مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال شانزدهم، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، صفحات ۶۶-۵۳

تأثیر جایگزینی روغن پالم با اولئوژل موم زنبورعسل بر ویژگی‌های مارگارین با اسید چرب اشباع پایین

خدیجه عبدالملکی[۱]، لیلا علیزاده[۲]، ژیان شیخی[۳]، کوشان نایب زاده [۴]

۱- استادیار دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران

۲- استادیار دانشکده علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات، تهران، ایران

۳- دانشجوی دکترای تخصصی بهداشت و ایمنی مواد غذایی، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران

۴- نویسنده مسئول: دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران. پست الکترونیکی: knayebz@sbmu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۹/۱۱/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۳/۴

چکیده

سابقه و هدف: اسیدهای چرب اشباع و ترانس به دلیل ایجاد بافت مناسب، پایداری اکسیداتیو بالا و افزایش مدت زمان ماندگاری در محصولات غذایی بر پایه لیپید، از جمله مارگارین مورد استفاده قرار می‌گیرند. در سال‌های اخیر، نگرانی در مورد مصرف اسیدهای چرب ترانس و اشباع به دلایلی نظیر شیوع بیماری‌های قلبی عروقی و چاقی رو به افزایش است، بنابراین روش‌های جدیدی مانند اولئوژل برای ایجاد ساختار مطلوب بدون استفاده از این ترکیبات مضر مورد توجه قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه، نقطه ذوب، ویژگی‌های رئولوژیک و بافتی ۴ نمونه اولئوژل تهیه شده با موم زنبورعسل (۲/۵، ۵، ۷/۵ و ۱۰ درصد وزنی) بررسی و با ویژگی‌های روغن پالم مقایسه شدند. سپس، جهت فرمولاسیون مارگارین کم اشباع، نمونه اولئوژل بهینه به عنوان جایگزین روغن پالم و پالم اولئین هیدروژنه نسبی انتخاب شد و مارگارین‌های ۷۰٪ چربی فرموله شده با این اولئوژل از نظر مقدار چربی جامد، نقطه ذوب و ویژگی‌های رئولوژیک و بافتی بررسی و با نمونه تجاری مقایسه شدند.

یافته‌ها: نمونه حاوی ۱۰٪ موم زنبورعسل نزدیکترین ویژگی‌ها را به روغن پالم داشت. جایگزینی ۱۰۰٪ روغن پالم اولئین هیدروژنه و ۲۵ ٪ روغن پالم با اولئوژل ۱۰٪ موم زنبورعسل منجر به تولید مارگارین‌هایی با ویژگی‌های رئولوژیک و بافتی مشابه مارگارین تجاری شد. این نمونه‌ها همچنین دارای مقدار چربی جامد (SFC) کمتر و نقطه ذوب بالاتری نسبت به نمونه تجاری بودند.

نتیجه‌گیری: نتایج این مطالعه نشان داد، جایگزینی روغن پالم و پالم اولئین هیدروژنه نسبی با اولئوژل موم زنبور عسل منجر به کاهش اسید چرب اشباع و ترانس در ماگارین به ترتیب به میزان ۲۸٪ و ۸۰٪ شد.

واژگان کلیدی: موم زنبورعسل، اولئوژل، مارگارین، روغن پالم

• مقدمه

چربی یک جزء اصلی در بسیاری از محصولات غذایی، تامین کننده انرژی و ویتامین‌های محلول در چربی و شرکت کننده در ویژگی های حسی و بافت مواد غذایی است. فرمولاسیون محصولات غذایی بر پایه‌ی لیپید، به استفاده از روغن‌های جامد به منظور فراهم کردن بافت مناسب، پایداری اکسیداتیو و ماندگاری بالا نیاز دارد. از نظر شیمیایی، چربی از مخلوطی از مولکول‌های تری اسیل گلیسرول ساخته شده است؛ مولکول‌های تری اسیل گلیسرول با نقطه ذوب بالا در دمای اتاق کریستالی هستند و یک شبکه سه بعدی تشکیل می‌دهند که می‌توانند به طور فیزیکی مولکول‌های تری اسیل گلیسرول با نقطه ذوب پایین‌تر را در این چارچوب ساختاری به دام بیندازند. تری اسیل گلیسرول کریستالی روغن جامد حاوی اسیدهای چرب اشباع و یا ترانس است (۱). به منظور تولید روغن جامد فرآیند هیدروژناسیون نسبی توسعه پیدا کرد و به

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-07-12]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1400.16.4.3.2]

تدریج جایگزین استفاده از چربی‌های حیوانی در مواد غذایی شد (۲). روغن های هیدروژنه نسبی PHOs (Partially Hydrogenated Oils) ترکیبات کلیدی در مارگارین، شورتنینگ و محصولات نانوایی هستند. با این حال، میزان اسید چرب ترانس در این روغن‌ها بالا است.

در بیست سال گذشته، مطالعات بالینی و اپیدمیولوژیکی نشان داده‌اند که مصرف اسیدهای چرب ترانس منجر به افزایش لیپوپروتئین های کم چگال (LDL) یا کلسترول بد، کاهش لیپوپروتئین با چگالی بالا (HDL) یا کلسترول خوب و افزایش سطح TAG پلاسما می شود (۳). این اثرات، خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی عروقی و مقاومت به انسولین را افزایش می‌دهد (۴). در سال ۲۰۱۵، سازمان غذا و داروی آمریکا اعلام کرد که روغن‌های هیدروژنه با یک دوره انطباق سه ساله، باید از لیست GRAS (Generally Recognized as Safe) حذف شوند (۵). اما جالب است که حتی پس از تبلیغات منفی بسیار و منع مصرف چنین مواد غذایی، هنوز در بازار دیده می‌شوند و این امر به دلیل این است که چربی‌های ترانس و اشباع مسئول تشکیل شبکه بوده و نقش مهمی در بافت و طعم دهانی دارند. چگونگی جایگزینی این چربی ها در محصولات غذایی بدون تأثیر منفی بر این ویژگی ها، یک موضوع نگران کننده برای صنایع غذایی و محققان است. بنابراین، روش‌های جدیدی برای ایجاد ساختار مطلوب در مواد غذایی بدون استفاده از این ترکیبات مضر مورد نیاز است.

در سال‌های اخیر، دانشمندان خواص فیزیکی روغن را که دارای ویسکوزیته پایین و غیرالاستیک است را برای مشابهت با چربی، که یک ویژگی جامد مانند و الاستو-پلاستیک دارد، با استفاده از روش‌های مختلف اصلاح کرده‌اند. که در این میان، یک استراتژی به نام سیستم‌های روغنی ساختار یافته (به عنوان مثال non-TAG) پدید آمده است که یک موضوع مورد علاقه و رو به رشد در میان پژوهشگران صنعتی و دانشگاهی برای کاهش و یا جایگزینی چربی می‌باشد. در این سیستم‌ها روغن با موادی که توسط فعل و انفعالات مولکولی مختلف خواص فیزیکی روغن را تغییر می‌دهند، ترکیب می‌شود، به طوری که سیالیت آن کاهش خواهد یافت و خواص رئولوژی شبیه به چربی خواهد داشت. فاز پیوسته‌ی این ژل‌های روغنی لیپیدی است و خواص فیزیکی هیدروژل را نشان می‌دهند (۷، ۶). در واقع، این روش اولئوژل که اورگانوژل نیز نامیده می‌شود، روشی برای ایجاد ساختار روغن مایع به شکل یک ماده شبه جامد با استفاده از اورگانوژلاتورهایی مانند موم، مونو و دی گلیسریدها، فیتوا سترول‌ها، اتیل سلولز و پلیمرهای محلول در آب است.

مارگارین ماده غذایی به شکل پلاستیکی و یا امولسیون آب در روغن است که نباید حاوی کمتر از ۸۰٪ چربی باشد (۸). فاز آبی مارگارین حاوی آب، نمک و نگهدارنده می‌باشد و فاز روغنی از ترکیبی از روغن مایع و جامد، آنتی اکسیدان، امولسیفایر و طعم دهنده ساخته شده است (۹). با توجه به اینکه میزان بالایی از مارگارین را چربی تشکیل می‌دهد (وابسته به نوع مارگارین) و پایداری ساختاری مارگارین تحت تأثیر چربی موجود و ویژگی‌های شبکه کریستالی است. بنابراین، تولید مارگارین‌هایی با اشباعیت پایین و در عین حال، با ویژگی‌های ساختاری مطلوب ضرورت پیدا می‌کند.

