مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

بهینه سازی فرمولاسیون تولید اولئوژل برپایه روغن کنجد و تاثیر آن بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و کیفی سس مایونز

شقایق صفی پور[۱]، مریم قراچورلو*[۱]، شیما یوسفی[۱]

۱. گروه علوم و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱٤۰۱/۷/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱٤۰۲/۵/۱٦

کلمات کلیدی:

اولئوژل،

اتیل سلولز،

سس مایونز،

روغن کنجد،

موم کارنوبا

DOI: 10.22034/FSCT.20.144. 63

DOR:20.1001.1.20088787.1402.20.144.4.8

* مسئول مکاتبات:

gharachorlo_m@yahoo.com

m_gharachorlo@srbiau.ac.ir

چکیده

هدف از مطالعه حاضر بررسی تولید سس مایونز حاوی اولئوژل تهیه شده بر پایه روغن کنجد و ارگانوژلاتورهای اتیل سلولز و موم کارنوبا و ارزیابی خصوصیات فیزیکوشیمیایی و ارگانولیپتیکی آن بود. در این پژوهش، ابتدا بهینه سازی تولید اولئوژل، بر اساس میزان سفتی و میزان مهاجرت روغن، صورت پذیرفت و تیمار حاوی ۷/٤۱ گرم از موم کارنوبا و ٤/٤۱ گرم اتیل سلولز بعنوان تیمار بهینه انتخاب گردید. سپس ۵ نوع نمونه سس مایونز تهیه و آزمون‌های فیزیکوشیمیایی و حسی در روزهای ۱ ، ۳۰ و ٦۰، روی آن‌ها انجام شد. در طی دوره نگهداری، میزان اولئوژل جایگزین شده دارای یک رابطه عکس با اندیس پراکسید، تیوباربیتوریک اسید و میزان روغن آزاد شده و یک رابطه مستقیم با پایداری امولسیون نمونه‌ها بود. همچنین نتایج نشان داد که زمان نگهداری، تاثیر معنی داری روی خصوصیات رنگی نمونه‌ها ندارد؛ اما با افزایش میزان اولئوژل، مولفه L^* نمونه‌ها کمتر اما مولفه a^* و b^* نمونه‌ها بیشتر می‌گردد. در ارزیابی ارگانولیپتیکی، در انتهای دوره نگهداری همه تیمارها در محدوده مطلوب و متوسط قرار داشتند. بنابراین می‌توان با استفاده از اولئوژل بر پایه روغن کنجد و ارگانوژلاتورهای اتیل سلولز و موم کارنوبا، سس مایونزی با خواص فیزیکوشیمیایی و حسی مطلوب تهیه کرد.

۱- مقدمه

منابع اصلی لیپیدهای رژیم غذایی، گوشت، لبنیات، ماهی، روغن و چربی‌ها هستند که به صورت چربی و روغن‌های سرخ کردنی، کره، مارگارین، خامه‌های گیاهی و چربی‌های خاص (شورتنینگ‌ها)، محصولات فرآوری شده مانند نان، کیک، بیسکویت، شکلات، بستنی و سس مایونز وجود دارند و سبب ایجاد قابلیت پخش[1]، آروما و احساس دهانی[2] مطلوب و همچنین ویژگی‌های شبه جامد و رئولوژیک خوب در این مواد می‌شوند[1] از معایب آن نیز می‌توان به اشباعیت و همچنین وجود اسیدهای چرب ترانس فراوان در این لیپیدها اشاره کرد. از آنجایی که یک همبستگی مثبت بین میزان اشباعیت و اسیدهای چرب ترانس با افزایش کلسترول بد و همچنین با بیماری‌هایی از جمله بیماری‌های قلبی–عروقی، دیابت نوع دوم، چاقی و بدنبال آن کبد چرب، ساییدگی مفاصل، آپنه خواب (توقف تنفس در زمان خواب) و سنگ صفراوی ناشی از کلسترول، وجود دارد[2]؛ از این‌رو، برای کاهش این مشکلات ناشی از مصرف روغن زیاد حاوی اسیدهای چرب اشباع و ترانس و همچنین برای استفاده از روغن‌ها در طیف گسترده‌تری از محصولات نیاز است از تکنولوژی‌های نوین جهت تولید ساختارهای بر پایه چربی مانند تولید اولئوژل استفاده نمود [3]. یکی از روش–های جدیدی که با هدف کاهش اسیدهای چرب ترانس و اشباع اخیرا مورد توجه قرار گرفته است، ژلاتیناسیون آلی، که در آن اولئوژل‌های با خصوصیات شبه جامد در اثر بدام افتادن مایع آلی در یک شبکه حرارتی برگشت پذیر تشکیل می‌شوند، می‌باشد. بعبارت دیگر، اولئوژل‌ها سیستم‌های شبه جامدی هستند که بر اساس ژلاسیون محلول‌های آلی توسط ژل سازهای آلی، که ترکیباتی با وزن مولکولی پایین و یا درشت مولکول‌های محلول در فاز روغنی که قادر به ایجاد شبکه سه بعدی هستند، ایجاد می‌شوند[4]. کاهش تحرک و مهاجرت چربی، جایگزینی اسیدهای چرب ترانس و اشباع، پایداری امولسیون‌ها و توانایی کنترل آزاد سازی مواد مغذی در محلول‌ها از عمده ترین مزایای استفاده از ژل‌های خوراکی در محصولات غذایی می‌باشد [5]. موم کارنوبا که به اسامی موم برزیلی یا موم نخل نیز معروف می‌باشد از موم‌های گیاهی مشتق شده از برگ درخت نخل برزیلی بدست آمده اند [6]. این موم دارای گروه‌های شاخه دار متیل بالاتر و میزان بیشتری از باندهای دوگانه و سه گانه از اتم–های کربن می‌باشند [7]. ازین رو، این موم دارای توانایی اتصال به روغن بسیار بالایی می‌باشد. موم کارنوبا همچنین به سادگی توانایی تشکیل شبکه بلوری جامد و به دام اندازی حجم بسیار بالایی از روغن مایع را دارد و بهمین دلیل باعث افزایش پایداری اکسیداتیو روغن گیاهی دارای غیر اشباعیت بالا می‌شود[8]. سیما ناجی طبسی و همکاران (۱۳۹۹) در بررسی ویژگی های اولئوژل تهیه شده به روش قالب گیری امولسیون پایدارشده با ذرات جامد کمپلکس صمغ دانه ریحان و ایزوله پروتئین سویا به عنوان جایگزین چربی در خامه نشان دادند حضور صمغ دانه ریحان همراه با پروتئین باعث ایجاد اولئوژل با ثبات تر و استحکام مکانیکی بالاتری شد. از اولئوژل تولیدی برای تولید خامه با چربی کاهش یافته (۵، ۱۰ و ۱۵ درصد) استفاده شد. بیشترین میزان پذیرش کلی در نمونه با کاهش ۵ درصد چربی حاصل شد که تفاوت معنی داری با خامه کنترل نداشت[9] . از سوی دیگر، ساختار پلیمر اتیل سلولز که بعنوان یک ارگانوژلاتور شناخته می‌شود، نیمه بلورین می‌باشد. این ساختار نیمه بلورین و ماهیت هیدروفوب اتیل سلولز، کاربرد آن در روغن‌های خوراکی مایع جهت تشکیل ژل را میسر کرده است. درجه

1 -Spreadability
2- Mouth feel

جایگزینی ۳-۲/۵ جهت حل شدن اتیل سلولز در ترکیبات غیر قطبی مثل روغن‌های گیاهی لازم است [10]. بمر و همکاران (۲۰۱٦) به بررسی تولید اولئوژل توسط موم سبوس برنج و اتیل سلولز و کاربرد آن در پنیرهای خامه‌ای پرداختند. نتایج حاکی از آن بود که نمونه‌های حاوی اولئوژل کاهش ۲۵ درصدی در میزان چربی نسبت به نمونه پنیر خامه‌ای تجاری از خود نشان دادند. از سوی دیگر بهبود پروفیل اسید چرب در نمونه از طریق جایگزینی چربی‌های غیر اشباع در محصول‌های مورد آزمون مشاهده گردید[11]. ترکیب اسیدهای چرب روغن کنجد شامل اسیدهای اولئیک و لینولئیک (حدود ٤۳٪)، اسید پالمتیک (حدود ۹٪) و اسید استئاریک (حدود ٤٪) است. افزایش فعالیت ویتامینی به دلیل افزایش گاما توکوفرول[1] پلاسمای خون منجر به جلوگیری از سرطان و بیماری قلبی می‌شود. محتوی بالای چربی غیراشباع در روغن کنجد عامل کاهش کلسترول خون شناخته شده است. ترکیبات زیست فعال موجود در روغن کنجد مانند لیگنان، سزامین، سزامولین و سزامول فعالیت آنتی اکسیدانی بالایی دارند و نیز بسیار پایدار می باشند [12]. لیو و همکاران (۲۰۰۷) با بررسی خصوصیات بافتی و حسی سس مایونز کم چرب تولید شده بر پایه پکتین کم متوکسی به این نتیجه رسیدند که تیمارهای تولید شده دارای انرژی کمتر اما میزان آب بالاتری نسبت به نمونه شاهد می‌باشند. همچنین نتایج بدست آمده نشان داد که نمونه‌های تولید شده بر پایه پکتین کم متوکسی دارای امتیاز حسی قابل قبولی می‌باشند [13]. با توجه به وجود میزان بالایی از چربی غیراشباع در روغن کنجد و همچنین خواص تغذیه ای این روغن، لذا در این تحقیق سعی می شود به بررسی تولید سس مایونز حاوی اولئوژل تهیه شده بر پایه روغن کنجد و ارگانوژلاتورهای اتیل سلولز و موم کارنوبا و ارزیابی خصوصیات فیزیکوشیمیایی و ارگانولیپتیکی آن پرداخته شود. شایان ذکر است مطالعه حاضر از دیدگاه نوع روغن و ژلاتورهای مورد استفاده در تولید اولئوژل و نیز بکارگیری آن در سس مایونز دارای نوآوری می باشد.

