مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

تولید شورتنینگ کم‌کالری با استفاده از امولسیون ژل با درصد بالای فاز داخلی و کاربرد آن در سیستم غذایی

زهرا نظری *

دکتری سازمان مرکزی جهاد دانشگاهی، پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی ، گروه کیفیت و ایمنی مواد غذایی

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۳/۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۷/۲۹

کلمات کلیدی:

امولسیون ژل،

بهینه‌سازی،

شورتنینگ،

بیسکویت.

DOI: 10.22034/FSCT.20.143. 31

DOR:20.1001.1.20088787.1402.20.143.3.5

* مسئول مکاتبات:

nazari@jdm.ac.ir

چکیده

پژوهش حاضر، باهدف تولید امولسیون ژل با اسیدهای چرب اشباع و ترانس کاهش‌یافته باقابلیت مصرف به‌عنوان شورتنینگ، انجام شد. از هیدروکلوئیدهای گوار، κ-کاراگینان ، CMC و مالتودکسترین برای تهیه امولسیون ژل، استفاده شد. برای پایداری امولسیون، از امولسیفایر PGPR (۱ درصد) استفاده شد. در فاز اول پژوهش، برای تولید امولسیون ژل با استفاده از صمغ گوار۰ تا ۰/۲۵ درصد، κ-کاراگینان ۰ تا ۲ درصد، CMC ۰ تا ۳ درصد و مالتودکسترین ۰ تا ۲۰ درصد، با نرم‌افزار Design Expert و به‌وسیله روش سطح پاسخ و طرح بهینه، فرمولاسیون‌های مختلفی ارائه و نمونه‌ها تولید شدند. آزمون‌های ارزیابی حسی و سفتی دستگاهی انجام گرفت و مدل‌های رگرسیونی برای پیش‌بینی پاسخ‌های سفتی، پذیرش کلی و سفتی دستگاهی ارائه و فرمولاسیون بهینه تعیین شد. در فاز دوم پژوهش، فرمولاسیون بهینه امولسیون ژل در سطوح ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰٪ برای تولید بیسکویت مورداستفاده قرار گرفت و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، حسی و اندیس پراکسید موردبررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد با جایگزینی ۵۰٪ شورتنینگ با امولسیون ژل می‌توان بیسکویتی با میزان چربی و اسید چرب اشباع کمتر و بدون ترانس و ازنظر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی مشابه با نمونه حاوی شورتنینگ به دست آورد.

۱- مقدمه

شورتنینگ از مواد اولیه پرمصرف در صنایع قنادی و نانوایی هستند. شورتنینگ‌ها دارای مقادیر بالای اسیدهای چرب اشباع و ترانس هستند و مصرف مقادیر بالای این نوع اسیدهای چرب، برای سلامتی مضر است و ابتلا به بیماری‌های مزمن ازجمله بیماری‌های قلبی را افزایش می‌دهد [۱]. طبق توصیه سازمان غذا و کشاورزی FAO[1] و نیز سازمان بهداشت جهانی WHO[2] میزان مصرف اسیدهای چرب‌اشباع و ترانس باید به ترتیب به کمتر از ۱۰٪ و کمتر از٪ ۱برسد [۲ و ۳]؛ بنابراین تولید جایگزین‌های چربی با حداقل اسیدهای چرب اشباع و فاقد اسیدهای چرب ترانس از اهمیت بالایی برخوردار است. به دلیل نقش تکنولوژیکی و ویژگی‌های رئولوژیکی چربی‌های جامد، حذف و جایگزین کردن کامل آن‌ها با روغن‌های مایع بسیار دشوار و نیازمند اصلاح ساختاری است [۴]. یکی از تکنولوژی‌های جدید جهت اصلاح بافت، استفاده از فرآیند ژل کردن امولسیون‌ها با روغن‌های مایع می‌باشد [۵]. ژل‌های امولسیونی، از طریق ژل کردن فاز پیوسته تا یک حد مشخص، تشکیل می‌شوند [۶]. تورس و همکاران (۲۰۱۷) ژل‌های امولسیونی با استفاده از روغن آفتابگردان، نشاسته و نشاسته تغییریافته اکتنیل سوکسینیک انهیدرید تهیه کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که قطرات امولسیون پایدار شده با نشاسته تغییریافته با اکتنیل سوکسینیک انهیدرید می‌تواند به‌عنوان عامل ژل ساز عمل کند [۷]. به‌طورکلی ژل‌های امولسیونی تهیه‌شده از یک پلی‌ساکارید غالباً دارای ساختار ژلی ضعیف و ظرفیت نگهداری آب پایینی هستند؛ درحالی‌که استفاده از دو یا ترکیبی از پلی‌ساکاریدها باعث افزایش عملکرد ژل می‌شود. استفاده از امولسیون ژل، در محصولات قنادی و نانوایی منجر به کاهش مهاجرت روغن، کاهش اسیدهای چرب اشباع و ترانس و پایداری امولسیون‌ها می‌شود [۸]. پاندی و همکاران (۲۰۱۶) با استفاده از صمغ‌های زانتان و گوار و همچنین سوربیتان مونواستتارات به‌عنوان امولسیفایر، امولسیون ژلی برای رسانش دارو تهیه کردند [۹]. پاتل و همکاران (۲۰۱۴)، با استفاده از کاراگینان، زانتان و صمغ لوبیای لوکاست، امولسیون ژلی متراکم که فاز پیوسته روغن را بین خود نگه‌داشته و موجب پایداری سیستم می‌شد، تهیه کردند [۱۰]. گوتیرز همکاران (۲۰۲۳)، خصوصیات حسی و ماندگاری کوکی تولیدشده با امولسیون ژل آلژینات- روغن‌زیتون را طی ۲۱ روز موردبررسی قراردادند و نتایج، ۴۰ درصد کاهش چربی و ۷۰ درصد کاهش اشباعیت را در مقایسه با نمونه شاهد نشان داد. [۱۱]. وانگ و همکاران (۲۰۲۳)، خصوصیات بافتی و رئولوژیکی اولئوژل بر پایه هیدروکسی پروپیل متیل سلولز و متیل سلولز را بررسی کردند و نشان دادند که اولئوژل بر پایه امولسیون به‌طور مؤثری از تجمع قطرات روغن جلوگیری می‌کند [۱۲]. هادنادو و همکاران (۲۰۱۱) با جایگزینی بخشی از روغن گیاهی موجود در مارگارین با ژل‌های٪ ۲۰ مالتودکسترین سیب‌زمینی و مالتودکسترین ذرت مومی، نشان‌دادند که جایگزین کردن ٪ ۱۵ از چربی در مارگارین با ژل مالتودکسترین، ویژگی‌های عملکردی مشابه با نمونه شاهد داشت. نتایج این تحقیق نشان داد که جایگزینی چربی توسط ژل‌های مالتودکسترین، باعث افزایش خصوصیات رئولوژیکی شامل درجه تیکسوتروپی، تنش تسلیم، ویسکوزیته ظاهری و مدول الاستیک و همچنین افزایش سفتی بافت، می‌شود