ژل‌های تشکیل شده با استفاده از موم دارای ویژگی‌های جالبی مانند بازگشت پذیر حرارتی (Themoreversibility) و توانایی تثبیت امولسیون هستند، که محبوبیت آنها را به عنوان اورگانوژلاتور برای روغن های گیاهی توجیه می‌کند (۱۰). مطالعات زیادی استفاده از امولسیون اولئوژل را به عنوان پخشینه صبحانه پیشنهاد داده است. از مومهای گیاهی، از جمله موم آفتابگردان، موم سبوس برنج، و موم کاندلیلا، برای ساختاردهی روغن سویا و بررسی مناسب بودن ترکیب آنها در مارگارین استفاده شده است (۱۱). در این مطالعات ویژگی‌های اولئوژل موم با ویژگی‌های مارگارین تجاری مقایسه شده است، در حالی که، از آنها تا کنون به عنوان جایگزین روغن جامد در فرمولاسیون مارگارین استفاده نشده است. همچنین برای ایجاد خصوصیات مطلوب، استفاده از غلظت بالایی از آنها به تنهایی در محصول طعم مومی ایجاد می‌کند، در نتیجه برای کاهش یا حذف طعم مومی در محصول استفاده از هیبریدی از دو سیستم موم و روغن جامد مناسب خواهد بود. بنابراین هدف از این پژوهش در ابتدا یافتن درصد بهینه موم زنبور عسل برای تولید اولئوژل مشابه با روغن پالم و در ادامه بررسی تأثیر جایگزینی روغن پالم و پالم اولئین نیمه هیدروژنه با این اولئوژل بر ویژگی‌های مارگارین می‌باشد.

• مواد و روش‌ها

مواد: روغن پالم (چربی ترانس = ۰/۷ ٪ وزنی و چربی اشباع = ۵۲٪ وزنی) و روغن پالم اولئین هیدروژنه نسبی (چربی ترانس = ۹/۱۱٪ وزنی و چربی اشباع = ۵۸٪ وزنی) توسط شرکت مارگارین تأمین شد. شیر خشک بدون چربی، لسیتین سویا و روغن آفتابگردان (چربی اشباع = ۱۱٪ وزنی) از فروشگاه مواد غذایی محلی خریداری شد. امولسیفایر دمودان از شرکت

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-07-12]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1400.16.4.3.2]

Palsgaard، دانمارک تهیه شد. همچنین، موم زنبور عسل از KahlWax، آلمان خریداری شد.

تهیه اولئوژل موم زنبور عسل: اولئوژل‌ها با حرارت دادن مخلوط فاز روغنی (روغن آفتابگردان ,SFO) و موم زنبورعسل با نقطه ذوب ۶۵-۶۲ درجه سانتی‌گراد (BW) به عنوان ژلاتور در دمای ۸۰ درجه سانتیگراد به مدت ۳۰ دقیقه با همزن مغناطیسی تهیه شد. چهار غلظت ۲/۵، ۵، ۷/۵ و ۱۰ درصد وزنی مورد بررسی قرار گرفتند (۱۲).

ظرفیت باند شدن به روغن OBC (Oil Binding Capacity): یک میلی لیتر از اولئوژل ذوب شده در لوله اپندورف با وزن (a) پر شد و به مدت ۱ ساعت در یخچال نگه داشته شد، لوله‌ی حاوی اولئوژل نیز توزین گردید (b)، سپس لوله‌ها به مدت ۱۵ دقیقه با دور ۱۰۰۰۰ rpm سانتریفوژ شدند (Universal 320 R, Hettich آلمان). لوله‌های سانتریفوژ شده بر روی کاغذ واژگون و حدود ۳ دقیقه به همین حالت قرار گرفتند تا همه‌ی روغن مایع اضافی خارج شود و دوباره توزین گردیدند (c)، ظرفیت باند شدن به روغن از طریق فرمول زیر محاسبه شد (۱۳).

$$OBC(\%) = 100 - Released\ Oil(\%)$$

معادله ۱

$$Released\ Oil(\%) = [(b-a)-(c-a)]/(b-a) \times 100$$

معادله ۲

آزمون های رئولوژیک: کلیه آزمون های رئولوژیک (پایا و نوسانی) با استفاده از دستگاه رئومتر (Physica MCR 301 Anton Paar اتریش) انجام شد. برای تنظیم دما، سیستم (Peltier plate)با حساسیت ۰/۰۱±۰ مجهز به سیرکولاتور آب بکارگرفته شد، جهت تعیین خصوصیات رئولوژیک از ژئومتری صفحه موازی (PP40) با فاصله صفحات ۱ میلی متر استفاده شد. در تمامی آزمون‌ها به منظور دستیابی به تعادل دمایی و برگشت به ساختار اولیه به نمونه‌ها حدود ۱ دقیقه استراحت داده شد (۱۴).

آزمون تعیین رفتار جریان: در این آزمون ها نمودار های ویسکوزیته ظاهری در مقابل نرخ برش 1/s ۱-۰/۶۰۰ برای همه‌ی نمونه‌ها توسط دستگاه بدست آمد.

آزمون روبش کرنش (Strain sweep): مقادیر مدول های الاستیک و ویسکوز (G′, G″)، در محدوده کرنش ۶۰۰-۰/۰۱ درصد و فرکانس ثابت ۱ هرتز تعیین شد. از این آزمون، استرین یا کرنش متناظر با انتهای محدوده ویسکوالاستیک خطی (γ_{LVE})، قدرت ساختار (G'_{LVE})، تانژانت افت (معادله ۳) و تنش حد (τ_y) در ناحیه ویسکوالاستیک خطی (Linear viscoelastic range) گزارش شدند. به منظور انجام آزمون روبش فرکانس با توجه به نتایج آزمون روبش کرنش، از استرین ۰/۱ در صد برای مارگارین و از استرین ۰/۰۱ در صد برای اولئوژل موم زنبورعسل استفاده شد.

$$tan\delta = \frac{G''}{G'}$$ معادله ۳

آزمون روبش فرکانس (Linear viscoelastic range): این آزمون برای مطالعه‌ی پاسخ نمونه‌ها به تغییر فرکانس است. با در نظر گرفتن استرین محدوده خطی به دست آمده از آزمون روبش کرنش، روبش فرکانس در فرکانس متغیر ۱۰۰-۰/۱ هرتز و در استرین ناحیه‌ی ویسکوالاستیک خطی به منظور یافتن مدول الاستیک و ذخیره به عنوان تابعی از فرکانس انجام شد. بر داده‌های حاصل از نمودارهای روبش فرکانس در محدوده‌ی معینی از فرکانس، مدل پاورلا یا استوالد (تئوری بوهلین، معادله ۴) برازش شد و پارامترهای مدل شامل قدرت ساختار (a) و نوع ساختار ژل (b) برای تمام نمونه‌ها تعیین گردید.

$$G' = a\omega^b$$ معادله ۴

آزمون تیکسوتروپی سه فاصله‌ای 3ITT (Three interval thixotropy test): این آزمون طبق روش Tavernier و همکاران (۲۰۱۸) با اندکی تغییر در سه فاصله زمانی انجام شد (۱۵). در فاصله زمانی اول، نمونه‌ها به مدت ۶۰ ثانیه تحت استرین محدوده خطی قرار گرفتند، در فاصله زمانی دوم، ۸۰ ثانیه، استرینی بالاتر از محدوده خطی بر آنها اعمال شد (تغییر شکل کامل) و در فاصله زمانی سوم، نمونه‌ها به مدت ۶۰ ثانیه دوباره تحت استرین محدوده خطی قرار گرفتند، در این سه فاصله تغییرات مدول الاستیک نمونه‌ها در طی زمان بدست آمد. (لازم به ذکر است که در هر آزمون دما برای نمونه‌های اولئوژل ۲۵ درجه سانتیگراد و برای نمونه‌های مارگارین ۵ درجه سانتیگراد بود). از این آزمون پارامتر زیر محاسبه گردید:

$$\%R = \frac{G_{30}}{G_i} \times 100$$ معادله ۵

R % درصد بازیابی ساختار (Stractural Recovery)، Gi مدول ذخیره اولیه (در فاصله زمانی اول) و G_{30} مدول ذخیره در ۳۰ ثانیه بعد از تغییر شکل (فاصله زمانی سوم)

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-07-12]
[DOR: 20.1001.1.17357756.1400.16.4.3.2]

آزمون بافت: خصوصیات بافتی نمونه‌ها با استفاده از بافت سنج (Stable micro system, TA.XT Plus، انگلستان) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

آزمون نفوذ (Penetration test): نمونه‌ها (۱۴ گرم) در ظرف (۲۰ میلی متر × ۵۰ میلی متر ارتفاع) پر شدند و ۳۰ ثانیه پس از خارج کردن از یخچال (۴ تا ۵ درجه سانتی گراد) مورد آزمایش قرار گرفتند. تجزیه و تحلیل بافت با استفاده از یک پروب استوانه‌ای (P/5) متصل به یک load cell، ۵ کیلوگرم با عمق نفوذ ۳۰ میلی‌متر و سرعت ۱ میلی‌متر بر ثانیه انجام شد. پروب پس از نفوذ در نمونه، ۵۰ میلی‌متر به سمت بالا باز گردید. داده‌های آزمایشی توسط نرم افزار (Texture Exponent v.6.1.4.0، Stable Microsystems) محاسبه شد و حداکثر نیرو به عنوان سفتی (Firmness) در نظر گرفته شد (۱۶).

