی می شود (Shamsaei *et al.*, 2017). طلوعی و همکاران (۲۰۱۱)، در تحقیقی که بر روی ویژگی های فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی سس مایونز کم چرب حاوی اینولین و پکتین انجام دادن گزارش کردند که نمرات ارزیابی گسترش پذیری نمونه های مایونز با افزایش میزان جایگزین کاهش می یابد (Toluee *et al.*, 2011). حضور ساختار نانوامولسیون پیکرینگ کازئین-قدمه توانسته بود خصوصیات بافتی شامل گسترش پذیری و قوام را افزایش دهد، اگرچه در مقادیر بالای کاهش روغن توانایی کمی برای ایجاد بافت مناسب داشته است. دادپور و یزدان پناه (۲۰۲۰) در بررسی ویژگی های حسی سس مایونز کم چرب حاوی نانو امولسیون عصاره میوه سپستان روند مشابهی گزارش کردند و کمترین سطح جایگزینی تفاوت معناداری با شاهد نداشت (dadpour and Yazdanpanah, 2020)

جدول ۴- ویژگی های حسی سس مایونز کم چرب حاوی نانوامولسیون در مقایسه با کنترل.

Table 4- Sensory properties Low fat mayonnaise Contains nanoemulsion compared to control

Sample نمونه	Appearance ظاهر	Color رنگ	Flavour طعم	Consistency قوام	Texture بافت	Spread ability گسترش پذیری	Overall acceptance پذیرش کلی
control	4.63±0.37 ^a	4.62±0.42 ^a	4.53±0.51 ^a	4.76±0.43 ^a	4.96±0.63 ^a	4.61±0.50 ^a	4.86± 0.37 ^a
RFM- 50%	4.44±0.66 ^{ab}	4.42±0.66 ^{ab}	4.30±0.63 ^{ab}	4.23±0.92 ^a	4.23±0.72 ^a	4.23±0.72 ^a	4.38± 0.65 ^a
RFM- 40%	4.24±0.70 ^b	4.11±0.95 ^b	4.23±0.86 ^b	3.61±0.76 ^b	4.23±0.76 ^a	4.23±0.77 ^a	4.38 ±0.63 ^b

RFM- 30% 4.12±0.81^b 4.15±0.80^b 3.76±0.73^b 3.23±0.59^b 3.30±0.62^b 3.07±0.75^b 3.46 ±0.66^b

* حروف مختلف نشان دهنده تفاوت معنی دار بین نمونه‌ها می‌باشد (آزمون دانکن، $P \leq 0.05$).

* Different letters the indicator Significant difference It is between samples (Duncan's test, $P \geq 0.05$).

نتیجه گیری

بررسی ویژگی های سس مایونز با چربی کاهش یافته با استفاده از نانوامولسیون پایدار شده با پیکرینگ های کمپلکس کازئین و صمغ قدومه شیرازی نتایج نشان داد که با افزایش کاهش میزان روغن تا ۳۰ درصد، ویژگی های حسی و بافتی به صورت معنی داری را کاهش یافت. اما کاهش روغن تا ۵۰ درصد در حضور نانوامولسیون پیکرینگ ویژگی های بافتی را حفظ و در مواردی ارتقا داد. تمام امولسیون های تولید شده از پایداری مطلوبی طی نگهداری و سانتیفریوژ برخوردار بودند. بهترین پایداری در نمونه کنترل و RFM-30% مشاهده شد. براساس نتایج، استفاده از نانوامولسیون باعث حفظ خصوصیات کیفی سس مایونز با روغن کاهش یافته بخصوص در نمونه RFM-30% شد. همچنین باتوجه به این نکته که ساختار امولسیون پیکرینگ ها در دستگاه گوارش پایداری بالایی در برابر هضم دارند، امید است ساختار نانوامولسیون پیکرینگ در تولید محصولات غذایی کم چرب مختلف مورد بررسی بیشتر قرار گیرد.