1- Food and Agriculture Organization

2-World Health Organization

[۱۳]. جایگزینی شورتنینگ با ژل حاوی روغن کانولا در کوکی، توسط جانگ و همکاران (۲۰۱۵)، موردبررسی قرار گرفت. در این تحقیق، از واکس کاندلیلا به‌عنوان ماده ژل کننده در دو غلظت ۳ و ۶٪ استفاده شد. نتایج نشان داد، میزان اسیدهای چرب غیراشباع در فرمولاسیون حاوی ژل در مقایسه با فرمولاسیون حاوی شورتنینگ افزایش داشته و ویژگی‌های حسی و پخش‌پذیری، مشابه با نمونه شاهد بود [۱۴]. مارتینز و همکاران (۲۰۱۵)، امولسیون روغن آفتابگردان – اتر سلولز را جایگزین کره در مافین کردند و نشان دادند که خمیر حاوی کره و خمیر حاوی امولسیون ژل، ویژگی‌های ویسکوالاستیک متفاوتی دارند. قابلیت پذیرش مافین های حاوی امولسیون ژل به علت سفتی بافت، اندکی پایین‌تر بود [۱۵]. جیاکوموزی و همکاران (۲۰۱۸)، اولئوژل‌های حاوی مونوگلیسرید و روغن آفتابگردان را جهت جایگزینی مارگارین در مافین مورداستفاده قراردادند. نتایج نشان داد، مافین های حاوی اولئوژل ویژگی پخش‌پذیری بیشتر، حجم مخصوص بالاتر و سفتی مشابه با نمونه شاهد را نشان دادند [۱۶]. هدف از این پژوهش، تولید امولسیون ژل کم‌چرب با استفاده از روغن کنجد وگوار، κ-کاراگینان، CMC و مالتودکسترین و همچنین کاربرد آن در بیسکویت به‌عنوان جایگزینی سالم‌تر (چربی اشباع کمتر و بدون ترانس) برای شورتنینگ می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱-مواد

در این تحقیق برای ژل کردن امولسیون از ۴ هیدروکلوئید استفاده شد. صمغ دانه گوار از شرکت condio از کشور آلمان، صمغ κ-کاراگینان از شرکت BASF آلمان، مالتودکسترین با برند سی سیب، از شرکت پارس استا (تهران، ایران) و CMC از شرکت sinochem از کشور چین تهیه شد. روغن کنجد، روغن صاف قنادی و آرد مورداستفاده در تهیه بیسکویت، از فروشگاه‌های محلی خریداری شد. برای محافظت از اکسیداسیون روغن‌کنجد از α-توکوفرول (سیگما-آلدریچ، امریکا) در فرمولاسیون استفاده شد. امولسیفایر لسیتین از شرکت گارگیل (Cargill)آمریکا و سایر مواد و محلول‌های شیمیایی مورداستفاده از نمایندگی شرکت مرک (Merck) آلمان تهیه شدند.

۲-۲- تهیه نمونه‌های امولسیون ژل جایگزین چربی

برای تهیه امولسیون ژل، ابتدا فاز آبی با حل کردن صمغ گوار (X_1): ۰/۲۵-۰، κ-کاراگینان (X_2): ۲-۰، CMC(X_3): ۳-۰ و مالتودکسترین (X_4): ۲۰-۰ (طبق فرمولاسیون ارائه‌شده توسط نرم‌افزار)، اسیدسیتریک (۰/۰۱ درصد)، سوربات پتاسیم (۰/۱ درصد) و نمک (۰/۱ درصد) در آب در دمای $^{\circ}C$ ۶۰ و فاز روغنی با حل کردن امولسیفایر پلی گلیسرول پلی رسینولئات[1] (۱ درصد) در روغن‌کنجد (۲۰ درصد) در دمای $^{\circ}C$ ۷۰-۶۵ تهیه شدند. برای محافظت روغن از اکسیداسیون، از آنتی‌اکسیدان طبیعی α-توکوفرول (۰/۰۵ درصد) استفاده شد. سپس فاز آبی و فاز روغنی با استفاده از همزن خانگی (Sunny، چین) در دمای $^{\circ}C$ ۶۰ مخلوط شدند. با سرد شدن نمونه، امولسیون ژل روغنی به دست آمد و تا زمان انجام آزمون‌ها در یخچال نگهداری شدند.

۲-۳-تولید بیسکویت

فرمولاسیون خمیر بیسکویت‌ها با استفاده از مقادیر مساوی همه مواد اولیه و مقادیر متفاوت روغن، شورتنینگ و امولسیون ژل طبق جدول ۱ آماده سازی شد، خمیر با ضخامت ۵ میلی متر و در قالب های مستطیل شکل به

3 -PGPR: Poly Glycerol Poly Ricinoleate

ابعاد ۴۵ * ۶۰میلی متر برش داده شد و در آون ^{0}C ۱۸۰ به مدت ۲۰ دقیقه پخته شد [۱۷].

Table 1 Biscuit formulation containing emulsion gels

Ingredients	control	oil	Emulsion gel			
			100%	75%	50%	25%
flour	45.45	45.45	45.45	45.45	45.45	45.45
shortening	19.69	-	-	4.92	9.84	14.77
oil	-	19.69	-	-	-	-
Emulsion gel	-	-	19.69	14.77	9.84	4.92
sugar	15.15	15.15	15.15	15.15	15.15	15.15
egg	18.18	18.18	18.18	18.18	18.18	18.18
improver	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23
salt	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3

۲-۴-ویژگی‌های روغن کنجد

ویژگی‌های روغن کنجد طبق استاندارد شماره ۱۷۵۲ (روغن‌ها و چربی‌های خوراکی – روغن پالایش‌شده کنجد – ویژگی‌های و روش‌های آزمون) تعیین شد [۱۸].

۲-۵-بررسی ویژگی‌های امولسیون ژل

ارزیابی حسی به روش ییلماز و همکاران (۲۰۱۵) و آنالیز بافت به روش لومور و همکاران (۲۰۱۰) انجام شد [۱۹ و ۲۰].