محاسبه میزان مالش‌پذیری (Spreadability): از دستگاه بافت سنج و پروب (TTC Spreadability Rig (HDP/SR مخروطی ۹۰ درجه برای نمونه‌های مارگارین استفاده شد. میزان بارگذاری دستگاه روی ۵ کیلو گرم تنظیم گردید. سپس هر یک از نمونه‌ها در بین دو مخروط بالا و پایین پر شد و مخروط بالایی در فاصله ۲۵ میلی‌متری از مخروط پایینی قرار گرفته و با سرعت ۳ میلی‌متر بر ثانیه حرکت نموده و تا فاصله ۲ میلی‌متری از مخروط پایینی متوقف و سپس فشار زدایی شد. منحنی نیرو- زمان ترسیم شد، بیشینه نیرو میزان سفتی را نشان داد و از روی سطح زیر نمودار نیز میزان مالش‌پذیری مشخص شد (۱۷).

اندازه‌گیری میزان چربی جامد SFC (Solid fat content): میزان چربی جامد طبق روش مستقیم AOCS، (AOCS 16b-93) با استفاده از دستگاه رزونانس مغناطیسی هسته‌ای NMR (Nuclear Magnetic Resonance) و در دماهای ۲۰، ۱۰، ۳۰ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد. قبل از تجزیه و تحلیل، فاز چربی مارگارین با ذوب شدن در دمای ۸۰ درجه سانتیگراد و بعد از اضافه کردن سولفات سدیم (جهت آبگیری کامل) و فیلتر کردن با کاغذ صافی به دست آمد. از نمونه‌های صاف شده به میزان ۱/۳، در لوله‌های NMR پر شدند و از هر نمونه ۴ لوله در محفظه با دمای ۰ درجه سانتیگراد به مدت ۶۰ دقیقه قرار داده شد. سپس یک لوله از هر نمونه به مدت ۳۰ دقیقه در دماهای مذکور قرار گرفت، و پس از طی این زمان، نمونه در جایگاه دستگاه قرار گرفت و میزان چربی جامد آن قرائت شد (۱۸، ۹).

گرما سنجی روبشی افتراقی: برای بررسی رفتار حرارتی ۵-۱۰ میلی‌گرم از نمونه‌ها، در سل دستگاه گرماسنج روبشی افتراقی DSC (Differential Scanning Calorimeter) قرار داده شدند، و از یک پن خالی به عنوان رفرنس استفاده گردید. نمونه‌های اولئوژل از دمای ۰°C تا ۱۲۰ و نمونه‌های مارگارین از دمای ۰°C تا ۸۰ با افزایش ۵ °C/min حرارت داده شدند. دمای ذوب نمونه‌ها از روی منحنی‌های بدست آمده محاسبه شد (۲۰، ۱۹).

رنگ‌سنجی: ارزیابی رنگ نمونه‌ها بر پایه‌ی سیستم *L، *b و *a با استفاده از دستگاه HunterLab Colorflex EZ انجام شد. در این سیستم، اندیس *L، درجه‌ی روشنایی (سفیدی یا سیاهی)، اندیس *a، تمایل به قرمز یا سبز بودن و اندیس*b، درجه‌ی زرد یا آبی بودن را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که قبل از انجام آزمون، دستگاه هانترلب طبق دستورالعمل شرکت سازنده با سرامیک سفید با مشخصات L^*= ۹۲/۲۴، a^*= -۱/۲۸ و b^*= ۱/۲۰ کالیبر شد. شاخص‌های مذکور پس از تولید و با سه تکرار در دمای محیط اندازه‌گیری شدند (۲۱، ۱۶).

آماده سازی نمونه‌های مارگارین: در این تحقیق، مارگارین پخشینه ۷۰٪ چربی با فاز روغنی شامل مخلوطی از روغن مایع (آفتابگردان)، پالم و پالم اولئین نیمه هیدروژنه تولید شد. هدف جایگزین کردن اولئوژل در ابتدا با روغن پالم اولئین نیمه هیدروژنه (حاوی اسید چرب ترانس بالا) و سپس با پالم بود. اولئوژل ۱۰٪ موم زنبورعسل جایگزین روغن پالم و پالم اولئین هیدروژنه گردید، و نمونه های مارگارین ۷۰٪ چربی مطابق جدول ۱ ساخته شدند.

آنالیز آماری: تجزیه و تحلیل داده‌ها با کمک نرم‌افزار vs.21 SPSS انجام شد. داده‌های کمی با استفاده از آمار توصیفی و به صورت میانگین و انحراف معیار سه بار تکرار آزمایش ارائه شدند و تعیین اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها با استفاده از آنالیز واریانس (ANOVA) در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ صورت گرفت. رسم نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-07-12]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1400.16.4.3.2]

جدول ۱. ترکیب فاز روغنی نمونه‌های مارگارین ۷۰٪ چربی

شماره نمونه	درصد جایگزینی	پالم اولئین نیمه هیدروژنه (PHPO) (درصد وزنی)	پالم (PO) (درصد وزنی)	اولئوژل (OL) (درصد وزنی)	آفتابگردان (SFO) (درصد وزنی)
۱	کنترل	۷	۲۷	۰	۳۶
۲	جایگزینی ۵۰٪ (PHPO) با اولئوژل	۳/۵۰	۲۷	۳/۵۰	۳۶
۳	جایگزینی ۷۵٪ (PHPO) با اولئوژل	۱/۷۵	۲۷	۵/۲۵	۳۶
۴	جایگزینی ۱۰۰٪ (PHPO) با اولئوژل	۰	۲۷	۷	۳۶
۵	جایگزینی ۱۰۰٪ (PHPO) و ۵٪ (PO) با اولئوژل	۰	۲۵/۶۵	۸/۳۵	۳۶
۶	جایگزینی ۱۰۰٪ (PHPO) و ۱۰٪ (PO) با اولئوژل	۰	۲۴/۳۰	۹/۷۰	۳۶
۷	جایگزینی ۱۰۰٪ (PHPO) و ۱۵٪ (PO) با اولئوژل	۰	۲۲/۹۵	۱۱/۰۵	۳۶
۸	جایگزینی ۱۰۰٪ (PHPO) و ۲۰٪ (PO) با اولئوژل	۰	۲۱/۶۰	۱۲/۴۰	۳۶
۹	جایگزینی ۱۰۰٪ (PHPO) و ۲۵٪ (PO) با اولئوژل	۰	۲۰/۲۵	۱۳/۷۵	۳۶
۱۰	جایگزینی ۱۰۰٪ (PHPO) و ۵۰٪ (PO) با اولئوژل	۰	۱۳/۵۰	۲۰/۵۰	۳۶
۱۱	جایگزینی ۱۰۰٪ (PHPO) و ۷۵٪ (PO) با اولئوژل	۰	۶/۷۵	۲۷/۲۵	۳۶
۱۲	جایگزینی ۱۰۰٪ (PHPO) و ۱۰۰٪ (PO) با اولئوژل	۰	۰	۳۴	۳۶

• یافته‌ها

اولئوژل‌ها در چهار درصد موم زنبورعسل به روش مستقیم آماده شـــدند و OBC، ویژگی‌های رئولوژیک و نقطه ذوب آنها بررسی و با پالم و پالم اولئین هیدروژنه نسبی مقایسه شدند. نتایج در جدول۲ گزارش شـــده اســـت. همان‌طور که از جدول مشـــخص اســـت، با افزایش درصـــد موم، تمام ویژگی‌ها افزایش یافته است. همچنین، اولئوژل‌ها در تمام ویژگی‌های اندازه‌گیری شـــده به جز بازیابی ســـاختار و نقطه ذوب از روغن پالم و پالم اولئین هیدروزنه نســـبی پایین‌تر بودند. بنابراین طبق این نتایج نمونه ۴ (۱۰٪ موم زنبورعسل) جهت تولید مارگارین کم اشباع انتخاب گردید.

مقدار چربی جامد SFC: جدول ۳ مقدار چربی جامد مارگارین‌های فرموله شـده با اولئوژل موم زنبورعسـل را نشـان می‌دهد. همانطور که در جدول مشـــاهده می‌شـــود، بیشـــترین مقدار چربی جامد در تمام دماها متعلق به نمونه کنترل بود و با افزایش درصد جایگزینی SFC کاهش یافته است.

گرماســـنجی روبشـــی افتراقی: در شـــکل ۱ پروفایل ذوب اولئوژل ۱۰٪ موم زنبورعســـل، مارگارین کنترل، نمونه ۹ (جایگزینی ۱۰۰٪ (PHPO) و ۲۵٪ (PO) با اولئوژل) و نمونه ۱۲ (جایگزینی کامل، جایگزینی ۱۰۰٪ (PHPO) و ۱۰۰٪ (PO) با اولئوژل) نشـان داده شـده اسـت. اولئوژل ۱۰٪ دارای پیک‌های ذوب متعدد و محدوده ذوب از دمای ۴۸ تا ۶۳ درجه ســانتیگراد بود. همانطور که در شـکل نیز مشـخص اسـت، با افزایش جایگزینی روغن پالم اولئین هیدروژنه و پالم با اولئوژل، نقطه ذوب افزایش نشان داد و پروفایل ذوب نمونه مارگارین با جایگزینی کامل تقریباً شبیه به نمونه اولئوژل ۱۰٪ بود.