۲- مواد و روش‌ها:

۲-۱ مواد

روغن کنجد از بازار محلی واقع در شهر تهران، موم کارنوبا و اتیل سلولز از شرکت سیگما تهیه گردید. حلال‌ها (هگزان، اتانول، استیک اسید و ...) از شرکت دکتر مجللی و مواد شیمیایی از جمله یدید پتاسیم، تری کلرید ید، پتاسیم هیدروکسید، پتاسیم یدات و دیگر مواد شیمیایی بکار برده شده در این پژوهش از شرکت مرک خریداری گردید.

۲-۲- روش‌ها

۲-۲-۱- تعیین خصوصیات روغن کنجد:

جهت بررسی خصوصیات روغن کنجد خریداری شده آزمون‌های رطوبت و اندیس یدی مطابق روش‌های استاندارد بترتیب با شماره‌های ٤۲۹۱ و ٤۸۸٦ انجام گردید[14]. اندیس پراکسید طبق روش AOCS Cd 8-53 و میزان اسیدهای چرب آزاد طبق روش AOCS Cd 3d-63 تعیین شد [15].

۲-۲-۲- بهینه‌سازی تولید اولئوژل روغن کنجد:

بهینه‌سازی تولید اولئوژل‌های روغن کنجد با استفاده از روش سطح پاسخ (RSM) با متغیرهای موم کارنوبا و اتیل سلولز انجام شد. برای این منظور مطابق جدول ۱، ابتدا نمونه‌های موم کارنوبا به آرامی در بن‌ماری تا ۸۰ درجه سلسیوس حرارت داده تا ذوب شدند و سپس با روغن کنجد با دمای ٤۰ درجه سلسیوس کاملا مخلوط گردیدند. در ادامه به مخلوط فوق اتیل سلولز افزوده و هر کدام از نمونه‌ها تا دمای محیط سرد شدند. در نهایت مخلوط‌های تولید شده به مدت

1 -Gamma Tocopherol

یک شب در دمای یخچال قرار داده شد و سپس مورد آزمون (میزان سفتی و درصد مهاجرت روغن) قرار گرفتند [16]. لازم به ذکر است مقدار روغن مورد استفاده در فرمولاسیون اولئوژل‌ها بر اساس نقطه مرکزی بدست آمده با استفاده از روش سطح پاسخ (RSM) و با نسبت ۱ به ۱۰ (نقطه مرکزی متغیرهای موم کارنوبا و اتیل سلولز: میزان روغن) محاسبه گردید.

۲-۲-۲-۱- اندازه گیری درصد مهاجرت روغن:

پس از توزین لوله‌های خالی اپندروف (a)، ۱۵ میلی لیتر از نمونه‌های اولئوژل تهیه شده درون این لوله‌ها ریخته و پس از نگهداری بمدت یک شبانه روز در دمای ۵ درجه سلسیوس توزین می‌گردند (b). سپس لوله‌ها بمدت ۱۵ دقیقه و با دور g ۹۱۷۰ سانتریفیوژ و سپس جهت خارج کردن بخش روغنی، لوله‌ها بمدت ٤ دقیقه وارونه و در نهایت لوله‌ها وزن شدند (c). با استفاده از فرمول زیر درصد مهاجرت روغن محاسبه گردید [7].

$$\text{درصد مهاجرت روغن} = \frac{[(b-a)*(c-a)]}{(b-a)} * ۱۰۰$$

۲-۲-۲-۲- اندازه گیری سفتی اولئوژل‌های تهیه شده:

سفتی اولئوژل‌ها (با ابعاد ۵ ×۵ سانتی متر مربع) توسط دستگاه بافت سنج اندازه‌گیری شد. برای این منظور پروب میله‌ای با قطر ١٤ میلی‌متر و سرعت ۳۰ میلی‌متر بر دقیقه سطح نمونه‌های اولئوژل را لمس و تا عمق ۱ سانتی متری هر نمونه نفوذ و سپس خارج گردید. در نهایت با توجه به نمودار تنش-کرنش حداکثر نیروی لازم برای نفوذ پروب تعیین و به عنوان سفتی (نیوتن) اولئوژل گزارش شد [17].

۲-۲-۳- تهیه سس مایونز بر پایه اولئوژل بهینه:

جهت تهیه سس مایونز، ترکیبات با نسبت‌های روغن سویا (۷۸ درصد)، زرده تخم مرغ (۷ درصد)، سرکه (۲/۲ درصد)، قند (۲ درصد)، آب (۹/۸-۹/۷۵ درصد) و نمک (۱ درصد) با یکدیگر مخلوط شدند. در ابتدا مواد افزودنی خشک به صورت جداگانه در ظرف حاوی یک سوم کل مقدار آب و سرکه با یکدیگر مخلوط شدند تا مخلوطی یکدست و یکنواخت حاصل گردد. مخلوط حاصل به زرده تخم مرغ افزوده و به مدت ۵ دقیقه با یکدیگر همزده شدند. در ادامه روغن به آرامی و تحت شرایط همزنی ثابت به مخلوط حاصل افزوده و امولسیون تشکیل شد. بعد از تشکیل امولسیون و افزودن کامل روغن، مخلوط حاصل به مدت ۵ دقیقه همزده شد. بعد از این مرحله مقدار باقیمانده آب و سرکه به آرامی به آن افزوده و به مدت ۵ دقیقه دیگر عملیات همزنی ادامه پیدا کرد. به منظور بکارگیری اولئوژل بهینه در ساختار نمونه‌های سس، به میزان ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد، روغن آن توسط اولئوژل بهینه جایگزین و خصوصیات مختلف سس مایونز در طی دوره نگهداری (روز اول، روز ۳۰ و روز ٦٠) در دمای یخچال مورد ارزیابی قرار گرفت.

۲-۲-٤- آزمون‌های انجام گرفته روی نمونه‌های سس مایونز:

۲-۲-٤-۱ اندازه گیری اندیس پراکسید نمونه‌ها:

در ابتدا روغن لازم برای انجام آزمون پراکسید توسط روش بلای و دایر (۱۹۵۹) استخراج گردید[18] . در مرحله بعد برای تعیین اندیس پراکسید، ۵ گرم از روغن استخراج شده با ۳۰ میلی‌لیتر محلول اسید استیک-کلروفرم (با نسبت ۳ به ۲) مخلوط و پس از افزودن ۰/۵ میلی‌لیتر محلول اشباع یدید پتاسیم به آن هم زده شد و سپس بمدت ۱ دقیقه در تاریکی قرار داده شد. پس از طی مرحله تاریکی، ۳۰ میلی لیتر آب مقطر به آن افزوده و با تیوسولفات سدیم یک صدم نرمال تیتر گردید. ۱ میلی‌لیتر شناساگر نشاسته، بلافاصله پس از محو شدن رنگ زرد محلول، به آن افزوده و تیتراسیون تا

محو شدن رنگ آبی ادامه پیدا کرد. اندیس پراکسید نمونه‌ها با استفاده از فرمول زیر تعیین شد [19]:

$$PV= (V_2-V_1) \times N\times 1000/M$$

V_2: حجم تیتر در نمونه V_1: حجم تیتر در شاهد N: نرمالیته محلول سدیم تیوسولفات M: گرم وزن نمونه PV: عدد پراکسید

۲-۲-٤-۲ اندازه گیری اندیس تیوباربیتوریک نمونه‌ها:

اندازه‌گیری شاخص تیوباربیتوریک اسید با استفاده از روش گراولا و همکاران (۲۰۱۲)، انجام شد[20]. هنگامی که دو مولکول تیوباربیتوریک اسید با یک مولکول مالون آلدئید واکنش می‌دهند، کمپلکس صورتی رنگی تشکیل می‌شود. واکنش نمونه‌های مختلف با اسید تیوباربیتوریک با استفاده از اسپکتروفتومتر و میزان جذب آن‌ها در ۵۳۵ نانومتر در روز اول و پایان روز ٦۰ نگهداری در دمای محیط سنجیده شدند. شاخص TBA به صورت میلی‌گرم مالون آلدئید در هر کیلوگرم نمونه بیان شد.