۲-۶-بررسی ویژگی‌های فیزیکو شیمیایی بیسکویت‌ها

بیسکویت‌های تهیه‌شده به مدت شش ماه، جهت ارزیابی اندیس پراکسید نگهداری شدند. درصد چربی نمونه‌ها طبق استاندارد ملی ایران شماره ۳۷ (بیسکویت، ویژگی‌ها و روش‌های آزمون) [۲۱]، فعالیت آبی توسط دستگاه (Novasina Sprint, Switzerland)، رطوبت، سفتی بافت توسط تست خمش سه‌نقطه‌ای، رنگ بیسکویت‌ها با استفاده از دستگاه هانترلب (VA.Colorflex, 45/0, USA) و آزمون حسی با روش سودها و همکاران (۲۰۰۷)، اندازه‌گیری شد [۲۲].

پروفیل اسیدهای چرب نمونه‌ها با کروماتوگرافی گازی (Agilant, 7890A, USA) مجهز به آشکارساز یونیزاسیون شعله‌ای تعیین شد. آماده‌سازی نمونه طبق استاندارد ملی ایران شماره ۲-۱۳۱۲۶ انجام شد [۲۳].

۲-۷-تحلیل آماری

در فاز اول هدف بهینه‌سازی فرمولاسیون امولسیون ژل کم‌چرب با استفاده از صمغ گوار، صمغ κ-کاراگینان ، CMC و مالتودکسترین باقابلیت استفاده به‌عنوان جایگزین شورتنینگ بود. حد بیشینه برای هر یک از هیدروکلوئیدها توسط پیش تیمارها تعیین شد. سپس با استفاده از طرح بهینه[1] با چهار متغیر مستقل گوار (X_1): ۰/۲۵-۰، κ-کاراگینان (X_2): ۲-۰، CMC(X_3): ۳-۰ و مالتودکسترین

1- I-Optimal

(X_4): ۲۰-۰ فرمولاسیون‌های مختلفی (25 ترکیب با 5 تکرار) تهیه شدند. تجزیه‌وتحلیل آماری (ANOVA) با استفاده از نرم‌افزار Design of Experiment انجام گرفت. مناسب بودن مدل با استفاده از ضریب تبیین R^2، عدم برازش و عدد p حاصل از ANOVA بررسی شد. معنی‌داری پارامترها به‌صورت آماری در سطح احتمال٪ ۵ بررسی و فرمولاسیون بهینه تعیین و به‌عنوان جایگزین شورتنینگ در فرمولاسیون بیسکویت استفاده شد. تمامی آزمون‌ها با سه تکرار انجام گردید. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی و در بخش آنالیز حسی در قالب بلوک‌های کاملاً تصادفی انجام شد. داده‌های به‌دست‌آمده از آزمون‌ها، پس از تجزیه واریانس با آزمون LSD مقایسه شدند. از نرم‌افزار (SAS) (Ver. 9.13) جهت تحلیل داده‌ها استفاده شد.

۳-نتایج و بحث

۳-۱- تأثیر هیدرو کلوئیدهای مختلف روی سفتی حسی

سفتی یکی از ویژگی‌های مهم برای شورتنینگ و محصولات مشابه به‌حساب می‌آید؛ که قابل ارزیابی با روش‌های حسی و همچنین دستگاهی هستند [۲۴]. سفتی حسی محصولات ژلی به‌صورت نیروی لازم برای ایجاد تغییر شکل در محصول تعریف می‌شود [۱۹]. طبق نتایج آنالیز واریانس؛ مدل رگرسیون برآورد شده برای سفتی حسی معنی‌دار ($p <$ ۰/۰۵) بود. عوامل معنی‌دار ($p <$ ۰/۰۵) آنالیز رگرسیون برای نوشتن مدل درجه‌دو کاهش‌یافته برای سفتی حسی انتخاب شدند که بر اساس مقادیر کد نویسی شده، به‌صورت معادله زیر است:

$$y = 6.99 + 1.47x_1 . 87x_2 + .02x_3 + 048x_4 + 0.58x_1 x_2 + 1.24x_1 x_3 - .23x_1 x_4 - 1. x_2 x_3 - 0.73x_2 x_4 - 0.64x_3 x_4 + 0.49x_1^2 - 0.62x_2^2 - 1.61x_3^2 - 0.81x_4^2$$

همان‌گونه که در شکل ۱ مشاهده می‌شود تمام هیدرو کلوئیدهای مورداستفاده دارای اثر معنی‌دار ($p <$ ۰/۰۵) روی سفتی حسی بودند.پلی‌ساکاریدها اغلب با تغییر و افزایش ویسکوزیته فاز آبی موجب پایداری امولسیون می‌شوند [۲۵]. افزایش مقدار هیدروکلوئید، می‌تواند باعث افزایش ویسکوزیته ظاهری، مدول ذخیره و افت در امولسیون‌های روغن در آب شود [۲۶]. اثر متقابل صمغ گوار و κ-کاراگینان و نیز صمغ دانه گوار و CMC روی سفتی معنی‌دار ($p <$ ۰/۰۵) و مثبت بود. نواحی صاف صمغ گوار قادر است به نواحی مارپیچ کاراگینان و CMC متصل شده و ژل‌های قوی و الاستیک، با آب اندازی کمتر حین سرد کردن تشکیل دهد [۲۷ و ۲۸]. اثر متقابل مالتودکسترین با سایر صمغ‌ها روی سفتی، معنی‌دار (۰/۰۵ > p) و منفی بود.

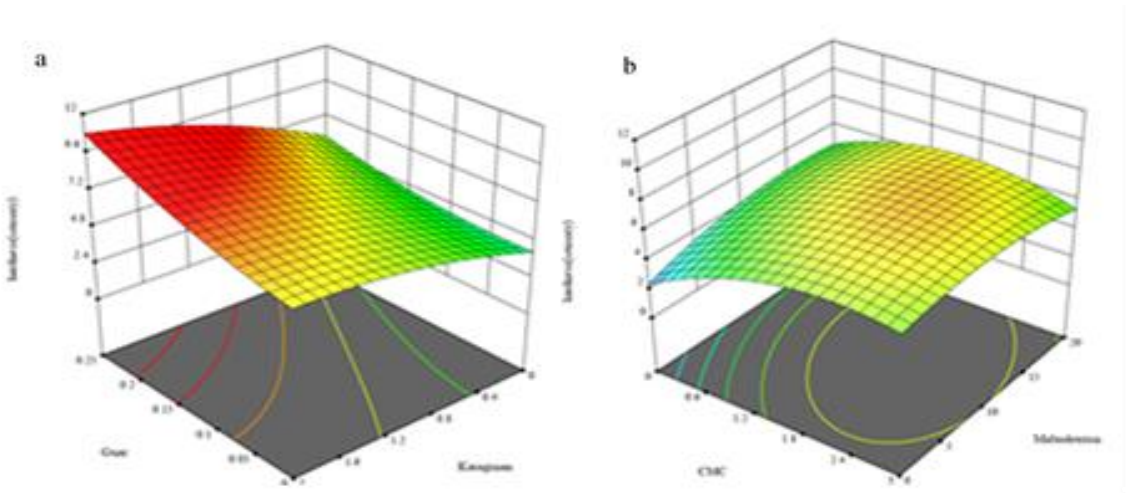

Fig 1. The change in hardness (sensory) of emulsion gel with (a) Guar and Karaginan (b) CMC and Maltodextrin