جدول۲. ویژگی‌های رئولوژیک (ویسکوزیته، مدول الاستیک یا 'G، قدرت ساختار یا a و بازیابی ساختار)، بافتی (سفتی)، ظرفیت باند شدن به روغن (OBC) و نقطه ذوب اولئوژل موم زنبورعسل، روغن پالم و روغن پالم اولئین هیدروژنه نسبی

نمونه	BW ٪	SFO ٪	OBC ٪	ویسکوزیته (Pa.s)	G' (Pa)	a (Pa.s rad^{-1})	بازیابی ساختار ٪	سفتی (g)	نقطه ذوب °C
۱	۲/۵۰	۹۷/۵۰	۶۵±۰/۱۰^{c}	۰/۵±۰/۰۱^{f}	۲۷۰±۲/۲۰^{f}	۱۲±۱^{f}	۱۰±۲/۴۰^{d}	-	۳۰±۰/۰۹^{f}
۲	۵/۰۰	۹۵/۰۰	۹۸/۵±۰/۲۵^{b}	۴۶±۱/۱۰^{e}	۲۱۰۴۷±۱۱/۸۰^{e}	۹۸۴۵±۵/۲۰^{e}	۲۷/۶۰±۱^{c}	۱/۵۴±۰/۰۶^{e}	۴۱±۰/۵۰^{d}
۳	۷/۵۰	۹۲/۵۰	۹۹/۸±۰/۲۰^{a}	۲۸۳±۲/۴۰^{d}	۱۶۰۳۱۲±۳۸/۳۰^{d}	۹۲۰۶۵±۱۹/۷۰^{d}	۴۱/۹۰±۲/۲۰^{b}	۷/۶۰±۱/۴۰^{d}	۴۷/۸±۰/۷۰^{b}
۴	۱۰/۰۰	۹۰/۰۰	۱۰۰±۰/۱۰^{a}	۳۱۳±۳/۳۰^{c}	۲۴۱۶۲۴±۶۶/۷۰^{c}	۱۳۶۷۵۱±۴۵/۸۰^{c}	۵۰/۳۰±۱/۸۰^{a}	۱۳/۱۲±۱/۷۰^{c}	۴۹±۱/۳۰^{a}
پالم			۱۰۰±۰/۰۰^{a}	۳۵۵±۱/۷۰^{b}	۲۸۳۰۹۰±۷۱/۴۰^{b}	۱۷۲۰۶۱±۵۵/۹۰^{b}	۰/۲۱±۰/۰۸^{e}	۳۲±۱/۹۰^{b}	۳۵±۲/۲۰^{e}
پالم اولئین هیدروژنه			۱۰۰± ۰/۰۰^{a}	۴۶۷±۴/۵۰^{a}	۴۰۲۵۲۸±۸۹/۵۰^{a}	۲۵۰۴۷۲±۶۳/۲۰^{a}	۰/۱۷±۰/۰۳^{e}	۴۷±۲۰/۶^{a}	۴۴±۱/۴۰^{c}

-حروف کوچک متفاوت بین ردیف‌ها تفاوت معنی‌داری ($p\leq ۰/۰۵$) بین نمونه‌ها را نشان می‌دهد.

-داده‌ها به صورت میانگین ± انحراف استاندارد ارائه می‌شوند.

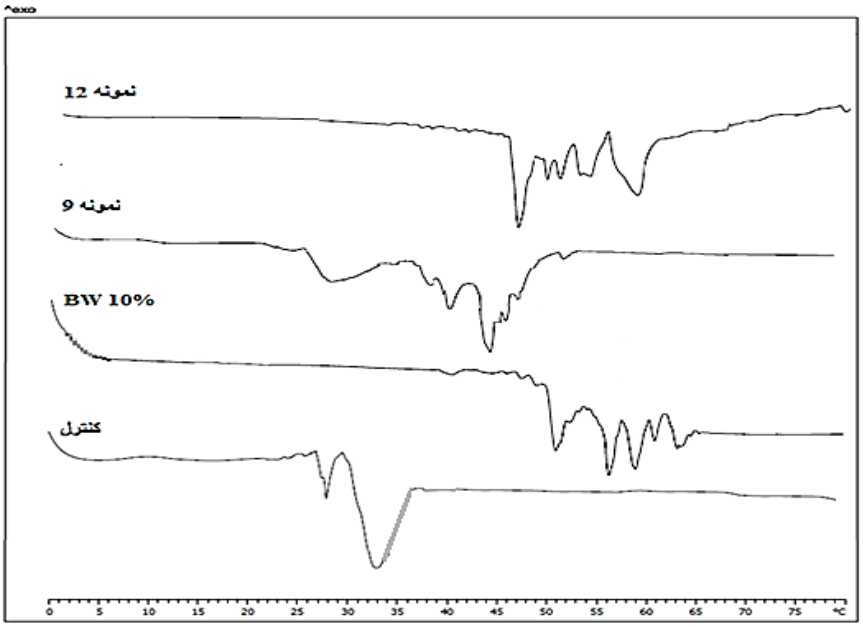
جدول ۳. مقدار چربی جامد مارگارین‌های تهیه شده با اولئوژل موم زنبورعسل

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-07-12]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1400.16.4.3.2]

شماره نمونه	۱۰°C	۲۰°C	۳۰°C	۳۵°C
۱	۲۱/۵۹±۰/۴۰[a]	۹/۷۵±۰/۳۰[a]	۴/۳۱±۰/۱۰[a]	۲/۱۳±۰/۰۲[a]
۲	۱۸/۳۵±۰/۰۰[b]	۷/۳۶±۰/۱۰[b]	۳/۹۳±۰/۰۸[b]	۲/۰۹±۰/۰۰[b]
۳	۱۶/۱۴±۰/۱۰[c]	۶/۱۱±۰/۱۰[c]	۳/۶۹±۰/۰۹[c]	۲/۰۴±۰/۰۱[c]
۴	۱۵/۲۱±۰/۱۰[d]	۵/۵۱±۰/۰۹[d]	۳/۲۰±۰/۱۰[d]	۲/۰۱±۰/۰۱[d]
۵	۱۳/۴۲±۰/۳۰[e]	۵/۱۱±۰/۰۵[e]	۳/۱۵±۰/۰۶[d]	۱/۹۹±۰/۰۰[e]
۶	۱۳/۰۴±۰/۱۰[e]	۵/۵۸±۰/۱۰[d]	۳/۰۹±۰/۰۵[de]	۱/۹۷±۰/۰۲[ef]
۷	۱۲/۸۳±۰/۱۰[f]	۵/۱۲±۰/۰۸[e]	۲/۹۹±۰/۰۹[e]	۱/۹۵±۰/۰۱[f]
۸	۱۲/۵۶±۰/۲۰[f]	۴/۸۱±۰/۱۰[f]	۲/۹۲±۰/۱۰[e]	۱/۹۵±۰/۰۲[fg]
۹	۱۱/۳۱±۰/۱۰[g]	۴/۳۱±۰/۱۰[g]	۲/۹۰±۰/۰۶[e]	۱/۹۳±۰/۰۲[fg]
۱۰	۸/۹۴±۰/۳۰[h]	۴/۰۱±۰۰/۰[h]	۲/۸۹±۰/۰۴[e]	۱/۹۲±۰/۰۱[g]
۱۱	۶/۹۴±۰/۲۰[k]	۳/۸۵±۰/۱۰[k]	۲/۸۱±۰/۰۲[f]	۱/۹۳±۰/۰۱[g]
۱۲	۴/۴۷±۰/۰۰[l]	۳/۶۱±۰/۱۰[l]	۲/۴۲±۰/۰۸[g]	۱/۹۱±۰/۰۰[h]

-حروف کوچک متفاوت بین ردیف‌ها تفاوت معنی‌داری ($p \leq ۰/۰۵$) بین نمونه‌ها را نشان می‌دهد.
-داده‌ها به صورت میانگین ± انحراف استاندارد ارائه می‌شوند.