۲-۲-٤-۳ اندازه گیری میزان روغن آزاد شده:

پس از توزین لوله‌های خالی اپندروف (a)، ۱۵ میلی لیتر از نمونه‌های اولئوژل تهیه شده درون این لوله‌ها ریخته و پس از نگهداری بمدت یک شبانه روز در دمای ۵ درجه سلسیوس توزین می‌گردند (b). سپس لوله‌ها بمدت ۱۵ دقیقه و با دور g ۹۱۷۰ سانتریفیوژ و سپس جهت خارج کردن بخش روغنی، لوله‌ها بمدت ٤ دقیقه وارونه و در نهایت لوله‌ها وزن شدند (c). با استفاده از فرمول زیر درصد مهاجرت روغن محاسبه گردید [20].

$$\text{روغن مهاجرت درصد} = \frac{[(b-a)*(c-a)]}{(b-a)}*۱۰۰$$

۲-۲-٤-٤ اندازه گیری پایداری امولسیون نمونه‌ها:

۱۵ گرم از هر نمونه در لوله سانتریفوژ ریخته و سپس در ۵۰۰۰ دور بر دقیقه به مدت ۳۰ دقیقه سانتریفوژ شدند. درصد پایداری امولسیون طبق فرمول زیر محاسبه شد [22]:

درصد = (وزن بخش ترسیب شده ÷ وزن اولیه هر نمونه) ×۱۰۰ پایداری امولسیون

۲-۲-٤-۵ ارزیابی خصوصیات رنگی نمونه‌ها:

برای اندازه‌گیری پارامترهای رنگی L* (شاخص شفافیت)، a* (شاخص قرمزی) و b* (شاخص زردی) از دستگاه هانترلب استفاده خواهد شد [16].

۲-۲-٤-٦ ارزیابی خصوصیات حسی نمونه‌ها:

جهت ارزیابی حسی، شاخص‌هایی نظیر (بافت، رنگ، آروما، طعم و پذیرش کلی) از روش امتیازدهی استفاده شد و امتیاز بندی کلی حاصل از مجموع امتیازات داده شده به شاخص‌های حسی در سطوح ارزیابی ۱ تا ۵؛ ۱: بسیار نامطلوب ؛ ۲: نامطلوب؛ ۳: متوسط؛ ٤: مطلوب و ۵: بسیار مطلوب صورت گرفت [23].

۲-۲-۵- تجزیه و تحلیل آماری:

در ابتدا به منظور بهینه‌سازی فرمولاسیون اولئوژل برپایه روغن کنجد از روش سطح پاسخ (RSM) و طرح مرکب مرکزی) [1] (CCDبا ٦ نقطه مرکزی ، و توسط نرم افزار

1- Central Composite Designs

Design-Expert استفاده شد. همه آزمون‌ها در ۳ تکرار و توسط نرم افزار SPSS و بر اساس آزمون فاکتوریل و در قالب طرح کاملا تصادفی و آنالیز واریانس آنوا و اختلاف معناداری میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد (P<۰/۰۵) توسط آزمون دانکن انجام شد. رسم شکل‌ها و نمودارها با استفاده از نرم افزار اکسل انجام شد.

۳- نتایج و بحث:

۳-۱ نتایج بررسی خصوصیات روغن کنجد:

در جدول ۱ نتایج مربوط به بررسی ویژگی‌های روغن کنجد آورده شده است. طبق نتایج، مقادیر تمام خصوصیات روغن کنجد اندازه گیری شده، در محدوده استاندارد می‌باشند. در ارتباط با اندیس پراکسید، نتایج بدست آمده با یافته‌های والالاویتا و همکاران (۲۰۱۶) همخوانی داشت[24]. اندیس پراکسید به فاکتورهای مختلفی از جمله نوع و میزان اشباعیت روغن، دما و طول دوره نگهداری روغن، شرایط بسته بندی و آلودگی‌های محیطی از جمله از طریق نور بستگی دارد. پایداری اکسیداتیو از مهمترین عوامل تعیین کننده کیفیت و پذیرش محصول توسط مصرف کننده و همچنین مدت زمان ذخیره سازی روغن می‌باشد [24].

Table 1 Characteristics of sesame oil

Standard range	Calculated amount	Test
Maximum 0.1	0.09	Moisture(%)
Maximum 5	2	Peroxide value (milliequivalents of grams of peroxide per kilogram of sample)
Maximum 0.1	0.08	free fatty acids(%)
103-118	112	Iodine value (grams per 100 grams of sample)

۳-۲ نتایج حاصل از بهینه سازی نمونه‌های اولئوژل توسط نرم افزار سطح پاسخ:

۳-۲-۱ نتایج مربوط به بهینه سازی نمونه‌های اولئوژل بر اساس میزان مهاجرت روغن:

در شکل ۱، اثر نسبت‌های مختلف موم کارنوبا و اتیل سلولز بر میزان مهاجرت روغن نمونه‌های اولئوژل تولید شده، نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌گردد؛ در غلظت‌های پایین اتیل سلولز با کاهش میزان موم کارنوبا، افزایش معنی داری (P<۰/۰۵) در میزان مهاجرت روغن مشاهده نشد؛ اما در غلظت‌های بالای اتیل سلولز، با کاهش میزان موم کارنوبا، افزایش معنی داری (P<۰/۰۵) در میزان روغن مشاهده شد. از سوی دیگر، نتایج نشان داد که در غلظت‌های بالای موم کارنوبا با افزایش میزان اتیل سلولز، افزایش معنی داری (P<۰/۰۵) در میزان مهاجرت روغن مشاهده نگردید اما در غلظت‌های پایین موم کارنوبا با افزایش میزان اتیل سلولز، میزان مهاجرت روغن افزایش معنی داری (P<۰/۰۵) پیدا می‌کند. نتایج نشان داد که پایینترین میزان مهاجرت روغن با مقدار ٤/٥ در نقطه با مقادیر اتیل سلولز ٤/٣٢ و کارنوبا ٧/٣٥ و کمترین اتفاق می‌افتد.

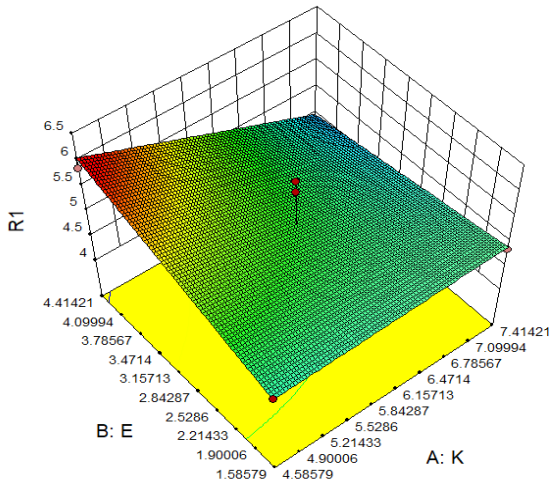

Fig1; Three-dimensional response surface diagram of the effect of different proportions of carnauba wax and ethyl cellulose on the degree of hardness

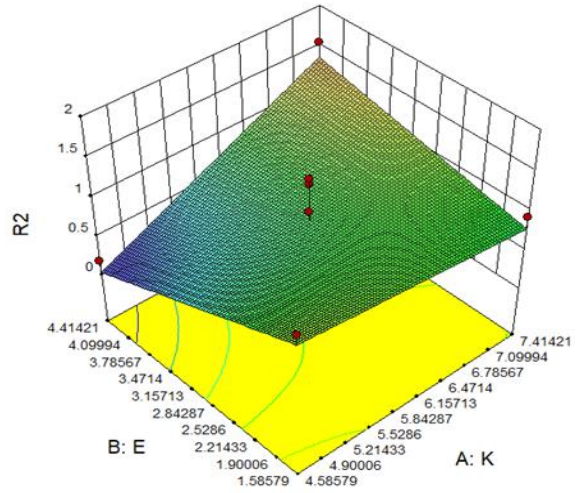

Fig2; Three-dimensional response surface diagram of the effect of different proportions of carnauba wax and ethyl cellulose on oil migration rate

۲-۲-۳ نتایج مربوط به بهینه سازی نمونه‌های اولئوژل بر اساس میزان سفتی:

در شکل ۲، اثر نسبت‌های مختلف موم کارنوبا و اتیل سلولز بر میزان سفتی نمونه‌های اولئوژل تولید شده، آورده شده است. نتایج نشان داد که، در غلظت‌های پایین اتیل سلولز با افزایش میزان موم کارنوبا، افزایش معنی داری ($P<۰/۰۵$) در میزان سفتی نمونه‌های اولئوژل مشاهده نشد؛ اما در غلظت‌های بالای اتیل سلولز، با افزایش میزان موم کارنوبا، افزایش معنی داری ($P<۰/۰۵$) در میزان سفتی نمونه‌ها مشاهده گردید. از سوی دیگر، نتایج نشان داد که در مقادیر پایین موم کارنوبا با افزایش مقدار اتیل سلولز، کاهش معنی داری ($P<۰/۰۵$) در میزان سفتی نمونه‌ها مشاهده نگردید، اما در مقادیر بالای موم کارنوبا با افزایش میزان اتیل سلولز، افزایش معنی داری ($P<۰/۰۵$) در میزان سفتی نمونه‌ها مشاهده گردید. نتایج نشان داد که بالاترین میزان سفتی با مقدار ۱/۳٤ در نقطه با مقادیر اتیل سلولز ٤/۳٦ و کارنوبا ۷/۳۷ اتفاق می‌افتد.