۳-۲- اثر هیدرو کلوئیدهای مختلف روی پذیرش کلی نمونه‌ها

معادله برآورد شده برای پیش‌بینی نتایج پذیرش کلی نمونه‌ها با در نظر گرفتن عوامل معنی‌دار ($p < ۰/۰۵$) و بر اساس مقادیر کد نویسی شده عبارت است از:

$$y = 5.93 - 0.66x_1 . 13x_2 + .87x_3 + 035x_4 - 1.49x_1 x_2 - 1.41x_1 x_3 - .78x_1 x_4 + 0. x_2 x_3 - 1.07x_2 x_4 + 0.23x_3 x_4 - 2.78x_1^2 - 0.12x_2^2 + 0.48x_3^2 - 0.18x_4^2$$

نتایج آنالیز نشان دادند پذیرش کلی با افزایش مقدار κ-کاراگینان، CMC و مالتودکسترین افزایش یافت. درحالی‌که صمغ گوار اثر معنی‌دار ($p < ۰/۰۵$) و منفی روی پذیرش کلی نمونه‌ها بود. شکل ۲ نشان می‌دهد که حداکثر پذیرش کلی با حداقل مقدار مالتودکسترین و حداکثر مقدار κ-کاراگینان قابل‌دستیابی است.

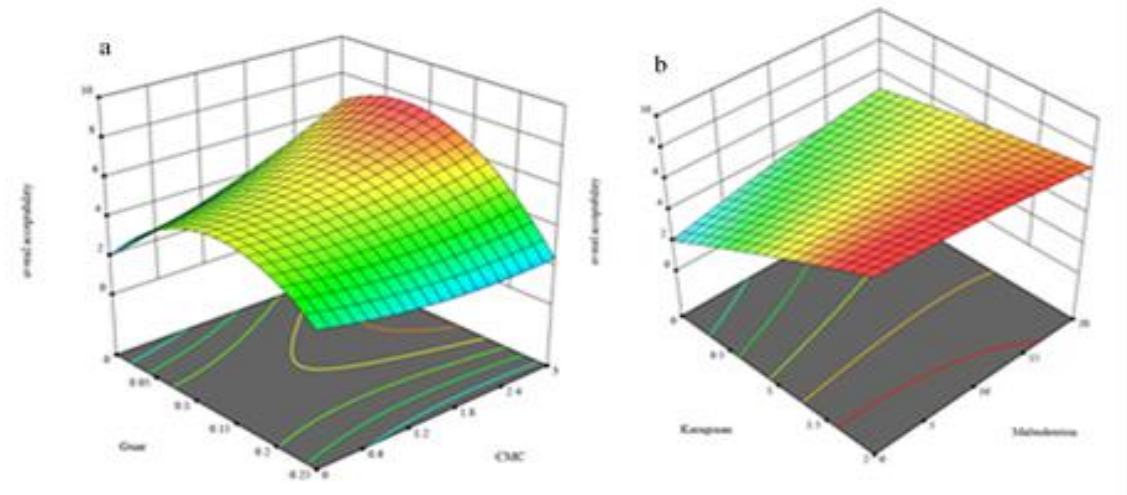

Fig 2. The change in overall acceptability of emulsion gel with (a) Guar and CMC (b) Karaginan and Maltodextrin

۳-۳- اثر هیدرو کلوئیدهای مختلف روی سفتی دستگاهی

حداکثر نیروی اعمال‌شده توسط دستگاه بافت سنج برای فشردن نمونه، به‌عنوان سفتی دستگاهی در نظر گرفته شد. مدل برآورد شده برای سفتی دستگاهی با در نظر گرفتن عوامل معنی‌دار ($p < ۰/۰۵$) و بر اساس مقادیر کد نویسی شده عبارت است از:

$$y = 166.96 + 46.93x_1 + 71.10x_2 + 50.82x_3 + 17.06x_4 + 17.44x_1x_2 + 35.53x_1x_3 - 22.46x_1x_4 - 27.51x_2x_3 + 3.04x_2x_4 + 1.56x_3x_4 + 14.11x_1^2 - 16.97x_2^2 - 41.48x_3^2 - 15.48x_4^2$$

سفتی دستگاهی همبستگی مثبت بالایی (۰/۹۴) را با پاسخ‌های سفتی حسی داشت. همان‌طوری که مشاهده می‌شود؛ سفتی دستگاهی نمونه‌ها به‌طور معنی‌داری ($p < ۰/۰۵$) با افزایش مقادیر تمامی هیدروکلوئیدها به‌صورت خطی افزایش یافت که موافق با نتایج سفتی حسی بود. با توجه به اثر ترکیبی κ-کاراگینان و CMC (شکل ۳) سفتی دستگاهی در مقدار حداکثر κ-کاراگینان (۰/۲٪) و مقدار مساوی CMC (۰/۲٪)، حداکثر بود. با افزایش مقدار CMC، سفتی دستگاهی کاهش یافت. اثر متقابل صمغ گوار و مالتودکسترین معنی‌دار ($p < ۰/۰۵$) و منفی بود.