شکل ۱. پروفایل ذوب اولئوژل موم زنبورعسل ۱۰٪ و نمونه‌های مارگارین

آزمون روبش کرنش: در جدول ۴ پارامترهای آزمون روبش کرنش از جمله: کرنش متناظر با انتهای محدوده ویسکوالاستیک خطی (γ_{LVR})، مدول الاستیک (G'_{LVR}) مدول ویسکوز (G''_{LVR})، مقدار استرس نقطه تقاطع (τ_y، $G'' > G'$) و تانژانت افت ($\tan \delta = G''/G'$) نمونه‌های مارگارین ذکر شده است. برای تمام نمونه‌ها مدول الاستیک بالاتر از مدول ویسکوز بود و کمترین مقدار این دو فاکتور مربوط به نمونه جایگزینی کامل روغن پالم و پالم اولئین هیدروژنه نسبی با اولئوژل بود (نمونه ۱۲). این بدان معنی است که با افزایش جایگزینی مدول الاستیک و ویسکوز کاهش یافته است. همچنین، تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌ها از نظر میزان γ_{LVR} و تانژانت افت دیده نشد. همان‌طور که در جدول مشاهده می شود استرس نقطه تقاطع نیز با افزایش میزان جایگزینی نسبتاً افزایش یافته است.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-07-12]
[DOR: 20.1001.1.17357756.1400.16.4.3.2]

جدول ۴. پارامترهای حاصل از آزمون روبش کرنش (τ_y , γ LVE ,Tan δ ,G″ (Pa) ,G′ (Pa)) نمونه‌های مارگارین

شماره نمونه	پارامترهای حاصل از آزمون روبش کرنش				
	τ_y	γ LVE	Tan δ	G′(Pa)	G″(Pa)
۱	۹۸۹±۳^{e}	۰/۱۱±۰/۱۰^{a}	۰/۱۳±۰/۰۰^{b}	۵۳۶۴۳۲±۲۳۵۴^{g}	۶۹۷۳۶±۲۱۵۴^{g}
۲	۹۹۲±۴^{e}	۰/۱۴±۰/۲۰^{a}	۰/۱۳±۰/۱۰^{a}	۱۰۸۲۹۶۷±۳۸۹۵^{a}	۱۴۰۷۸۶±۱۵۷۳^{a}
۳	۹۹۰±۳^{e}	۰/۱۲±۰/۱۰^{a}	۰/۱۴±۰/۰۰^{a}	۹۱۲۱۷۲±۳۵۰۰^{b}	۱۲۷۷۰۴±۱۳۲۲^{b}
۴	۹۹۷±۱^{d}	۰/۱۴±۰/۱۰^{a}	۰/۱۳±۰/۰۰^{b}	۹۰۹۳۶۷±۲۵۰۱^{b}	۱۱۸۲۱۸±۱۲۱۵^{c}
۵	۱۰۰۱±۲^{c}	۰/۱۳±۰/۲۰^{a}	۰/۱۱±۰/۲۰^{ab}	۷۰۳۸۱۹±۲۲۴۰^{c}	۷۷۴۲۰±۱۰۵۱^{f}
۶	۱۰۰۲±۴^{c}	۰/۱۴±۰/۲۰^{a}	۰/۱۲±۰/۱۰^{b}	۶۸۵۴۹۳±۲۴۰۰^{d}	۸۲۲۵۹±۱۲۶۸^{e}
۷	۱۰۰۲±۳^{c}	۰/۱۲±۰/۲۰^{a}	۰/۱۴±۰/۰۰^{a}	۶۴۱۲۲۸±۳۰۱۰^{e}	۸۹۷۷۲±۱۷۴۳^{d}
۸	۱۰۰۱±۳^{c}	۰/۱۲±۰/۱۰^{a}	۰/۱۳±۰/۰۰^{b}	۵۹۶۳۲۱±۳۲۷۶^{f}	۷۷۵۲۲±۱۳۱۶^{f}
۹	۱۰۰۵±۳^{bc}	۰/۱۱±۰/۲۰^{a}	۰/۱۲±۰/۲۰^{ab}	۵۳۹۷۷۵±۲۶۸۴^{g}	۶۴۷۷۳±۱۳۸۷^{h}
۱۰	۱۰۰۹±۴^{b}	۰/۱۲±۰/۲۰^{a}	۰/۱۵±۰/۱۰^{a}	۳۷۵۵۰۵±۱۹۰۰^{h}	۵۶۳۲۶±۱۲۲۴^{k}
۱۱	۱۰۱۴±۲^{a}	۰/۱۳±۰/۱۰^{a}	۰/۱۴±۰/۱۰^{a}	۲۰۵۸۹۲±۲۰۳۰^{k}	۲۸۸۲۵±۱۵۹۰^{l}
۱۲	۱۰۱۵±۳^{a}	۰/۱۴±۰/۰۰^{a}	۰/۱۵±۰/۱۰^{a}	۱۱۴۳۶۵±۲۳۵۹^{l}	۱۷۱۵۵±۱۹۶۸^{m}

-حروف کوچک متفاوت بین ردیف‌ها تفاوت معنی‌داری ($p\leq$ ۰/۰۵) بین نمونه‌ها را نشان می‌دهد.

-داده‌ها به صورت میانگین ± انحراف استاندارد ارائه می‌شوند.

آزمون روبش فرکانس: وابســتگی به فرکانس مدول ذخیره با استفاده از مدل بوهلین با ضریب تعیین $R^2\geq$۰/۹۸ مورد بررسی قرار گرفت. پارامترهای مربوط به این مدل در جدول ۵ نشـــان داده شـــده اســـت. همانطور که مشـــاهده می‌شـــود، با افزایش جایگزینی (از نمونه ۲ تا ۱۲) مقدار a کاهش و b به عنوان شیب نمودار افزایش یافته است.

بازیابی ساختار: در جدول ۶ درصد بازیابی ساختار نمونه‌های مارگارین آماده شده طبق جدول ۱ لیست شده است. همانطور که در جدول مشـــاهده می‌شـــود، با افزایش میزان جایگزینی، بازیابی ساختار افزایش نشان داده است.

جدول ۵. پارامترهای قانون توان (a, b) و ضریب تبیین معادله نمونه‌های مارگارین

شماره نمونه	پارامترهای قانون توان (تئوری بوهلین)		
	a	b	R^2
۱	۲۳۲۶۲۰±۲۰۵۱^{k}	۰/۱۰±۰/۰۱^{h}	۰/۹۸
۲	۴۶۱۴۰۰±۳۲۱۲^{a}	۰/۱۵±۰/۰۲^{g}	۰/۹۹
۳	۴۲۲۱۵۵±۲۹۸۲^{b}	۰/۱۸±۰/۰۰^{f}	۰/۹۹
۴	۴۰۳۳۰۵±۲۷۴۳^{c}	۰/۲۳±۰/۰۲^{e}	۰/۹۹
۵	۳۴۴۵۶۸±۲۰۵۰^{d}	۰/۳۳±۰/۰۳^{d}	۰/۹۹
۶	۳۱۷۶۹۲±۲۶۵۶^{e}	۰/۳۶±۰/۰۲^{cd}	۰/۹۹
۷	۲۹۹۴۵۸±۲۸۸۱^{f}	۰/۳۸±۰/۰۲^{cd}	۰/۹۹
۸	۲۷۰۲۳۶±۱۹۸۷^{g}	۰/۳۸±۰/۰۲^{cd}	۰/۹۹
۹	۲۳۹۷۷۷±۲۰۳۷^{h}	۰/۴±۰/۰۲^{c}	۰/۹۹
۱۰	۱۸۸۰۴۴±۲۵۳۳^{l}	۰/۴۷±۰/۰۱^{b}	۰/۹۹
۱۱	۱۱۶۸۰۰±۱۸۱۳^{m}	۰/۵±۰/۰۲^{b}	۰/۹۹
۱۲	۸۱۸۷۳±۱۴۴۴^{n}	۰/۵۹±۰/۰۵^{a}	۰/۹۹

-حروف کوچک متفاوت بین ردیف‌ها تفاوت معنی‌داری ($p\leq$ ۰/۰۵) بین نمونه‌ها را نشان می‌دهد.

-داده‌ها به صورت میانگین ± انحراف استاندارد ارائه می‌شوند.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-07-12]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1400.16.4.3.2]

جدول۶. پارامترهای آزمون مالش‌پذیری (سفتی و سطح زیر نمودار) و بازیابی ساختار نمونه‌های مارگارین

نمونه	بازیابی ساختار ٪	سطح زیر نمودار(g.sec)	سفتی (g)
۱	۲۶/۳±۱/۵۰^{f}	۲۶۴۲/۹۰±۵۳^{h}	۲۵۲۶/۱۶±۴۳^{h}
۲	۲۷/۴۰±۱/۰۰^{f}	۶۱۹۰/۱۸±۱۰۵^{a}	۵۱۰۸/۴۷±۸۹^{a}
۳	۳۰/۸۰±۱/۹۰^{e}	۶۰۹۵/۳۸±۱۲۳^{a}	۴۹۰۳/۶۲±۷۱^{b}
۴	۳۱/۹۰±۱/۳۰^{e}	۵۵۰۸/۴۴±۹۸^{b}	۴۳۲۵/۴۹±۹۰^{c}
۵	۳۸/۸۰±۲/۱۰^{d}	۴۳۸۴/۷۹±۷۷^{c}	۳۵۵۶/۹۹±۹۵^{d}
۶	۴۰/۰۰±۲/۵۰^{cd}	۳۸۵۰/۸۵±۸۲^{d}	۳۳۹۸/۶۲±۶۵^{e}
۷	۳۹/۹۰±۲/۴۰^{cd}	۳۶۷۲/۶۶±۹۳^{e}	۳۱۲۰/۱۵±۷۸^{f}
۸	۴۱/۷۰±۳/۰۰^{cd}	۳۳۹۵/۰۶±۸۵^{f}	۲۹۷۲/۹۷±۵۴^{g}
۹	۴۴/۵۰±۲/۸۰^{c}	۳۰۷۵/۵۷±۹۱^{g}	۲۳۵۶/۹۹±۳۲^{k}
۱۰	۵۱/۶۰±۳/۳۰^{b}	۲۶۳۳/۰۳±۶۶^{h}	۱۶۵۰/۶۵±۶۷^{l}
۱۱	۵۶/۶۰±۲/۸۰^{b}	۱۱۰۱/۷۱±۵۵^{k}	۹۱۹/۳۶±۴۱^{m}
۱۲	۶۲/۳۰±۱/۶۰^{a}	۵۲۶/۳۵±۲۹^{l}	۵۴۶/۰۳±۱۸^{n}

-حروف کوچک متفاوت بین ردیف‌ها تفاوت معنی‌داری ($p\leq$ ۰/۰۵) بین نمونه‌ها را نشان می‌دهد.