۳-۲-۳ انتخاب تیمار بهینه و اعتبار سنجی مدل:

شرایط بهینه‌ای که توسط نرم افزار پیشنهاد شد میزان ۷/٤۱ گرم از موم کارنوبا و ٤/٤۱ گرم اتیل سلولز بود، که منطبق با میزان مهاجرت روغن ٤/٤۷ و میزان سفتی ۱/۳٦ و دارای درجه مطلوبیت ۰/۸٦۱ بود. در شرایط ذکر شده آزمون‌های میزان مهاجرت روغن و سفتی انجام شد؛ و بترتیب مقادیر ٤/۱۲ و ۱/۲۵ برای این آزمون‌ها بدست آمد. نتایج حاصل نشان داد که مدل پیشنهادی دارای توانایی خوب، جهت بررسی تاثیر متغیرهای مستقل بر میزان مهاجرت روغن و میزان سفتی می‌باشد.

۳-۳ نتایج آزمون‌های انجام گرفته روی نمونه‌های سس مایونز:

۳-۳-۱ نتایج عدد پراکسید نمونه‌ها:

نتایج مربوط به اندیس پراکسید نمونه‌های سس مایونز در طی دوره نگهداری در جدول ۲ نشان داده شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود؛ در طی دوره نگهداری در تمام تیمارها یک روند صعودی معنی داری ($P<۰/۰۵$) مشاهده می‌گردد. اما طبق استاندارد ملی ۲۰۱۵ ، پس از دوره

نگهداری، میزان عدد پراکسید تمام نمونه‌ها در حد مجاز و قابل مصرف (۵ میلی اکی والان گرم پراکسید بر کیلوگرم نمونه) بود. در این ارتباط، نتایج این پژوهش با نتایج شریعتی و همکاران (۱۳۹۷) مطابقت داشت[25]. این محققین با بررسی روی تولید اولئوژل با استفاده از مخلوط اتیل سلولز و پلی گلیسرول پلی ریسینولئات به این نتیجه رسیدند که در طول دوره نگهداری یک روند افزایشی در میزان عدد پراکسید نمونه‌ها مشاهده می‌گردد. از سوی دیگر در مقایسه بین نسبت‌های مختلف جایگزینی اولئوژل، نتایج نشان داد که افزایش میزان اولئوژل در نمونه‌های سس مایونز، باعث افزایش معنی داری ($P<0/05$) در میزان پایداری تیمارها می‌شود. میزان ثبات اکسایشی نمونه‌های حاوی اولئوژل به میزان غیر اشباعیت و ترکیبات ضد اکسایشی موجود در روغن وابسته می‌باشد [21]. وجود ترکیبات ضد اکسایش بالاتر مانند سزامین، سزامولین و توکوفرول‌ها در نمونه‌های حاوی میزان اولئوژل بیشتر، یکی از دلایل این امر می‌باشد. حضور بیشتر موم کارنوبا و اتیل سلولز، از دیگر دلایل کاهش میزان پراکسید در نمونه‌های سس مایونز حاوی اولئوژل می‌باشد. خیابانی و همکاران (۲۰۱٦)، پایداری بیشتر اولئوژل‌های تولیدی در حضور مقادیر بالاتر کارنوبا- اسید آدیپیک را گزارش کردند، که با نتایج این پژوهش همخوانی داشت[9].

Table 2: Changes in pv (meq/kg) in samples during storage.

Day 60	Day 30	Day 1	Treatment
± 0.22 ^{Aa} 3.93	± 0.013 ^{Ab} 2.89	± 0.003 ^{Ac} 1.73	T0
± 0.007 ^{Aa} 3.82	± 0.1 ^{Ab} 2.78	± 0.003 ^{Ac} 1.73	T25
± 0.003 ^{Ba} 3.12	± 0.003 ^{Bb} 2.28	± 0.003 ^{Bc} 1.32	T50
± 0.006 ^{Ca} 2.58	± 0.003 ^{Cb} 1.84	± 0.007 ^{Cc} 1.16	T75
± 0.003 ^{Da} 1.89	± 0.007 ^{Db} 1.21	± 0.003 ^{Dc} 0.87	T100

(Capital dissimilar letters indicate significant differences between the samples on the same day and small dissimilar letters are indicate significant differences between each samples ($p < 0.05$)).

طبق نتایج بدست آمده، در انتهای دوره ذخیره سازی فقط نمونه حاوی ۲۵ درصد اولئوژل دارای عدد پراکسید مشابه‌ای با نمونه شاهد بود؛ اما سایر تیمارها دارای میزان عدد پراکسید کمتری نسبت به نمونه شاهد بودند. ازین نظر نتایج این پژوهش با نتایج ایلماز و اتلو (۲۰۱٤) مطابقت نداشت[7] . این محققین با بررسی روی تولید اولئوژل تولید شده توسط موم آفتابگردان و موم زنبور عسل بر پایه روغن زیتون در سطوح مختلف و استفاده آن در مارگارین صبحانه، به این نتیجه رسیدند که اندیس پراکسید تمام نمونه‌ها در طول دوره ذخیره سازی ثابت بود. که از دلایل عدم تطابق آن با پژوهش حال حاضر می‌توان به تفاوت در ترکیبات بکار برده شده جهت تولید اولئوژل و همچنین تفاوت در نوع روغن بکار برده شده اشاره کرد.

۳-۳-۲ نتایج اندیس تیوباربیتوریک اسید نمونه‌ها:

اندیس پراکسید شاخصی از محصولات اولیه اکسایش می‌باشد و تشکیل محصولات ثانویه اکسایش را تشخیص نمی‌دهد. به همین دلیل تعیین اندیس تیوباربیتوریک اسید که شاخصی از محصولات ثانویه اکسایش می‌باشد، لازم می‌باشد. نتایج مربوط به اندیس تیوباربیتوریک اسید نمونه‌ها در جدول ۳ آورده شده است. نتایج نشان داد که زمان نگهداری و میزان اولئوژل جایگزین شده دارای تاثیر معنی داری ($P<0/05$) بر روی اندیس تیوباربیتوریک نمونه‌های سس مایونز می‌باشند. همانگونه که در جدول زیر مشاهده می‌گردد؛ بیشترین میزان اندیس تیوباربیتوریک در نمونه فاقد اولئوژل و نمونه حاوی ۲۵ درصد اولئوژل و کمترین آن در نمونه حاوی ۱۰۰ درصد اولئوژل می‌باشد. در ارتباط با تاثیر میزان درصد اولئوژل موجود در سس مایونز، بطور کلی، نتایج نشان داد که با افزایش میزان اولئوژل جایگزین شده،

کاهش معنی داری (P<۰/۰۵) در میزان اندیس تیوباربیتوریک نمونه‌ها رخ می‌دهد؛ بگونه‌ای که پایینترین میزان اندیس تیوباربیتوریک در نمونه حاوی ۱۰۰ درصد اولئوژل مشاهده گردید. بطور کلی می‌توان بیان کرد که، بدلیل اثر محافظتی اولئوژل‌ها، نمونه‌های حاوی درصد اولئوژل بالاتر، دارای شاخص‌های اکسایشی پایینتری می‌باشند. قرایی و همکاران (۱۳۹۷) با بررسی روی کاربرد ژل‌های روغنی تولید شده از روغن کنجد در بیسکوییت به این نتیجه رسیدند که اندیس تیوباربیتوریک نمونه‌های حاوی اولئوژل به میزان قابل توجه‌ای کمتر از نمونه حاوی روغن می‌باشد؛ که با نتایج این پژوهش همخوانی داشت. این محققین دلیل این امر را، نقش حفاظتی ژل‌ها در برابر اکسیداسیون و همچنین ضداکسایش‌های موجود در روغن کنجد بیان کردند[26].

Table 3 : Changes in TBA(mg malon aldehid/ kg) in samples during storage.

Day 60	Day 30	Day 1	Treatment
0.0011 ^{Aa}	± 0.002 ^{Ab}	± 0.001 ^{Ac}	T0
0.041 ±	0.024	0.013	
± 0.001 ^{Aa}	± 0.001 ^{Ab}	± 0.001 ^{Ac}	T25
0.04	0.023	0.012	
0.0013 ^{Ba}	0.0011 ^{Bb}	± 0.001 ^{Bc}	T50
0.035 ±	0.018 ±	0.009	
± 0.002 ^{Ba}	± 0.002 ^{Bb}	0.0001 ^{Bc}	T75
0.033	0.016	0.008 ±	
± 0.001 ^{Ca}	± 0.001 ^{Cb}	0.0002 ^{Cc}	T100
0.022	0.011	0.005 ±	

(Capital dissimilar letters indicate significant differences between the samples on the same day and small dissimilar letters are indicate significant differences between each samples ($p < 0.05$)).