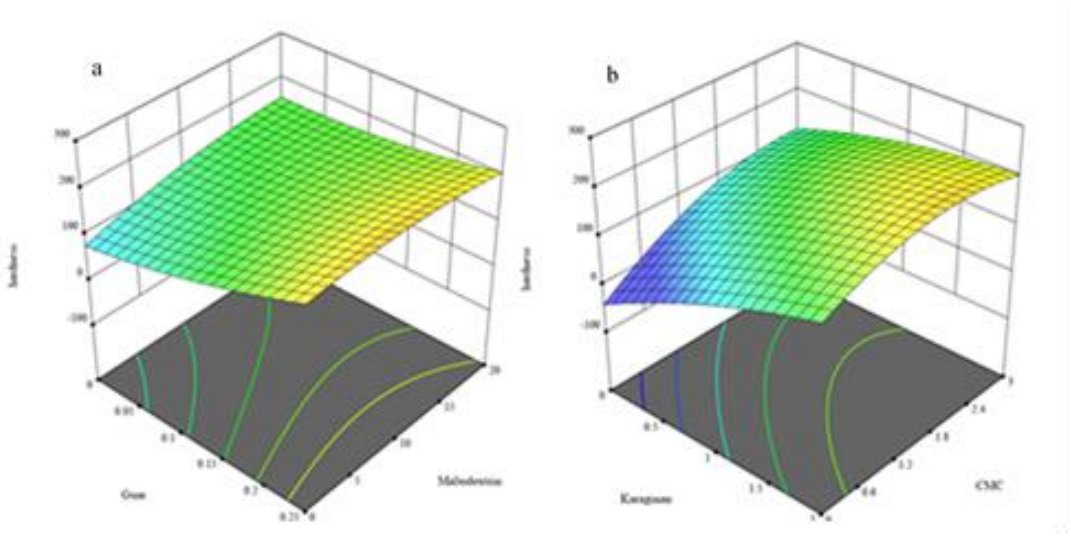

Fig 3. The change in hardness of emulsion gel with (a) Guar and Maltodextrin (b) Karaginan and CMC

اثر متقابل صمغ گوار و κ-کاراگینان و نیز صمغ گوار و CMC روی سفتی معنی‌دار ($p < ۰/۰۵$) و مثبت بود. نتایج مشابهی برای اثر سینرژیستی κ-کاراگینان و زانتان گزارش‌شده است که درنهایت موجب تشکیل ژلی قوی‌تر و الاستیک تر می‌شود [۲۸ و ۲۹].

۳-۴- بهینه‌سازی و اعتبارسنجی مدل

برای حذف فرمول‌ها با سفتی نامناسب (بسیار نرم یا بسیار سفت) محدوده بهینه پاسخ‌های سفتی حسی و دستگاهی بر اساس نمونه‌های با پذیرش کلی بالا تعیین و این محدوده به‌عنوان معیار مطلوبیت سفتی در نظر گرفته شد. پس از تأیید اعتبار مدل‌های رگرسیونی و با تنظیم پارامترهای موردنظر، فرمول بهینه امولسیون ژل شامل ۰/۷۷٪ صمغ گوار، ۱/۶۵٪ κ-کاراگینان ، ۱/۸۶٪ CMC و

۱۴/۸۹٪ مالتودکسترین، تهیه و جایگزین شورتنینگ در بیسکویت استفاده شد.

۳-۵-ویژگی‌های روغن کنجد

همان‌گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، مقادیر به‌دست‌آمده برای ویژگی‌های روغن کنجد با استانداردهای مربوطه [۱۸] مطابقت دارد. میزان اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع روغن کنجد مورداستفاده، به ترتیب ۱۵/۳۵ و ۸۴/۵۴ می‌باشد (جدول ۳).

Table 2 Properties of sesame oil

	Result	Limit
Moisture (%)	0.1	Max 0.1
Peroxide value(eqo2/kg)	1.51	Max 5
Free fatty acid	0.09	Max 0.1
iodine index	105	103-118

Table 3 Sesame oil fatty acid profile

g/100g	Fatty acid
C12:0	-
C14:0	0.17±0.01
C16:0	9.25±0.04
C16:1	0.32±0.03
C17:0	0.08±0.01
C17:1	0.05±0.03
C18:0	5.53±0.02
C18:1	41.21±0.04

C18:2	42.12±0.04
C18:3	0.47±0.01
C20:0	0.32±0.02
C20:1	0.37±0.05
C22:0	-
Saturated fat	15.35±0.03
Unsaturated fat	84.54±0.01

۳-۶-بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی بیسکویت حاوی امولسیون ژل

ویژگی‌های بیسکویت بعد از پخت شامل شش فرمولاسیون حاوی ۱۰۰٪ روغن کنجد، حاوی ۱۰۰٪ شورتنینگ، نمونه‌های حاوی شورتنینگ و ۲۵٪، ۵۰٪، ۷۵٪ و ۱۰۰٪ امولسیون ژل می‌باشند (جدول ۴). میزان چربی، فعالیت آبی، رطوبت، سفتی بافت و رنگ نمونه‌ها در جدول ۴ آمده است. میزان چربی نمونه‌های حاوی امولسیون ژل نسبت به نمونه حاوی شورتنینگ کاهش پیداکرده است. این کاهش نسبت به نمونه حاوی شورتنینگ در نمونه‌های ۲۵٪، ۵۰٪، ۷۵٪ و ۱۰۰٪ به ترتیب ۵/۵٪، ۸/۳٪، ۱۰/۵٪ و ۱۲/۲٪ بوده است. بالاترین میزان فعالیت آبی در نمونه حاوی شورتنینگ مشاهده شد و بین نمونه‌های حاوی ژل نیز تفاوت معنی‌داری (p < ۰/۰۵) وجود نداشت. همان‌گونه که نتایج نشان می‌دهد، نمونه‌های حاوی روغن و ۱۰۰٪ امولسیون ژل، بیشترین میزان نیرو و نمونه‌های حاوی ۲۵٪ امولسیون ژل، کمترین میزان نیرو و نرم‌ترین بافت را داشتند. در مطالعه انجام‌شده توسط جانگ و همکاران (۲۰۱۵)، نیز میزان نیرو موردنیاز جهت شکستن بیسکویت‌های حاوی اولئوژل (واکس کاندلیلا به‌عنوان ماده ژل کننده و روغن آفتابگردان به‌عنوان فاز روغنی)، بعد از پخت طی آزمون خمش بررسی شد که نتایج حاکی از بافت نرم‌تر در نمونه‌های حاوی اولئوژل نسبت به نمونه حاوی شورتنینگ بود [۱۴]. همان‌گونه که نتایج نشان می‌دهد، نمونه حاوی شورتنینگ دارای بالاترین شاخص L^* (روشنایی) و نمونه حاوی روغن دارای کمترین میزان این شاخص است. نمونه‌های ۱۰۰٪ دارای بیشترین میزان شاخص b^* (آبی- زرد) می‌باشند. بالا بودن این شاخص و زردی بیشتر، به دلیل امولسیون ژل‌های موجود در این نمونه‌هاست. ازنظر شاخص a^* (سبز- قرمز) نیز، نمونه‌های ۲۵٪ دارای قرمزی بیشتری نسبت به سایر نمونه‌ها هستند. در مطالعه انجام‌شده توسط ییلماز و اوگوتچو (۲۰۱۵)، رنگ بیسکویت‌های حاوی شورتنینگ با رنگ بیسکویت‌های حاوی اولئوژل (موم آفتابگردان و روغن فندق) مقایسه شد. یافته‌های این محققین نیز حاکی از بالا بودن شاخص روشنایی و پایین‌تر بودن شاخص b^* در نمونه حاوی شورتنینگ بود و نمونه‌های حاوی اولئوژل‌ها دارای قرمزی رنگ بیشتری بودند [۳۰].