-داده‌ها به صورت میانگین ± انحراف استاندارد ارائه می‌شوند.

آزمون مالش‌پذیری: دو پارامتر سفتی و مالش‌پذیری بد ست آمده از این آزمون، در جدول ۶ گزارش شده است. همانطور که در جدول نشان داده شده است، با افزایش مقدار اولئوژل موم زنبورعسل در فرمول، سفتی به عنوان ماکزیمم نیروی نفوذ (Firmness) و سطح زیر نمودار نفوذ (بعنوان معیاری از Spreadability) بطور معنی‌داری کاهش یافته است. نمونه ۹ نزدیکترین میزان سفتی را به نمونه کنترل داشت، و تفاوت معنی‌داری بین مالش پذیری نمونه های ۱۰ و کنترل وجود نداشت.

شاخص های رنگ نمونه‌های مارگارین: نتایج مربوط به شاخص های رنگ در نمونه های مارگارین بدون رنگدانه بتاکاروتن در جدول ۷ نشان داده شده است. با افزایش میزان جایگزینی شاخص‌های L* و b* به ترتیب کاهش و افزایش نشان دادند. همچنین از نظر شاخص a* بین نمونه‌ها تفاوت معنی‌دار وجود نداشت.

جدول ۷. شاخص‌های رنگ در مارگارین‌های تهیه شده با اولئوژل موم زنبورعسل

شماره نمونه	L*	a*	b*
۱	۸۸/۱۴۰±۰/۰۳۰^{a}	۰/۲۸۰±۰/۰۰۶^{a}	۱۵/۳۷±۰/۰۲۰^{n}
۲	۸۷/۱۷۰±۰/۰۲۰^{b}	۰/۲۸۰±۰/۰۰۰^{a}	۱۶/۵۶±۰/۰۰۶^{m}
۳	۸۷/۰۴۰±۰/۰۲۰^{c}	۰/۲۸±۰/۰۰۰^{a}	۱۷/۴۰±۰/۰۰۶^{l}
۴	۸۶/۲۹۰±۰/۰۳۰^{d}	۰/۲۸۰±۰/۰۰۶^{a}	۱۷/۴۲±۰/۰۰۶^{k}
۵	۸۵/۹۲۰±۰/۰۱۰^{e}	۰/۲۸۰±۰/۰۰۶^{a}	۱۸/۳۶±۰/۰۰۰^{h}
۶	۸۵/۱۲۰±۰/۰۰۰^{f}	۰/۲۸۰±۰/۰۰۶^{a}	۱۸/۴۹±۰/۰۳۰^{g}
۷	۸۴/۷۱۰±۰/۰۰۰^{g}	۰/۲۸۰±۰/۰۰۰^{a}	۱۹/۹۸±۰/۰۰۰^{f}
۸	۸۴/۰۰۰±۰/۰۰۰^{h}	۰/۲۸۰±۰/۰۰۶^{a}	۲۰/۴۲±۰/۰۰۶^{e}
۹	۸۴/۰۱۰±۰/۰۰۰^{k}	۰/۲۸۰±۰/۰۰۶^{a}	۲۰/۸۲۰±۰/۰۰۰^{d}
۱۰	۸۳/۶۱۰±۰/۰۱۰^{l}	۰/۲۸۰±۰/۰۰۶^{a}	۲۱/۳۷۰±۰/۰۰۶^{c}
۱۱	۸۳/۲۰۰±۰/۰۱۰^{m}	۰/۲۸۰±۰/۰۰۶^{a}	۲۱/۵۹۰±۰/۰۰۳^{b}
۱۲	۸۲/۸۸۰±۰/۰۰۰^{n}	۰/۲۸۰±۰/۰۰۶^{a}	۲۱/۹۲۰±۰/۰۰۰^{a}

-حروف کوچک متفاوت بین ردیف‌ها تفاوت معنی‌داری ($p\leq$ ۰/۰۵) بین نمونه‌ها را نشان می‌دهد.

-داده‌ها به صورت میانگین ± انحراف استاندارد ارائه می‌شوند.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-07-12]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1400.16.4.3.2]

• بحث

اولئوژل موم زنبورعسل: طبق جدول ۲ نمونه ۴ که حاوی ۱۰٪ موم زنبورعسل است، بالاترین درصد OBC، ویسکوزیته، 'G، پارامترA، بازیابی ساختار، سفتی و نقطه ذوب را داشت. همان طور که مشخص است با افزایش درصد موم، کل ویژگی‌های مذکور افزایش یافته است. در مطالعه Öğütcü و Yılmaz (۲۰۱۵)، میزان OBC در اولئوژل روغن بادام زمینی برای ۱۰٪ موم آفتابگردان و موم کارنوبا به ترتیب بیشتر از ۹۹٪ و ۹۷/۶ بود، همچنین این محققان گزارش کردند که با افزایش درصد موم OBC، نقطه ذوب و سفتی افزایش یافته است، که با مطالعه حاضر هم سو بود (۲۲). Yi و همکاران (۲۰۱۷) نیز گزارش کردند که OBC اولئوژل روغن کانولا آماده شده با موم زنبور عسل از موم کارنوبا بالاتر بود و با افزایش درصد موم از ۵٪ به ۱۵٪ OBC اولئوژل افزایش یافت، درحالی که OBC موم زنبورعسل تغییر معنی‌داری نداشت. نقطه ذوب نیز با افزایش درصد هر دو موم افزایش نشان داد (۲۳). در مطالعه مشابه دیگری نیز، با افزایش درصد موم آفتابگردان از ۰/۵ به ۱۰٪ نقطه ذوب از ۴۷ به ۶۵ درجه سانتیگراد افزایش یافت (۲۴).

Mert و همکاران (۲۰۱۶) بیان کردند که با افزایش درصد موم کاندلیلا مدول کمپلکس افزایش یافت (۲۵). همچنین، نشان داده شده است که بازیابی ساختار اولئوژل‌های بر پایه هیدروکلوئید کمتر از اولئوژل‌های موم است، که این نتایج با یافته‌های حاصل از این مطالعه هم‌خوانی داشت (۱۰). در مطالعه انجام شده دیگری توسط Patel و همکاران (۲۰۱۵)، اولئوژل موم زنبور عسل در بین موم های دیگر از جمله: آفتابگردان، کارنوبا و کاندلیلا بالاترین بازیابی ساختار را داشت، که میزان آن بیشتر از بازیابی بدست آمده در مطالعه حاضر بود که این تفاوت را می‌توان به تفاوت نوع موم زنبورعسل نسبت داد. این محققان بالا بودن بازیابی ساختار موم زنبورعسل را به واحدهای ساختمانی کروی آن مرتبط دانستند و بیان داشتند که به دلیل وجود این واحدها و باندهای یکنواخت، شکستن آنها تابع زمان نبوده و با بکاربردن استرین، باندها بطور همزمان می‌شکنند و با برداشتن نیرو، باندها دوباره تشکیل می‌شوند. به منظور جایگزینی روغن پالم و پالم هیدروژنه نسبی با نمونه اولئوژل موم، ویژگی‌های این روغن‌ها نیز بررسی شد (۲۶). همانطور که از جداول مشخص است، ویژگی‌های نمونه ۴ مشابه این دو روغن بود. لازم به ذکر است نقطه ذوب و بازیابی ساختار این نمونه نیز بالاتر بود. بنابراین جهت تولید مارگارین کم اشباع استفاده شد.

مارگارین بر پایه اولئوژل موم زنبورعسل

مقدار چربی جامد: SFC فاکتوری است که درصد چربی‌های جامد را در دمای خاص مشخص می‌کند و از این رو منعکس کننده تغییرات قوام و پلاستیسیته مواد غذایی در دماهای مختلف است (۲۷). با توجه به نتایج گزارش شده در جدول ۳، کاهش میزان روغن پالم و مخصوصاً پالم اولئین هیدروژنه در فرمول مارگارین، همراه با کاهش مقدار چربی جامد بود. مقدار چربی جامد در دمای ۱۰ درجه سانتیگراد برای نمونه کنترل ۲۱/۶ بود که با جایگزینی کامل هر دو نوع روغن با اولئوژل به ۴/۴۷ رسید. نتایج مشابهی توسط Doan و همکاران (۲۰۱۶) گزارش شده است، آنها اعلام کردند که با افزایش جایگزینی پالم با اولئوژل موم زنبورعسل در فیلینگ قنادی مقدار چربی جامد کاهش نشان داده است (۱۲). همچنین، در مطالعه انجام شده توسط Demirkesen و همکاران (۲۰۱۹) استفاده از مخلوط اولئوژل موم و شورتنینگ بر پایه پالم در محصولات نانوایی بدون گلوتن بررسی شد. نتایج نشان دهنده کاهش SFC با افزایش اولئوژل در جایگزینی با شورتنینگ در فرمول نان بود (۲۸).