از سوی دیگر نتایج نشان داد که، عدد پراکسید و اندیس تیوباربیتوریک اسید نمونه‌های سس مایونز در تمام روزها مشابه یکدیگر نبود؛ یکی از دلایل این امر، این مطلب می‌باشد که یکسری از ترکیبات ضداکسایشی مانع شروع واکنش اکسیداسیون و تشکیل پراکسید می‌شوند اما برخی دیگر، باعث به تاخیر انداختن تجزیه پراکسیدها و تولید محصولات ثانویه می‌شوند. همچنین نتایج نشان داد که در روزهای اولیه نگهداری میزان تیوباربیتوریک اسید پایین می‌باشد اما در طی دوره نگهداری، در اثر افزایش تولید محصولات اولیه اکسیداسیون، و در نتیجه تجزیه این محصولات، میزان اندیس تیوباربیتوریک نیز بصورت معنی داری (P<۰/۰۵) افزایش یافت. که با نتایج شریعتی و همکاران (۱۳۹۷) که روی تاثیر غلظت اتیل سلولز، بر پایداری اکسایشی اولئوژل روغن کنجد پژوهش انجام دادند همخوانی داشت. این محققین نیز افزایش میزان اندیس تیوباربیتوریک اسید را، در طول زمان گزارش کردند. کمترین و بیشترین میزان اندیس تیوباربیتوریک اسید بترتیب در نمونه‌های روز ۱ و روز ٦۰ دوره نگهداری مشاهده گردید[25].

۳-۳-۳ نتایج میزان روغن آزاد شده نمونه‌ها:

میزان آزاد شدن روغن یک شاخص بسیار مهم در ارزیابی کیفیت اولئوژل‌ها می‌باشد. این شاخص ظرفیت اتصال روغن در اولئوژل‌ها را تعیین می‌کند. نتایج مربوط به میزان آزاد شدن روغن نمونه‌ها در طول دوره نگهداری در جدول ٤-۷ آمده است. همانگونه که در جدول ٤ مشاهده می‌شود؛ در طی دوره نگهداری در هر ۵ نمونه یه روند افزایشی مشاهده شد که این افزایش معنی دار (P<۰/۰۵) نبود. از سوی دیگر نتایج نشان داد که با افزایش میزان اولئوژل، میزان آزاد شدن روغن بطور معنی داری(P<۰/۰۵) کاهش پیدا می‌کند؛ بطوریکه پایین ترین میزان آزاد شدن روغن در نمونه حاوی ۱۰۰ درصد اولئوژل و بالاترین میزان آزاد شدن روغن در نمونه فاقد اولئوژل مشاهده شد. دلیل این امر می‌تواند تشکیل یک لایه الاستیک بین سطحی توسط اولئوژل‌ها و در نتیجه محافظت از قطرات روغن باشد[27]. کاهش نشت روغن در اثر افزایش میزان اولئوژل‌ها را می‌توان به افزایش شبکه بین مولکولی در موم کارنوبا و اتیل سلولز و در نتیجه بهبود به دام انداختن روغن نسبت داد. ازین نظر، نتایج این پژوهش با نتایج هالی و همکاران (۲۰۲۰) که روی استفاده از اولئوژل بر

پایه موم آفتابگردان در سس مایونز بررسی انجام دادند، مشابه بود[28]. این محققین نیز کاهش میزان آزاد شدن روغن در اثر افزایش غلظت اولئوژل را گزارش کردند. از دیگر دلایل نشت کمتر روغن در اولئوژل‌های با غلظت‌های بالاتر، می‌توان به خواص آبگریز بالای موم کارنوبا برای جلوگیری از انتشار روغن اشاره کرد.

Table 4 : Changes in the amount of oil loss (%) in samples during storage.

Day 60	Day 30	Day 1	Treatment
± 2.1 Aa 56.12	± 1.13 Ab 50.81	± 2.3 Ab 48.13	T0
± 1.7 Ba 36.82	± 3.1 Ba 33.54	± 1.4 Ba 30.23	T25
± 1.3 Ba 17.32	± 2.1 Ba 15.28	± 1.2 Ba 14.11	T50
± 0.9 Ca 5.98	± 0.6 Ca 5.14	± 0.7 ca 4.26	T75
± 0. 1 Da 0.33	± 0.01 Da 0.22	± 0.03 Da 0.21	T100

(Capital dissimilar letters indicate significant differences between the samples on the same day and small dissimilar letters are indicate significant differences between each samples ($p < 0.05$)).

۳-۳-٤ نتایج پایداری امولسیون نمونه‌ها:

امولسیونی که در آن پدیده‌های هم آمیختگی[1]، خامه‌ای شدن[2] و رونشینی[3] اتفاق نیفتد، بعنوان امولسیون پایدار شناخته می‌شود. در جدول ۵ نتایج مربوط به پایداری امولسیون نمونه‌ها آورده شده است. طبق این نتایج، در اکثر نمونه‌ها، کاهش معنی داری ($P<۰/۰۵$) در میزان پایداری امولسیون نمونه‌ها مشاهده نگردید؛ فقط در نمونه‌های حاوی ۵۰ و ۷۵ درصد اولئوژل، یک تفاوت معنی داری ($P<۰/۰۵$) در تیمارهای روز ۱ و ٦۰ دوره نگهداری مشاهده گردید. از دلایل این امر می‌توان به نگهداری این نمونه‌ها در دمای یخچال اشاره کرد. چون افزایش دما می‌تواند سبب تخریب ساختارهای مولکول‌ها، بالا رفتن آزادی، افزایش تحرک مولکول‌ها و کاهش ویسکوزیته و در نتیجه کاهش پایداری امولسیون - گردد[29] . در ارتباط با میزان اولئوژل بکار رفته، با افزایش غلظت اولئوژل در روزهای مختلف نگهداری کاهش معنی داری در میزان پایداری امولسیون مشاهده گردید. که در این ارتباط نتایج این پژوهش با نتایج اوسالیوان و همکاران (۲۰۱٦) و زیمانسکا و همکاران (۲۰۲۰) مطابقت داشت؛ این محققین بیان کردند که اولئوژل‌های بر پایه اتیل سلولز به نیروی برش حساس می‌باشند؛ و به این نتیجه رسیدند که نیروی گریز از مرکز، عامل اصلی تخریب ساختار شبکه پلیمری و افزایش بی ثباتی امولسیون می‌باشند[30, 31].

Table 5 : Changes in stability of emulsions (%) in samples during storage.

Day 60	Day 30	Day 1	Treatment
± 0.1 Aa 99.9	± 0.02 Aa 100.00	± 0.00 Aa 100.00	T0
± 0.2 Aa 99.8	± 0.1 Ba 99.73	± 0.1 ABa 99.81	T25
± 0.2 Bb 99.2	± 0.1 Cab 99.41	± 0.2 Ba 99.6	T50
0.21 BCb 98.8 ±	± 0.1 Dab 99.1	± 0.1 Ca 99.2	T75
± 0.1 Ca 98.7	± 0.1 Da 98.9	± 0.2 Ca 99.1	T100

(Capital dissimilar letters indicate significant differences between the samples on the same day and small dissimilar letters are indicate significant differences between each samples ($p < 0.05$)).

۳-۳-۵ نتایج خصوصیات رنگی نمونه‌ها:

در این آزمون شاخص L^*، میزان روشنی و شفافیت (دامنه آن از صفر (سیاه خالص) تا ۱۰۰ (سفید خالص) می‌باشد)، شاخص a^* ، میزان سبزی و قرمزی (دامنه آن، سبز خالص (۱۲۰-) تا قرمز خالص(۱۲۰+) می‌باشد) و شاخص b^* میزان نزدیکی به آبی و زردی (دامنه آن از آبی خالص (۱۲۰-) تا زردی خالص (۱۲۰+) می‌باشد) را نشان می‌دهد. نتایج مربوط به خصوصیات رنگی نمونه‌های سس مایونز در طی دوره ذخیره سازی در جدول ٦ آورده شده است. طبق جدول

1 -Coalescence
2- Creaming
3 -Flocculation

٦؛ زمان نگهداری هیچگونه تاثیر معنی داری (P<۰/۰۵) روی خصوصیات رنگی نمونه‌ها ندارد. در ارتباط با میزان اولئوژل جایگزین شده نتایج نشان داد که با افزایش میزان اولئوژل، شفافیت نمونه‌ها کمتر شد. در این پژوهش با افزایش میزان اولئوژل، بافت سس مایونز منسجم‌تر و فشرده‌تر و در نتیجه مولفه رنگی L^*،که نشان دهنده میزان انعکاس نور و درخشندگی می‌باشد، کاهش یافت. همچنین نتایج نشان داد که با افزایش میزان اولئوژل، مولفه a^* (میزان قرمزی نمونه‌های سس مایونز نگهداری شده در دمای یخچال) بصورت معنی داری (P<۰/۰۵) افزایش پیدا می‌کند، بطوریکه بیشترین و کمترین قرمزی به‌ترتیب متعلق به نمونه حاوی ۱۰۰و ۰ درصد اولئوژل بود. از سوی دیگر نتایج در ارتباط با مولفه b^* که نشان دهنده زردی نمونه‌های سس مایونز می‌باشد، نشان داد که در اثر بالا رفتن میزان اولئوژل در نمونه‌های سس مایونز، میزان زردی بصورت معنی داری (P<۰/۰۵) افزایش پیدا کرده است. دلیل این امر را می‌توان به رنگ موم کارنوبای بکار رفته در تولید اولئوژل‌های موجود در نمونه‌های سس مایونز نسبت داد. ازین نظر، نتایج این پژوهش با نتایج مقتدایی و همکاران(۱۳۹۵) که روی استفاده از اولئوژل روغن کنجد تولید شده بر پایه اتیل سلولز و موم زنبور عسل در فرمولاسیون همبرگر، بررسی انجام دادند، مشابه بود. این محققین نیز افزایش میزان زردی در اثر افزایش میزان اولئوژل در فرمولاسیون همبرگر را گزارش دادند[32].