Table 4 Physicochemical characteristics of biscuits containing gel emulsion

Treatments	Fat (%)	a_w	Moisture (%)	Hardness(N)	color		
					L^*	a^*	b^*
shortening	18±0.05	0.355±0.01[a]	9.61±0.01[a]	13.05±0.01[d]	71.8±0.04[a]	9.77±0.02[d]	29.85±0.05[f]
oil	15±0.04	0.283±0.02[b]	7.35±0.02[b]	15.36±0.03[b]	65.33±0.04[e]	5.51±0.01[e]	32.14±0.04[e]
25% emulgel	17±0.05	0.169±0.02[c]	4.12±0.01[d]	10.05±0.01[f]	67.25±0.05[d]	11.68±0.03[a]	36.85±0.03[d]
50% emulgel	16.5±0.04	0.168±0.03[cd]	4.95±0.03[c]	12.78±0.02[e]	68.12±0.03[c]	10.21±0.04[b]	38.23±0.05[c]
75% emulgel	16.1±0.05	0.167±0.01[cd]	4.93±0.02[c]	14.15±0.01[c]	68.18±0.02[b]	10.19±0.05[b]	39.22±0.02[b]
100% emulgel	15.8±0.05	0.165±0.01[d]	4.92±0.02[c]	17.21±0.01[a]	68.19±0.04[b]	10.01±0.05[c]	39.97±0.05[a]

Means within the same rows with different common letters differ significantly (P<0.05)

۳-۷-بررسی ویژگی‌های حسی بیسکویت حاوی امولسیون ژل

همان‌گونه که نتایج در جدول ۵ نشان می‌دهد، ازنظر رنگ، تفاوت قابل‌ملاحظه‌ای بین نمونه‌ها مشاهده نشد ($p < ۰/۰۵$). ازنظر بافت، نمونه شورتنینگ، نمونه‌های ۲۵٪ و ۵۰٪ بیشترین امتیاز را داشتند. ازنظر پذیرش کلی، نمونه شورتنینگ و نمونه ۵۰٪ بیشترین امتیاز را نشان دادند. در مطالعه انجام‌شده توسط پاتل و همکاران (۲۰۱۴)، اولئوژل‌های حاوی شلاک و روغن کانولا جایگزین مارگارین در کیک شدند. یافته‌های این محققین نیز نشان داد، کیک های حاوی اولئوژل ازنظر ویژگی‌های حسی اختلاف معنی‌داری ($p < ۰/۰۵$) با کیک های حاوی مارگارین نداشتند [۳۱].

Table 5 Sensory characteristics of biscuits containing gel emulsion

Treatment	color	Texture	Taste & flavor	Overall acceptance
shortening	10.00±0.05[a]	9.64±0.03[b]	9.89±0.04[a]	10.00±0.01[a]
oil	9.84±0.05[ab]	8.12±0.02[c]	8.78±0.04[b]	9.02±0.05[d]
25% emulgel	9.84±0.03[ab]	9.83±0.05[a]	9.79±0.01[a]	9.12±0.02[c]
50% emulgel	9.77±0.04[b]	9.52±0.02[b]	8.62±0.02[b]	9.24±0.02[b]
75% emulgel	10.00±0.05[a]	9.31±0.03[bc]	9.22±0.03[ab]	9.21±0.03[b]
100% emulgel	9.86±0.01[ab]	9.21±0.04[bc]	8.45±0.03[c]	8.41±0.02[e]

Means within the same rows with different common letters differ significantly (P<0.05)

۳-۸-بررسی پروفیل اسیدهای چرب بیسکویت حاوی امولسیون ژل

همان‌گونه که در جدول ۶ مشاهده می‌شود، نمونه‌های حاوی ژل با ۵۰٪، ۷۵٪ و ۱۰۰٪ جایگزینی فاقد اسیدهای چرب ترانس بودند؛ اما نمونه‌های با ۲۵٪ جایگزینی به دلیل دارا بودن مقدار بالاتر شورتنینگ هنوز دارای مقادیری اسید چرب ترانس می‌باشند. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، میزان کاهش اسیدهای چرب اشباع در نمونه‌های با ۵۰٪، ۷۵٪ و ۱۰۰٪ جایگزینی به ترتیب ۸/۸٪، ۱۴/۵٪ و ۱۵/۳٪ بوده است. در مطالعه انجام‌شده توسط جیارانتی و همکاران (۲۰۱۵)، ۵۰٪ کره موجود در فرمولاسیون کوکی، با امولسیون‌های حاوی ژل (اینولین و روغن‌زیتون) جایگزین شد. نتایج نشان داد که میزان کاهش اسیدهای چرب اشباع ۲۴٪ بود [۱۷].

Table 6 Fatty acid profile of biscuits containing gel emulsion

Fatty acid	Biscuit				
	Shortening	25%	50%	75%	100%
C12:0	0.15±0.01	0.21±0.01	0.21±0.01	0.14±0.01	0.13±0.02
C14:0	0.82±0.01	1.15±0.04	0.91±0.03	0.74±0.02	0.73±0.04
C16:0	44.50±0.03	41.74±0.05	41.21±0.05	35.13±0.05	34.46±0.04
C16:1	-	0.09±0.01	0.08±0.01	0.18±0.04	0.18±0.04
C17:0	0.02±0.01	0.04±0.01	0.05±0.01	0.04±0.01	0.11±0.01
C17:1	-	0.04±0.01	0.05±0.01	0.05±0.01	0.05±0.01
C18:0	6.75±0.05	5.96±0.05	6.69±0.03	8.80±0.04	8.85±0.05
C18:1	37.01±0.04	40.36±0.04	40.37±0.04	41.55±0.05	41.54±0.04
C18:1(T)	4.51±0.03	1.26±0.03	-	-	-
C18:2	5.64±0.03	8.91±0.03	9.62±0.03	13.01±0.05	13.12±0.04
C18:3	0.11±0.01	0.22±0.01	0.24±0.01	0.21±0.01	0.23±0.01
C20:0	0.2±0.02	0.04±0.01	0.09±0.01	0.20±0.02	0.33±0.01
C20:1	-	-	-	0.18±0.03	0.23±0.01
C22:0	0.25±0.01	0.14±0.02	0.15±0.01	-	-
Saturated fat	52.69±0.05	49.28±0.05	48.05±0.05	45.05±0.05	44.61±0.05
Unsaturated fat	47.27±0.04	50.88±0.05	51.62±0.03	55.18±0.04	55.35±0.04