در چندین مطالعه مشخص شده است که استفاده از اولئوژل موم در محصولاتی مانند کیک (۲۹) و محصولات نانوایی (۲۵) مقدار چربی جامد را نسبت به نمونه کنترل کاهش داده است. در مطالعه حاضر، مقدار پایین‌تر SFC در دماهای بین ۳۰ و ۳۵ تایید می‌کند که تمام نمونه‌ها به احتمال زیاد هیچ طعم مومی که معمولا در مورد اولئوژل‌های موم دیده می‌شود، نشان ندادند. و همچنین با توجه به SFC در دمای ۱۰ درجه سانتیگراد که برای همه نمونه‌ها کمتر از ۳۲٪ است (۳۰)، می‌توان دریافت که تمام نمونه‌ها دارای مالش‌پذیری قابل قبول بودند.

گرما سنجی روبشی افتراقی: نقطه ذوب یک چربی یا روغن می‌تواند تحت تأثیر طول زنجیره FA (افزایش طول زنجیره منجر به افزایش نقطه ذوب می‌شود)، درجه غیراشباعیت (افزایش میزان غیراشباعیت منجر به کاهش نقطه ذوب)، حضور TFA (TFA دارای نقطه ذوب بالاتر از فرم cis مربوطه است) و پلی مورفیسم (α-کمترین نقطه ذوب، 'β- نقطه ذوب متوسط و β- بالاترین نقطه ذوب) باشد (۳۱). اولئوژل ۱۰٪ موم زنبورعسل (شکل ۱) دارای پیک‌های ذوب متعدد و

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-07-12]
[DOR: 20.1001.1.17357756.1400.16.4.3.2]

محدوده ذوب ۴۸ تا ۶۳ درجه سانتیگراد بود. محدوده ذوب نمونه کنترل نیز ۲۷ تا ۳۷ درجه سانتیگراد بود. همان‌طور که در شکل نیز مشخص است، با افزایش جایگزینی روغن پالم اولئین هیدروژنه و پالم با اولئوژل، نقطه ذوب و محدوده ذوب افزایش یافت. بطوری که نمونه ۹ (جایگزینی ۱۰۰٪ (PHPO) و ۲۵٪ (PO) با اولئوژل) به عنوان نمونه مشابه کنترل از نظر ویژگی های رئولوژ یک و بافتی دارای محدوده ذوب ۵۰-۲۶ درجه سانتی‌گراد بود. محدوده ذوب گسترده این نمونه می‌تواند به ناهمگونی ترکیبات موجود نسبت داده شود، زیرا این ترکیبات مختلف چربی (تری اسیل گلیسرول‌های روغن پالم، استرهای چرب، n-alkanes، اسیدهای چرب آزاد و الکل های چرب آزاد در موم زنبورعسل) دارای نقاط ذوب متفاوت هستند. نتایج یکسانی نیز در مطالعات گزارش شده است (۲۱). افزایش نقطه ذوب ممکن است ناشی از وجود شکل پلی مورفیسم β در نمونه‌ها باشد. همچنین، پروفایل ذوب نمونه ۱۲ (جایگزینی کامل، جایگزینی ۱۰۰٪ (PHPO) و ۱۰۰٪ (PO) با اولئوژل) تقریباً شبیه به نمونه اولئوژل ۱۰٪ موم زنبورعسل بود. دلیل این پدیده کاملاً واضح و ناشی از افزایش مقدار موم زنیورعسل در مارگارین است.

ویژگی‌های رئولوژیک: مطابق جدول ۴ نتایج نشان داد که، برای تمام نمونه‌ها مدول الاستیک بالاتر از مدول ویسکوز بود و کمترین مقدار این دو فاکتور مربوط به نمونه جایگزینی کامل روغن پالم و پالم اولئین هیدروژنه نسبی با اولئوژل بود (نمونه ۱۲). این بدان معنی است که با افزایش جایگزینی، مدول الاستیک و ویسکوز کاهش یافته است. همچنین، تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌ها از نظر میزان γ_{LVR} و تانژانت افت دیده نشد. همانطور که در جدول مشاهده می‌شود استرس نقطه تقاطع نیز با افزایش میزان جایگزینی نسبتاً افزایش یافته است. در مطالعه انجام شده بر روی محصولات نانوایی یدون گلوتن توسط Demirkesen و همکاران (۲۰۱۹) بیان شده است که با افزایش درصد جایگزینی شورتنینگ با اولئوژل موم در خمیر نان، مدول الاستیک کاهش و وابستگی به فرکانس افزایش نشان داده است (۲۸). در مطالعه دیگری که اولئوژل موم کاندلیلا را به عنوان جایگزین شورتنینگ در کوکی مورد بررسی قرار داده بود، مشخص شد که، G' کوکی‌های آماده شده با شورتنینگ از کوکی‌های حاوی اولئوژل موم کاندلیلا بالاتر بود، این رفتار به ویژگی‌های رئولوژیک بالاتر شورتنینگ در مقایسه با اولئوژل موم نسبت داده شد (۳۲).

همان طور که برای مقدار چربی جامد توضیح داده شد، با افزایش جایگزینی، این پارامتر نیز کاهش یافته است. رابطه معنی‌دار قانون توان بین SFC و G' $G' = SFC^{n}()$ برای سیستم‌های چربی در بسیاری از مطالعات نشان داده شده است (۳۳, ۳۴) هنگامی که ذرات کریستالی چربی جامد از یک حدی کمتر باشد، یک شبکه قوی تشکیل نشده و در نتیجه الاستیسیته کاهش می‌یابد. در مطالعه حاضر، مدول الاستیک مارگارین‌های بر پایه موم زنبورعسل با مقدار چربی جامد رابطه نزدیکی داشت. این امر می‌تواند ناشی از این باشد که در مارگارین با اولئوژل موم شبکه ژلی توسط کریستالهای چربی ایجاد شده است، درباره نمونه کنترل نیز G' احتمالاً به فاکتورهای دیگری از جمله: پلی مورفیسم، رفتار کریستالیزاسیون و ریزساختار مارگارین بستگی دارد (۳۵). ادعا شده است که پلاستیسیته چربی تابع دو عامل، SFC و ساختار کریستالی است (۳۶). بطوری که در مطالعه انجام شده توسط Liu و همکاران (۲۰۱۰) SFC و پلی‌مورفیسم دو نوع مارگارین تجاری با بافت متفاوت بررسی شدند. نتایج نشان داد که SFC نمونه سخت کمتر از نمونه نرمتر بود، بنابراین اعلام کردند که SFC تنها پارامتر مؤثر بر قدرت شبکه کریستالی نیست. با بررسی ریزساختار و پلی‌مورفیسم کریستالهای دو نمونه دریافتند که کریستال‌های نمونه سخت‌تر، متراکم و از نوع β بوده که بزرگتر است و نمونه نرمتر دارای کریستالهای β' و بافت ریزتر و نرمتری بود (۳۵).

نتایج حاصل از آزمون روبش فرکانس (جدول ۵) نشان داد که، با افزایش درصد جایگزینی، فاکتور a به عنوان عامل نشان دهنده قدرت ساختار و هم سو با مدول الاستیک کاهش یافته است، فاکتور b نیز یک روند افزایشی نشان داد. این رفتار را می‌توان چنین تفسیر کرد که، وابستگی به فرکانس اولئوژل موم زنبورعسل (۰/۵) بیشتر از روغن پالم (۰/۱۵) و پالم اولئین هیدروژنه نسبی (۰/۱) است. بنابراین با افزایش میزان جایگزینی با اولئوژل موم وابستگی به فرکانس (b) افزایش یافته است.

مطابق جدول ۶ یک روند افزایشی برای بازیابی ساختار با افزایش درصد جایگزینی (از نمونه ۲ تا ۱۲) مشاهده شد و بیشترین بازیابی (۶۲/۳ ٪) متعلق به نمونه ۱۲، جایگزینی کامل با اولئوژل بود. در واقع، افزایش میزان موم در فرمول، بازیابی ساختار را افزایش داده است که پیشتر هم در بخش اولئوژل موم به آن اشاره شده بود که بازیابی ساختار اولئوژل موم بسیار بیشتر از روغن‌های پالم و پالم اولئین هیدروژنه

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-07-12]
[DOR: 20.1001.1.17357756.1400.16.4.3.2]

نسبی است. با توجه به تمام ویژگی‌های ذکر شده؛ بین این ۱۱ نمونه، ماکزیمم مقدار اولئوژل جایگزین شـــده، با ۱۰۰٪ روغن پالم اولئین هیدروژنه نسـبی (PHPO) و ۲۵٪ روغن پالم (PO) (نمونه ۹) بود، که منجر به تشـــکیل نمونه‌ای با ویژگی های رئولوژیک مشابه با نمونه کنترل شد.