پایان
انتشار

- Akbari, E., Ghorbani, M., Sadeghi Mahoonak, A., Alami, M., & Kashaninejad, M. (2016). Effect of sage seed gum and soybean protein isolates on the oil in water emulsion stability. *Innovative Food Technologies*, 3(2), 23-32. doi: 10.22104/jift.2016.283.
- Alipour, A., Kocheiki, A., & Varidi, M. (2015). The effect of *Alyssum homolocarpum* seed gum–whey protein concentrate on stability of oil–in–water emulsion. *Journal of food science and technology (Iran)*, 12(48), 163-174.
- Aslanzadeh, M., Mizani, M., Gerami, A., & Alimi, M. (2014). Evaluation of produced dietary fiber from wheat bran as a fat replacer in mayonnaise.
- Aswathanarayan, J. B., and Vittal, R. R. (2019). Nanoemulsions and their potential applications in food industry. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 3, 95. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2019.00095>.
- Benbettaieb, N., Kurek, M., Bornaz, S., & Debeaufort, F. (2014). Barrier, structural and mechanical properties of bovine gelatin–chitosan blend films related to biopolymer interactions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(12), 24. DOI: [10.1002/jsfa.6570](https://doi.org/10.1002/jsfa.6570). 2419-09.
- dadpour, s., and Yazdanpanah, S. (2020). Production of low-fat mayonnaise with using nanoemulsion of *Cordia myxa* fruit extract. *Journal of food science and technology(Iran)*, 17(104), 135-147. doi: 10.52547/fsct.17.104.135.
- Haratifar, S., and Guri, A. (2017). Nanocapsule formation by caseins Nanoencapsulation technologies for the food and nutraceutical industries (pp. 140-164): Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809436-5.00005-7>.
- Hedjazi, S., Razavi, S. H., Kordjazi, M., & Khodaiyan, F. (2019). Preparing Pickering Emulsion of Canthaxanthin and Stabilization with Cellulose Nanocrystals. *Iranian Journal of Biosystems Engineering*, 50(1), 179-190 .doi: [10.22059/IJBSE.2018.229319.664918](https://doi.org/10.22059/IJBSE.2018.229319.664918).
- Kh, M. (2013). The influence of Basil seed gum concentration on the stability, particle size and rheological properties of oil-in-water emulsion stabilized by whey protein isolate. *Journal of Food Processing and Preservation*, 5(2), 91-114 .doi: [10.22069/EJFPP.2021.9120.1261](https://doi.org/10.22069/EJFPP.2021.9120.1261).
- Khoshakhlagh, K., Koocheiki, A., Mohebbi, M., & Allafchian, A. (2017). Development and characterization of electrosprayed *Alyssum homolocarpum* seed gum nanoparticles for encapsulation of d-limonene. *Journal of Colloid and Interface Science*, 490, 562-575. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2016.11.067>.
- Koocheiki, A., Shahidi, F., Mortazavi, S. A., Karimi, M., & Milani, E. (2011). Effect of Qodume shirazi (*Alyssum homolocarpum*) seed and xanthan gum on rheological properties of wheat flour dough and quality of bread. *Iranian Food Science & Technology Research Journal*, 7(1), 9-16. <https://doi.org/10.22067/ifstrj.v7i1.9359>.
- Linke, C., and Drusch, S. (2018). Pickering emulsions in foods-opportunities and limitations. *Critical reviews in food science and nutrition*. <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1290578n>. 185-1971, (12)58.

- Liu, H., Xu, X., & Guo, S. D. (2007). Rheological, texture and sensory properties of low-fat mayonnaise with different fat mimetics. *LWT-Food Science and Technology*, 40(6), 946-954. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2006.11.007>.
- Mahmoud, K., Abo-Zeid, W., El Shattory, Y., El Kinawy, O., & Salama, M. (2016). Micro sunflower oil-water-emulsion as fat replacer in biscuits. *Am. J. Food Technol*, 11, 54-62. [DOI: 10.3923/ajft.2016.54.62](https://doi.org/10.3923/ajft.2016.54.62)
- McClements, D. J. (2004). *Food emulsions: principles, practices, and techniques*: CRC press.
- Meral, R., Ekin, M. M., Kutlu, N & ,Kose, Y. E. (2022). The nanoemulsions: A new design and fat-reducing strategy for the bakery industry. Their effects on some quality attributes of fat-reduced cakes. *Journal of Food Processing and Preservation*, e17160. DOI: [10.1111/jfpp.17160](https://doi.org/10.1111/jfpp.17160) .
- Naji-Tabasi, S., Mahdian, E., Arianfar, A., & Naji-Tabasi, S. (2021). Nanoparticles fabrication of soy protein isolate and basil seed gum (*Ocimum bacilicum* L.) complex as pickering stabilizers in emulsions. *Journal of Dispersion Science and Technology*, 42(5), 633-640. <https://doi.org/10.1080/01932691.2019.1703736>.
- Pishan, M., Askari ,G., Jamshidian, M., & Emam Jomeh, Z. (2019). Investigating the rheological and physicochemical characteristics of low fat-free cholesterol mayonnaise using sodium octenyl succinate starch and Persian gum. *Iranian Journal of Biosystems Engineering*, 50(1 dio [10.22059/IJBSE.2018.260728.665069](https://doi.org/10.22059/IJBSE.2018.260728.665069). 201-191.
- Sarraf, M., Naji-Tabasi, S., and Beig-babaei, A. (2021). Influence of calcium chloride and pH on soluble complex of whey protein-basil seed gum and xanthan gum. *Food Science & Nutrition*, 9(12), 6728-6736.dio: <https://doi.org/10.1002/fsn3.2624>.
- Seyfoddin, H., Koocheki, A., Rzavi, S., & Milani, E. (2017). Time-dependent behavior of low fat mayonnaise prepared with lepidium perfoliatum seed gum and whey protein concentrate.
- Shamsaei, S., Razavi, S. M. A., Emadzadeh, B., & Ataei, S. E. (2017). The effect of basil seed gum and xanthan on the physical and rheological characteristics of low fat mayonnaise. <https://doi.org/10.22067/ifstrj.v1395i0.37356>.
- Silva, W., Torres-Gatica, M. F., Oyarzun-Ampuero, F., Silva-Weiss, A., Robert, P., Cofrades, S., & Giménez, B. (2018). Double emulsions as potential fat replacers with gallic acid and quercetin nanoemulsions in the aqueous phases. *Food chemistry*, 253, 71-78. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.01.128>.
- Toluee, O., Mortazavi, S., Aelami, M., & SADEGHI, M. A. (2011). Physico-chemical, texture, and organoleptic properties of low fat mayonnaise containing inulin and pectin.
- Yazdanpanah, S. (2020). Production of low-fat mayonnaise with using nanoemulsion of *Cordia myxal* fruit extract. *Journal of food science and technology (Iran)*, 17(104), 135-147. [10.52547/fsct.17.104.135](https://doi.org/10.52547/fsct.17.104.135) dio.

نسخه پلاس انتشار