۳-۹-بررسی اندیس پراکسید بیسکویت حاوی امولسیون ژل، طی نگهداری

بیشترین میزان اندیس پراکسید (جدول ۷) در طی نگهداری مربوط به نمونه حاوی روغن بود و نمونه‌های حاوی امولسیون ژل به‌صورت معنی‌داری ($p < ۰/۰۵$)

اندیس پراکسید کمتری نسبت به نمونه حاوی روغن و شورتنینگ داشتند که این امر اثر محافظتی امولسیون ژل در برابر اکسایش روغن و آنتی اکسیدان را نشان می‌دهد. در تحقیق انجام‌شده توسط ییلماز و اوگوتچو (۲۰۱۴)، ویژگی‌های اولئوژل حاوی روغن‌زیتون و دو ماده ژل کننده شامل موم زنبورعسل و موم آفتابگردان، با مارگارین مقایسه شد. یکی از ویژگی‌های موردبررسی، پایداری اکسایشی از طریق بررسی اندیس پراکسید طی ۹۰ روز بود. مطالعات آن‌ها نشان داد، اندیس پراکسید در اولئوژل‌های حاوی ژل سازها، کمتر از نمونه شاهد بود [۳۲].

Table 7 Biscuit peroxide index containing gel emulsion, during storage

Treatment	Peroxide value(mEq/Kg) (day)			
	0	60	120	360
shortening	1.35±0.02^{b}	1.42±0.01^{b}	1.51±0.03^{b}	1.62±0.03^{b}
oil	1.88±0.03^{a}	1.96±0.04^{a}	2.21±0.02^{a}	2.32±0.02^{a}
25% emulgel	1.24±0.01^{d}	1.32±0.03^{c}	1.38±0.01^{d}	1.44±0.04^{c}
50% emulgel	1.30±0.04^{c}	1.38±0.04^{b}	1.48±0.03^{c}	1.54±0.01^{b}
75% emulgel	1.33±0.02^{b}	1.39±0.03^{b}	1.51±0.04^{b}	1.58±0.03^{b}
100% emulgel	1.34±0.03^{b}	1.42±0.05^{b}	1.55±0.02^{b}	1.61±0.01^{b}

Means within the same rows with different common letters differ significantly (P<0.05)

۴-نتیجه‌گیری کلی

با توجه به لزوم مصرف غذاهایی با مقدار چربی کمتر و نیز ضرورت کاهش اسیدهای چرب اشباع و حذف اسیدهای چرب ترانس از رژیم غذایی، ژل امولسیونی با استفاده از روغن‌کنجد و هیدروکلوئیدها و با پتانسیل استفاده به‌عنوان شورتنینگ کم‌کالری تولید شد و ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی آن‌ها بررسی شدند. فرمولاسیون بهینه، دارای سفتی حسی و دستگاهی و پذیرش کلی مناسبی بود و پتانسیل خوبی برای استفاده به‌عنوان شورتنینگ کم‌کالری داشتند. امولسیون ژل بهینه با سطوح مختلف جایگزین شورتنینگ در خمیر بیسکویت شد. اسیدهای چرب اشباع در بیسکویت‌های حاوی امولسیون ژل، نسبت به نمونه شاهد به میزان قابل‌ملاحظه‌ای کاهش یافت. علاوه بر این، بیسکویت‌های حاوی امولسیون ژل در سطوح جایگزینی ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰٪، فاقد اسیدهای چرب ترانس بودند. با توجه به نتایج آزمون‌های حسی و بافتی، جایگزینی شورتنینگ در خمیر بیسکویت تا ۵۰٪، منجر به ایجاد ویژگی‌های مطلوب در محصول (کاهش میزان چربی و پروفیل چربی سالم‌تر) در مقایسه با نمونه شاهد می‌شود.

۵- منابع

[1] Wang, Q. Afshin, A., Yakoob, M.Y., Singh, G.M., Rehm, C.D., Khatibzadeh, S., Micha, R., Shi, P., Mozaffarian, D., Nutrition, G.B.o.D., and Group, C.D.E., (2016). Impact of nonoptimal intakes of saturated, polyunsaturated, and trans fat on global burdens of coronary heart disease. Journal of the