Table 6 : Changes in Color in samples during storage.

Day 60	Day 30	Day 1	Treatment	Component
78.2 ± 0.1 Aa	78.23 ± 0.3 Aa	78.21 ± 0.1 Aa	T0	L^*
76.3 ± 0.1 Ba	76.29 ± 0.2 Ba	76.32 ± 0.2 Ba	T25	
72.24 ± 0.3 Ca	72.23 ± 0.1 Ca	72.25 ± 0.2 Ca	T50	
69.77 ± 0.1 Da	69.78 ± 0.2 Da	69.75 ± 0.1 Da	T75	
65.72 ± 0.1 Ea	65.71 ± 0.2 Ea	65.69 ± 0.3 Ea	T100	
-1.22 ± 0.01 Ea	-1.22 ± 0.01 Ea	-1.22 ± 0.01 Ea	T0	a^*
-0.82 ± 0.02 Da	-0.82 ± 0.02 Da	-0.82 ± 0.02 Da	T25	
-0.13 ± 0.02 Ca	-0.13 ± 0.02 Ca	-0.13 ± 0.02 Ca	T50	
0.32 ± 0.01 Ba	0.32 ± 0.01 Ba	0.32 ± 0.01 Ba	T75	
0.81 ± 0.01 Aa	0.81 ± 0.01 Aa	0.81 ± 0.01 Aa	T100	
11.68 ± 0.1 Ea	11.68 ± 0.1 Ea	11.69 ± 0.1 Ea	T0	b^*
13.05 ± 0.01 Da	13.06 ± 0.01 Da	13.05 ± 0.01 Da	T25	
15.84 ± 0.02 Ca	15.83 ± 0.02 Ca	15.85 ± 0.02 Ca	T50	
16.32 ± 0.02 Ba	16.31 ± 0.02 Ba	16.32 ± 0.02 Ba	T75	
17.22 ± 0.01 Aa	17.21 ± 0.01 Aa	17.21 ± 0.01 Aa	T100	

(Capital dissimilar letters indicate significant differences between the samples on the same day and small dissimilar letters are indicate significant differences between each samples ($p < 0.05$)).

۳-۳-٦ نتایج ارزیابی حسی نمونه‌ها:

از مهمترین فاکتورهای کیفی محصولات غذایی، رنگ و ظاهر این محصولات می‌باشد که دارای یک رابطه مستقیم با کیفیت بالای محصول و بازار پسندی آن دارد. نتایج مربوط به رنگ و ظاهر نمونه‌های سس مایونز در طی دوره نگهداری در شکل ۳ آورده شده است. نتایج نشان داد که فاکتورهای زمان و میزان اولئوژل جایگزین شده در طی دوره نگهداری، تاثیر معنی داری (P<۰/۰۵) روی همه تیمارها دارند. همانطور که در شکل ۳ مشاهده می‌گردد، نمونه شاهد در روز ابتدایی دارای بیشترین امتیاز و نمونه حاوی ۷۵ درصد اولئوژل جایگزین شده و نمونه حاوی ۱۰۰ درصد اولئوژل جایگزین شده در روز ٦۰ دارای پایین‌ترین امتیاز می‌باشند. در ارتباط با تاثیر زمان، امتیاز ویژگی ظاهری همه تیمارها در طی زمان یک کاهش معنی دار (P<۰/۰۵) مشاهده شد. همچنین نتایج نشان داد که در روزهای مشابه، یک رابطه معکوس بین میزان اولئوژل جایگزین شده و امتیاز مربوط به رنگ و ظاهر

نمونه‌ها وجود دارد. لازم به ذکر است در در انتهای دوره نگهداری همه تیمارها از نظر امتیاز در محدوده مطلوب و متوسط قرار داشتند. در شکل ٤، نتایج مربوط به ویژگی طعم و مزه در طی دوره نگهداری آمده است. نتایج حاکی از آن بود که امتیاز طعم و مزه در همه نمونه‌ها در طی دوره ذخیره سازی، یک کاهش معنی داری (P<۰/۰۵) داشتند؛ بگونه‌ای که بیشترین امتیاز مربوط به طعم و مزه در تیمارهای روز ۱ دوره نگهداری مشاهده گردید. از دلایل این امر می‌توان به افزایش تولید آنزیم‌های لیپاز و پروتئاز، توسط باکتری‌های سرمادوست در طی زمان ذخیره سازی و در نتیجه افزایش تجزیه چربی و پروتئین، اشاره کرد[33]. تغییرات اکسیداسیون در طول زمان نیز از دیگر دلایل کاهش مزه محسوب می‌گردد. از طرف دیگر، نتایج نشان داد که میزان اولئوژل جایگزین شده هیچگونه تاثیر معنی داری (P<۰/۰۵) بر طعم و مزه نمونه‌ها ندارد.

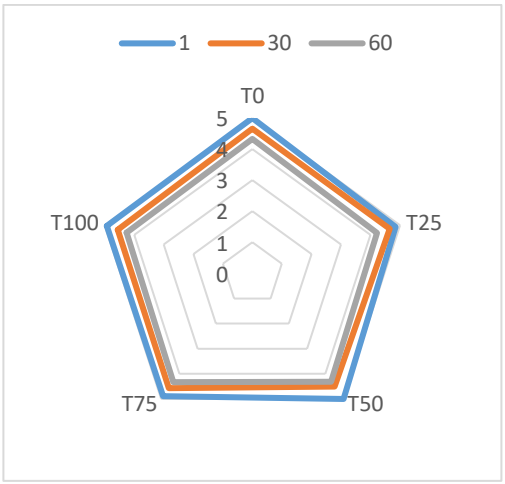

Fig 4 : Changes in taste in samples during storage (Capital dissimilar letters indicate significant differences between the samples on the same day and small dissimilar letters are indicate significant differences between each samples (p < 0.05)).

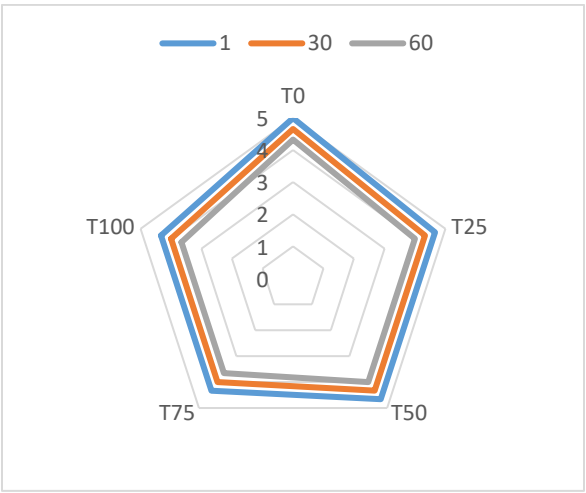

Fig 3: Changes in colour and appearance in samples during storage (Capital dissimilar letters indicate significant differences between the samples on the same day and small dissimilar letters are indicate significant differences between each samples (p < 0.05)).

نتایج مربوط به تاثیر زمان بر ویژگی حسی عطر و بوی و بافت نمونه‌های سس مایونز بترتیب در شکل ٥ و ٦ آورده شده است. نتایج نشان داد که، متغیرهای زمان و میزان اولئوژل، در طی دوره ذخیره سازی، دارای تاثیر معنی داری (P<۰/۰۵) روی عطر و بوی . بافت تیمارها می‌باشند. در این ارتباط، نمونه شاهد در روز ۱، دارای بیشترین امتیاز و نمونه‌های ۷۵ درصد و ۱۰۰ درصد اولئوژل در روز ٦٠ دارای کمترین امتیاز مربوط به ویژگی حسی عطر و بو و همچنین بافت بودند. از سوی دیگر، یک کاهش معنی داری (P<۰/۰۵) در امتیاز عطر و بو و بافت همه تیمارها در طی دوره نگهداری رخ داد. همچنین نتایج نشان داد که افزایش میزان اولئوژل در نمونه‌های مربوط به یک روز یکسان، دارای یک رابطه عکس با امتیاز عطر و بوی و بافت نمونه‌های سس مایونز می‌باشد. در این تست‌ها نیز در پایان دوره نگهداری، نتایج حاکی از مطلوب و متوسط بودن امتیاز عطر و بو و بافت بودند.