American Heart Association. 5(1): e002891.
[2] FAO, (2010). Fats and fatty acids in human nutrition. Report of an expert consultation, 10-14 November 2008, Geneva. Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome.
[3] World Health Organization, (2003). Diet, nutrition, and the prevention of chronic diseases: report of a joint WHO/FAO expert consultation, in WHO Technical Report Series, No. 916. World Health Organization: Genava.
[4] Co, E.D. and Marangoni, A.G., (2012). Organogels: An alternative edible oil structuring method. Journal of the American Oil Chemists' Society. 89(5): 749780.
[5] Martins, A.J., Vicente, A.A., Cunha, R.L., and Cerqueira, M.A., (2018). Edible oleogels: an opportunity for fat replacement in foods. Food & Function. 9(2): 758773.
[6] Dickinson, E., (2012). Emulsion gels: The structuring of soft solids with proteinstabilized Oil droplets. Food Hydrocolloids. 28(1): 224-241.
[7] Torres, O., Tena, N.M., Murray, B., and Sarkar, A., (2017). Novel starch based emulsion gels and emulsion microgel particles: Design, structure and rheology. Carbohydrate Polymers. 178: 86-94.
[8] Hughes, N. E., Marangoni, A. G., Wright, A. J., Rogers, M. A., & Rush, J. W. E. (2009). Potential food applications of edible oil organogels. Trends in Food Science and Technology, 20: 470-480.
[9] Pandey, S., Senthilguru, K., Uvanesh, K., Sagiri, S., Behera, B., Babu, N., Bhattacharyya, M., Pal, K., and Banerjee, I., (2016). Natural gum modified emulsion gel as single carrier for the oral delivery of probiotic-drug combination. International Journal of Biological Macromolecules. 92: 504-514.
[10] Patel, A.R., Rodriguez, Y., Lesaffer, A., and Dewettinck, K., (2014). High internal phase emulsion gels (HIPE-gels) prepared using food-grade components. RSC advances. 4(35): 18136-18140.
[11] Gutiérrez-Luna, K., Astiasaran, L., Ansorena, D. (2023). Fat reduced cookies using an olive oil-alginate gelled emulsion: Sensory properties, storage stability and in vitro digestion, Food Research International, 167, 112714.
[12] Wang, Q., M. Espert, M., Larrea, V., Quiles, A., Salvador, A., Sanz, T. (2023). Comparison of different indirect approaches to design edible oleogels based on cellulose ethers, Food Hydrocolloids, 134: 108007.
[13] Hadnađev, M., Hadnađev, T.D., Torbica, A., Dokić, L., Pajin, B., and Krstonošić, V., (2011). Rheological properties of maltodextrin based fat-reduced confectionery spread systems. Procedia Food Science. 1: 62-67.
[14] Jang, A., Bae, W., Hwang, H.S., Lee, H.G., & Lee, S. (2015). Evaluation of canola oil oleogels with candelilla wax as an alternative to shortening in baked goods. Food Chemistry, 187: 525–529.
[15] Martínez-Cervera, S., Salvador, A., & Sanz, T. (2015). Formulating biscuits with healthier fats. Consumer profiling of textural and flavour sensations during consumption. Food Research International, 53: 134–140.
[16] Giacomozzi, A.S., Carrin, M.E., & Palla, C.A. (2018). Muffins elaborated with optimized monoglycerides oleogels: from solid fat replacer obtention to product quality evaluation. Journal of Food Science, 83(6): 1505-1515.
[17] Giarnetti, M., Paradiso, V.M., Caponio, F., Summo, C., & Pasqualone, A. (2015). Fat replacement in shortbread cookies using an emulsion filled gel based on inulin and extra virgin olive oil. LWT - Food Science and Technology, 63: 349-365.
[18] ISIRI. (2014). Edible fats and oils – Refined Sesame oilSpecifications and Test methods. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (1752)
[19] Yılmaz, E. and Öğütcü, M., (2015). Oleogels as spreadable fat and butter alternatives: Sensory description and consumer perception. Rsc Advances. 5(62): 50259-50267.
[20] Lumor, S.E., Pina-Rodriguez, A.M., Shewfelt, R.L., and Akoh, C.C., (2010). Physical and sensory attributes of a trans-free spread formulated with a blend containing a structured lipid, palm mid-fraction, and cottonseed oil. Journal of the American Oil Chemists' Society. 87(1): 69-74.
[21] ISIRI. (2019). Biscuit- Specifications and test Methods. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (37)
[22] Sudha,. M.L, Vetrimani, R., & Leelavathi, K. (2007). Influence of fibre from different cereals on the rheological characteristics of wheat flour dough and on biscuit quality. Food Chemistry, 100: 1365–1370.
[23] ISIRI. (2022). Animal and vegetable fats and oils— Gas chromatography of fatty acid methyl esters— Part 2: Preparation of methyl esters of fatty acids. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (13126-2)
[24] Glibowski, P., Zarzycki, P., and Krzepkowska, M., (2008). The rheological and instrumental textural properties of selected table fats. International Journal of Food Properties. 11(3): 678-686.
[25] Dickinson, E., (2003). Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems. Food Hydrocolloids. 17(1): 25-39.
[26] Dolz, M., Hernandez, M., and Delegido, J., (2006). Oscillatory measurements for salad dressings stabilized with modified starch, xanthan gum, and locust bean gum. Journal of Applied Polymer Science. 102(1): 897-903.
[27] Imeson, A., (2009), Carrageenan and furcellaran,

in Handbook of hydrocolloids, G.O. Phillips and P.A. Williams, Editors. CRC. pp. 164-185.
[28] Pinheiro, A., Bourbon, A., Rocha, C., Ribeiro, C., Maia, J., Gonçalves, M., Teixeira, J., and Vicente, A., (2011). Rheological characterization of κcarrageenan/galactomannan and xanthan/galactomannan gels: Comparison of galactomannans from non-traditional sources with conventional galactomannans. Carbohydrate Polymers. 83(2): 392-399.
[29] Barak, S. and Mudgil, D., (2014). Locust bean gum: processing, properties and food applications—a review. International Journal of Biological Macromolecules. 66: 74-80.
[30] Yılmaza, E., & Oğutcua, M. (2015). Texture, sensory properties and stability of cookies prepared with wax oleogels. Food and Function, 6(4):1194-204.
[31] Patel, A. R., Rajarethinem, P. S., Gre˛dowska, A., Turhan, O., Lesaffer, A., De Vos, W., et al. (2014a). Edible applications of shellac oleogels: spreads, chocolate paste and cakes. Food and Function, 5: 645-652.
[32] Yılmaz, E., & Öğütcü, M. (2014). Comparative analysis of olive oil organogels containing beeswax and sunflower wax with breakfast margarine. Journal of Food Science, 79(9): E1732-1738.

Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Production of low-calorie shortening from high internal phase emulsion gel and its application in the food system

Zahra Nazari

Phd, Food quality and Safety Research Group. Food Science and Technology Research Institute ACECR Mashhad, Iran.

ABSTRACT

The current research was conducted to produce a gel emulsion with reduced saturated and Trans fatty acids that can be used as shortening. Hydrocolloids of guar gum, κ-carrageenan, CMC, and maltodextrin were used to prepare gel emulsion. For emulsion stability, PGPR (1%) was used as an emulsifier. In the first phase of the research, for the production of gel emulsion using guar gum from 0 to 0.25%, κ-carrageenan from 0 to 2%, CMC from 0 to 3%, and maltodextrin from 0 to 20%, different formulations were determined by Design Expert software and by Response surface method and optimal design, and samples formulations were produced. Sensory and hardness evaluation tests were performed and regression models for predicting hardness (sensory) responses, overall acceptance, and hardness were presented and the optimal formulation was determined. In the second phase of the research, the optimal formulation of gel emulsion at the levels of 25, 50, 75, and 100% was used to produce biscuits, and the physicochemical, sensory, and peroxide value were investigated. The results showed that by replacing 50% of shortening with biscuit gel emulsion with less amount of fat and saturated fatty acid and without Trans and in terms of physicochemical and sensory properties, it is obtained similar to the sample containing shortening.

ARTICLE INFO

Article History:

Received: 2023/5/27
Accepted: 2023/10/21

Keywords:

gel emulsion,
optimization,
shortening,
biscuit.

DOI: **10.22034/FSCT.20.143.31**

DOR:**20.1001.1.20088787.1402.20.143.3.5**

*Corresponding Author E-Mail:
nazari@jdm.ac.ir