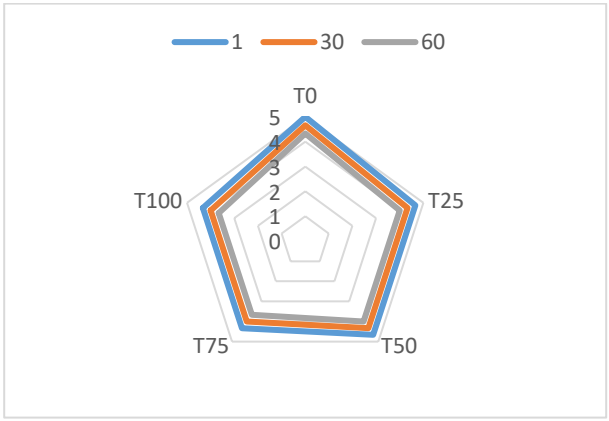

Fig 5: Changes in odor in samples during storage (Capital dissimilar letters indicate significant differences between the samples on the same day and small dissimilar letters are indicate significant differences between each samples ($p < 0.05$)).

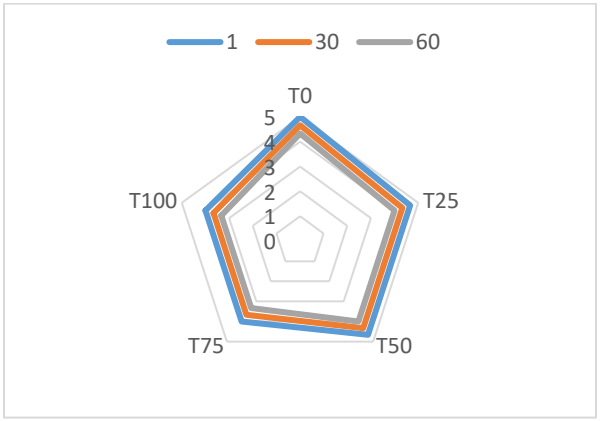

Fig 6 : Changes in texture in samples during storage (Capital dissimilar letters indicate significant differences between the samples on the same day and small dissimilar letters are indicate significant differences between each samples ($p < 0.05$)).

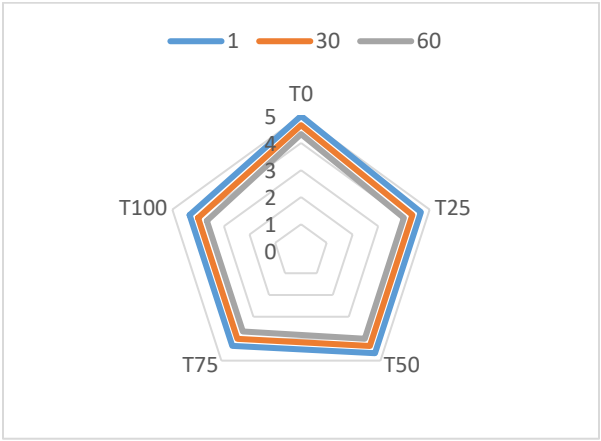

Fig 7: Changes in general acceptability in samples during storage. (Capital dissimilar letters indicate significant differences between the samples on the same day and small dissimilar letters indicate significant differences between in each of the samples ($p < 0.05$)).

نتایج مربوط به مقبولیت کلی نمونه‌های سس مایونز در شکل ۷ آمده است. طبق این نتایج، فاکتور زمان دارای یک رابطه عکس و معنی داری (P<۰/۰۵) با پذیرش کلی نمونه‌های سس مایونز می‌باشد. از طرف دیگر، میزان اولئوزل جایگزین شده نیز دارای یک رابطه غیر مستقیم و معنی داری (P<۰/۰۵) بر مقبولیت کلی نمونه‌های سس مایونز بود؛ به این صورت که با افزایش میزان اولئوزل جایگزین شده، امتیاز مقبولیت کلی تیمارها، کاهش معنی داری (P<۰/۰۵) داشتند. در مقبولیت کلی نیز همانند آزمون مربوط به ویژگی حسی بافت نمونه‌های ۲۵ درصد و ۵۰ درصد اولئوزل و همچنین نمونه‌های ۷۵ و ۱۰۰ درصد اولئوزل در طی دوره نگهداری هیچگونه تفاوت معنی داری (P<۰/۰۵) نداشتند. نمونه شاهد در روز اول بیشترین و نمونه‌های ۷۵ و ۱۰۰ درصد اولئوزل در روز ٦۰، کمترین امتیاز مقبولیت کلی را داشتند.

لیو و همکاران (۲۰۰۷) با بررسی خصوصیات بافتی و حسی سس مایونز کم چرب تولید شده بر پایه پکتین کم متوکسی دریافتند که بدلیل کاهش چربی، نمونه‌ها دارای بافتی سفت‌تر گشته و امتیاز مربوط به رنگ، ظاهر و پذیرش کلی به نسبت کمتری دریافت کردند که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت؛ این محققین میزان رطوبت بالاتر در سس‌های مایونز

تولید شده بر پایه پکتین و رقیق شدن رنگ نمونه‌ها را دلیل کاهش امتیاز مربوط به رنگ و ظاهر دانستند[13]. در تحقیقی دیگر مقتدایی و همکاران(۱۳۹۵) روی کاربرد اولئوژل روغن کنجد تولید شده توسط اتیل سلولز و موم زنبور عسل در فرمولاسیون همبرگر بررسی انجام دادند. این محققین گزارش کردند که اولئوژل اتیل سلولز دارای تاثیر مثبت اما اولئوژل موم زنبور عسل روی بافت محصول بدون تاثیر می‌باشد؛ همچنین این محققین بهبود پذیرش کلی، با افزایش میزان اولئوژل روغن کنجد تولید شده توسط اتیل سلولز و موم زنبور عسل در فرمولاسیون همبرگر را گزارش [32].

٤- نتیجه گیری:

در این تحقیق سعی شد به بررسی بهینه سازی فرمولاسیون تولید اولئوژل بر پایه روغن کنجد و دو نوع ارگانوژلاتور اتیل سلولز و موم کارنوبا و تاثیر آن بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی (اندیس پراکسید، اندیس تیوباربیتوریک اسید، میزان روغن آزاد شده و پایداری امولسیون و خصوصیات رنگی) و حسی (رنگ و ظاهر، مزه، بافت، عطر و مقبولیت کلی) سس مایونز پرداخته شد. نتایج نشان داد که در ارتباط با خصوصیات فیزیکوشیمیایی در طی دوره نگهداری، میزان اولئوژل جایگزین شده دارای یک رابطه عکس با اندیس پراکسید، اندیس تیوباربیتوریک اسید و میزان روغن آزاد شده و یک رابطه مستقیم با پایداری امولسیون نمونه‌های سس مایونز بود. در ارتباط با خصوصیات رنگی نتایج نشان داد که زمان نگهداری هیچگونه تاثیر معنی داری ($P<۰/۰۵$) روی خصوصیات رنگی نمونه‌ها ندارد. در ارتباط با میزان اولئوژل جایگزین شده نتایج نشان داد که با افزایش میزان اولئوژل، مولفه L^* نمونه‌ها کمتر اما مولفه a^* و b^* نمونه‌ها بیشتر می‌گردد. در ارزیابی ارگانولیپتیکی، نمونه‌های سس مایونز حاوی میزان اولئوژل جایگزین شده بیشتر، امتیاز حسی کمتری کسب کردند. با اینحال در انتهای دوره نگهداری همه تیمارها در محدوده مطلوب و متوسط قرار داشتند. بنابراین نتایج حاکی از آن بود که می‌توان با استفاده از اولئوژل بر پایه روغن کنجد و ارگانوژلاتورهای اتیل سلولز و موم کارنوبا، سس مایونزی با خواص فیزیکوشیمیایی و حسی مطلوب تهیه کرد.

۷- منابع

[1] Narine, S. S., & Marangoni, A. G. (1999). Relating structure of fat crystal networks to mechanical properties: A review. Food Res. Int. 32: 227-248.

[2] Marangoni, A. G., & Garti, N. (2015). Edible oleogels: Structure and health implications, Elsevier. Illinois.

[3] Garcia, R. D. K. D. A., Gandra, K. M. & Barrera-Arellano, D. (2013). Development of a zero trans margarine from soybean-based interesterified fats formulated using artificial neural networks. *Grasas y Aceites*, *64*(5), 521-530.

[4] Sagiri, S. S., Behera, B., Rafanan, R. R., Bhattacharya, C., Pal, K., Banerjee, I., & Rousseau, D. (2014). Organogels as matrices for controlled drug delivery: a review on the current state. *Soft Materials*, *12*(1), 47-72.

[5] Hughes, N. E., Marangoni, A. G., Wright, A. J., Rogers, M. A. & Rush, J. W. (2009). Potential food applications of edible oil organogels. Trends Food Sci. Technol. 20: 470-480.

[6] Andréa, C., Freitas, S., De, Henrique, P., Sousa, M. De, Soares, D. J., Ytalo, J., Guedes, F. (2019). Carnauba wax uses in food – A review. Food Chemistry. 291: 38– 48.

[7] Öğütcü, M. & Yılmaz, E. (2015). Characterization of hazelnut oil oleogels prepared with sunflower and carnauba waxes. Int. J. Food Prop. 18: 1741-1755.

[8] Diem, C., Tavernier, I., Kiyomi, P., & Dewettinck, K. (2018). Internal and external factors affecting the crystallization, gelation and applicability of wax-based oleogels in food industry. Innovative Food Science and Emerging Technologies. 45: 42– 52.

[9] Naji Tabasi, S., Mahdian, E., Arianfar, A., Naji Tabasi, S. (2020). Investigating the properties of oleogel prepared by Pickering emulsion molding method stabilized with solid particles of basil seed gum complex and soy protein isolate as a fat substitute in cream. Journal of Research and

Innovation in Food Science and Technology. 9 (3) :269-282. https://www.magiran.com/paper/2198686 [In Persian]
[10] Dassanayake, L. S. K., D. R. Kodali and S. Ueno. (2011). Formation of oleogels based on edible lipid materials. Curr. Opin. Solid State Mater. Sci. 16: 432-439.
[11] Bemer, Hanna L.; Limbaugh, Melissa; Cramer, Erica D.; Harper, W. James; Maleky, Farnaz (2016). Vegetable organogels incorporation in cream cheese products. Food Research International, 85(), 67–75. doi:10.1016/j.foodres.2016.04.016.
[12] Lee, J., Lee, Y., & Choe, E. (2008). Effects of sesamol, sesamin, and sesamolin extracted from roasted sesame oil on the thermal oxidation of methyl linoleate. LWT-Food Science and Technology, 41(10), 1871-1875.
[13] Liu; H., Xu, X. M., 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.
[14] AOCS.(1996) Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society. 4th ed ed: Champaign: AOCS Press.
[15] Mirrezaie Roodaki, M. S., Sahari, M. A., Ghiassi Tarzi, B., Barzegar, M., Gharachorloo, M. (2016). Effect of refining and thermal processes on olive oil properties. Journal of Agricultural Science and Technology, 18, 629-641. https://jast.modares.ac.ir/article-23-1727-en.pdf
[16] Gómez-Estaca, J., Herrero, A. M., Herranz, B., Álvarez, M. D., Jiménez-Colmenero, F., & Cofrades, S. (2019). Characterization of ethyl cellulose and beeswax oleogels and their suitability as fat replacers in healthier lipid pâtés development. Food Hydrocolloids, 87, 960-969.
[17] Valoppi, F., Calligaris, S., Barba, L., Šegatin, N., Poklar Ulrih, N., & Nicoli, M. C. (2017). Influence of oil type on formation, structure, thermal, and physical properties of monoglyceride-based organogel. European Journal of Lipid Science and Technology, 119(2), 1500549.
[18] Bligh E.G., Dyer W.J. A. (1959). rapid method of total lipid extraction and purification. Canadian Journal of Biochemistry and Physiology. 37: 911-917.
[19] AOCS. (1998). Official Methods and Practices of the AOCS, fifth ed. AOCS Press, Champaign, USA.
[20] Gravelle, A. J., Barbut, S., & Marangoni, A. G. (2012). Ethylcellulose oleogels: Manufacturing considerations and effects of oil oxidation. Food Research International, 48(2), 578-583.
[21] Öğütcü, M., Arifoğlu, N., &Yılmaz, E. (2015b). Storage stability of cod liver oil organogels formed with beeswax and carnauba wax. International Journal of Food Science & Technology. 50(2): 404–412.
[22] Nor Hayati., I. Yaakob., B. C. M. Chin., P. T. Nor Aini., I. (2009). Droplet characterization and stability of soybean oil/palm kennel olein o/w emulsions with the presence of selected polysaccharides. Food Hydrocolloids, 23,233- 243.
[23] Heo, Y., Kim, M., Lee, J., & Moon, B. (2019). Muffins enriched with dietary fiber from kimchi by-product: Baking properties, physical–chemical properties, and consumer acceptance. Food Science & Nutrition, 7(5), 1778–1785. https://doi.org/10.1002/fsn3.1020.
[24] Walallawita, W., D. Bopitiya, S. Sivakanthan, N. Jayawardana, and T. Madhujith. (2016). Comparison of Oxidative Stability of Sesame (Sesamum Indicum), Soybean (Glycine Max) and Mahua (Mee) (Madhuca Longifolia) Oils Against Photo Oxidation and Autoxidation. Procedia Food Sci. 6: 204-207.
[25] Shariati, F., azadmard- Damirchi, S., and Shirani Rad, A. H. (2018). Oleogel production from canola oil with mixture of ethyl cellulose and polyglycerol polyricinoleate. FSCT. 15 (81) :77-86
URL: http://fsct.modares.ac.ir/article-7-19976-fa.html. [In Persian].
[26] Zahra, Gh. Azizi, M. H. (2018). Application of Oleogels Prepared from Seasame Oil as Fat Replacer in Low Fat biscuits. Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requuirements for the Degree of Doctor of Philosophy (Ph.D) in Food Science and Technology Engineering Tarbiat Modares University Faculty of AgricultureDepartment of Food Science and Technology.
[27] Moradabbasi M, Goli A, Fayaz G. Effect of sodium caseinate and xanthan gum biopolymers concentration on oleogel production capability based on oil-in-water emulsion system. FSCT. 2021; 17 (107) :147-159. URL: http://fsct.modares.ac.ir/article-7-41301-fa.html. [In Persian].
[28] Snehal Ashokrao Holey; Kanaparedu P. C. Sekhar; Shalini Sanjay Mishra;Sanjit Kanjilal;Rati Ranjan Nayak; (2020). Sunflower Wax-Based Oleogel Emulsions: Physicochemical Characterizations and Food Application. ACS Food Science & Technology, (), – . doi:10.1021/acsfoodscitech.0c00050.
[29] Ven, C.V., Courvoisier, C. (2007). High pressure versus heat treatments for pasteurization and sterilization of model emulsions. Innov. Food Sci. Emerg., 8, 232-236.

[30] O'Sullivan, C. M., S. Barbut, and A. G. Marangoni. (2016). Edible oleogels for the oral delivery of lipid soluble molecules: composition and structural design considerations. Trends Food Sci. Technol 57: 59-73.
[31] Szymanska, I., Zbikowska, A. and Kowalska, M. (2020). Physical stability of model emulsions based on ethyl cellulose oleogels. *International Agrophysics*, *34*(3).
[32] Moghtadaei, M., and Soltanizadeh, N., and Hossein Goli, S. (2019). Evaluating the effect of cooling rate and organogelator concentration on the textural properties of sesame oil oleogels and comparison with animal fat. iranian journal of food science and technology, 16(90), 1-14. https://www.sid.ir/en/journal/viewpaper.aspx?id=746998. [In Persian].
[33] Tamime, A. Y., & Robinson, R. K. (2007). Tamime and Robinson's yoghurt: Science and Technology. Elsevier. pp 1-639.

Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Optimization of oleogel production formulation based on sesame oil and its effect on physicochemical and quality properties of mayonnaise

Shaghayegh Safipour[1] , Maryam Gharachorloo [1*] , Shima Yousefi[1]

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

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the production of mayonnaise containing oleogel prepared based on sesame oil and organogelators of ethyl cellulose and carnauba wax and to evaluate its physicochemical and organoleptic properties. In this research, the optimization of oleogel production was done based on the hardness and oil migration rate, and the treatment containing 7.41 grams of carnauba wax and 4.41 grams of ethyl cellulose was selected as the optimal treatment. Then 5 types of mayonnaise samples were prepared and physicochemical and sensory tests were performed on them on days 1, 30 and 60. During the storage period, the amount of replaced oleogel had an inverse relationship with peroxide index, thiobarbituric acid and the amount of released oil and a direct relationship with the emulsion stability of the samples. Also, the results showed that the storage time has no significant effect on the color characteristics of the samples; But with increasing amount of oleogel, the *L component of the samples decreases, but the *a and *b components of the samples increase. In the organoleptic evaluation, at the end of the shelf life, all the treatments were in the optimal and moderate range. Therefore, the results showed that mayonnaise with desirable physicochemical and sensory properties can be prepared using oleogels based on sesame oil and organogels of ethylcellulose and carnoba wax.

ARTICLE INFO

Article History:

Received: 2022/10/11
Accepted: 2023/8/7

Keywords:

carnoba wax,

ethyl cellulose,

mayonnaise,

oleogel,

sesame oil

DOI: 10.22034/FSCT.20.144.63
DOR:20.1001.1.20088787.1402.20.144.4.8

*Corresponding Author E-Mail:
gharachorlo_m@yahoo.com
m_gharachorlo@srbiau.ac.ir