ویژگی‌های بافتی: مطابق نتایج لیســت شــده در جدول ۶، با افزایش درصــد جایگزینی ســفتی و ســطح زیر نمودار کاهش یافته است. در مطالعات پیشین گزارش شده است که، بیشترین نیروی لازم جهت نفوذ مخروط بالایی معادل ســـفتی در نظر گرفته می‌شـــود و قابلیت پخش یا مالش‌پذیری با ســـطح زیر منحنی مثبت (منحنی نفوذ) معادل اســـت، بطوریکه مقادیر کوچکتر سطح زیر منحنی منعکس کننده مالش‌پذیری بیشتر اســـت (۳۸، ۳۷). در مطالعه حاضـــر، نتایج نشـــان داد که، با افزایش جایگزینی با اولئوژل موم، سفتی کاهش و مالش‌پذیری افزایش یافته است. تفاوت معنی‌داری بین نمونه ۱۰ (جایگزینی ۱۰۰٪ روغن پالم اولئین هیدروژنه نسبی (PHPO) و ۵۰٪ پالم (PO) بـا اولئوژل موم زنبورعســـل) و نمونـه کنترل از نظر مالش‌پذیری دیده نشـــد. همچنین نمونه ۹ (جایگزینی ۱۰۰٪ روغن پالم اولئین هیدروژنه نسـبی (PHPO) و ۲۵٪ پالم (PO) با اولئوژل موم زنبورعسل) نزدیکترین مقدار سفتی را به نمونه کنترل داشـــت. لازم به ذکر اســـت، مطابق نتایج SFC، تمام نمو نه های مار گارین مالش پذیری مطلوبی در د مای ا تاق داشتند.

ارزیابی رنگ: جدول ۷ شـــاخص‌های رنگ اندازه‌گیری شـــده برای نمونه‌های مارگارین را نشـــان می‌دهد. با افزایش میزان جایگزینی با اولئوژل موم زنبورعســل شـاخص‌های *L و *b به ترتیب کاهش و افزایش نشان دادند. نمونه کنترل شفاف‌ترین و کمترین ر نگ متـما یل به زرد را داشـــت. همچنین از نظر شـاخص*a بین نمونه‌ها تفاوت معنی‌دار وجود نداشـت و تمام نمونه‌ها به رنگ قرمز متمایل بودند. این ممکن اســت ناشــی از رنگ طبیعی موم باشـــد، که با افزایش درصـــد موم در فرمول شـــفافیت کاهش و زرد بودن افزایش یافته اســـت. Yılmaz و همکاران (۲۰۱۵) ویژگی‌های کوکی تولید شده با شورتنینگ و موم زنبورعســل را بررســی کردند، نتایج نشـان داد که *L به عنوان شاخص شفافیت در کوکی حاوی شورتنینگ بالاتر بود و تفاوت قابل ملاحظه‌ای بین مقادیر *a (قرمز-ســـبز) نبود و نمونه‌ها به رنگ ســبز متمایل بودند. *b (زرد-آبی) کوکی تهیه شده با شورتنینگ پایین‌تر از کوکی حاوی موم زنبورعسل بود (۳۹).

نتیجه‌گیری

در این مطالعه، ظرفیت اتصـــال به روغن، ویژگی های رئولوژیک و بافتی اولئوژل‌های تهیه شـده به روش مســتقیم با اســتفاده از موم زنبورعســل بررســی و با روغن پالم مقایســه گردید. در بین نمونه های تهیه شـــده یک نمونه براســـاس مشـــابهت با روغن پالم انتخاب گردید و جهت جایگزینی این روغن و روغن پالم اولئین هیدروژنه در فرمولاســیون مارگارین با اشـــباعیت پایین به کار برده شـــد. همچنین مارگارین‌های تهیه‌شـــده از نظر مقدار چربی جامد، دمای ذوب، ویژگی‌های رئولوژیک و بافتی بررسی و با مارگارین کنترل (تجاری) مقایسه شدند. یافته‌ها نشان داد، در بین ۴ نمونه اولئوژل آماده شده با موم زنبورعســـل، نمو نه ۱۰٪ موم نزدیکترین ویژگی ها را به روغن پالم داشـــت. بنابراین، این نمونه جهت جایگزینی روغن پالم و پالم اولئین هیدروژنه در فرمولا سیون مارگارین ا ستفاده شـــد. به طور کلی، جایگزینی ۱۰۰٪ پالم اولئین هیدروژنه و ۲۵٪ پالم با اولئوژل ۱۰٪ موم زنبورعسل (جایگزینی کامل پالم اولئین هیدروژنه و ن سبی پالم) با حفظ ویژگی‌های رئولوژیک و بافتی مارگارین، بطور معنی‌داری میزان چربی اشـــباع و ترانس را کاهش داده بود.

References

1. Patel AR, Alternative routes to oil structuring. Switzerland Springer 2015. P. 70.
2. Tanti R. Hydroxypropyl-methylcellulose and Methylcellulose Structured Oils as an Alternative Low Saturated Fat Stabilizer and Shortening Replacement for Food Applications 2015.
3. Marangoni AG. Organogels: an alternative edible oil-structuring method. Journal of the American Oil Chemists' Society. 2012;89(5):749-80.
4. Bier DM. Saturated fats and cardiovascular disease: interpretations not as simple as they once were. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2016;56(12):1943-6.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-07-12]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1400.16.4.3.2]

5. Wayland MM. Final Determination Regarding Partially Hydrogenated Oils. 2015.

6. Marangoni AG, Garti N. Edible oleogels: structure and health implications: Elsevier; 2015.

7. Kodali DR. Trans fats replacement solutions: Elsevier; 2014.

8. Yılmaz E, Öğütcü M. Comparative analysis of olive oil organogels containing beeswax and sunflower wax with breakfast margarine. Journal of food science. 2014;79(9):E1732-E8.

9. Sonwai S, Luangsasipong V. Production of Zero-trans Margarines from Blends of Virgin Coconut Oil, Palm Stearin and Palm Oil. Food Science and Technology Research. 2013;19(3):425-37.

10. Patel AR, Dewettinck K. Comparative evaluation of structured oil systems: shellac oleogel, HPMC oleogel, and HIPE gel. European Journal of Lipid Science and Technology. 2015;117(11):1772-81.

11. Puşcaş A, Mureşan V, Socaciu C, Muste S. Oleogels in food: a review of current and potential applications. Foods. 2020;9(1):70.

12. Doan CD, Patel AR, Tavernier I, De Clercq N, Van Raemdonck K, Van de Walle D, et al. The feasibility of wax-based oleogel as a potential co-structurant with palm oil in low-saturated fat confectionery fillings. European Journal of Lipid Science and Technology. 2016.

13. Alizadeh L, Abdolmaleki K, Nayebzadeh K, Hosseini SM. Oleogel Fabrication Based on Sodium Caseinate, Hydroxypropyl Methylcellulose, and Beeswax: Effect of Concentration, Oleogelation Method, and Their Optimization. Journal of the American Oil Chemists' Society. 2020;97(5):485-96.

14. Abdolmaleki K, Alizadeh L, Nayebzadeh K, Hosseini SM, Shahin R. Oleogel production based on binary and ternary mixtures of sodium caseinate, xanthan gum, and guar gum: Optimization of hydrocolloids concentration and drying method. Journal of texture studies. 2020;51(2):290-9.

15. Tavernier I, Doan CD, Van der Meeren P, Heyman B, Dewettinck K. The Potential of Waxes to Alter the Microstructural Properties of Emulsion-Templated Oleogels. European Journal of Lipid Science and Technology. 2018;120(3):1700393.

16. Yılmaz E, Öğütcü M, Yüceer YK. Physical Properties, Volatiles Compositions and Sensory Descriptions of the Aromatized Hazelnut Oil-Wax Organogels. Journal of food science. 2015;80(9):S2035-S44.

17. Glibowski P. Effect of thermal and mechanical factors on rheological properties of high performance inulin gels and spreads. Journal of Food Engineering. 2010;99(1):106-13.

18. Hwang H-S, Singh M, Bakota EL, Winkler-Moser JK, Kim S, Liu SX. Margarine from organogels of plant wax and soybean oil. Journal of the American Oil Chemists' Society. 2013;90(11):1705-12.

19. Dey T, Kim DA, Marangoni AG. Ethylcellulose oleogels. Edible oleogels: structure and health implications AOCS Press, Urbana. 2011:295-311.

20. Martins AJ, Cerqueira MA, Fasolin LH, Cunha RL, Vicente AA. Beeswax organogels: Influence of gelator concentration and oil type in the gelation process. Food research international. 2016;84:170-9.

21. da Silva TL, Chaves KF, Fernandes GD, Rodrigues JB, Bolini HM, Arellano DB. Sensory and Technological Evaluation of Margarines With Reduced Saturated Fatty Acid Contents Using Oleogel Technology. Journal of the American Oil Chemists' Society. 2018;95(6):673-85.

22. Öğütcü M, Yılmaz E. Characterization of hazelnut oil oleogels prepared with sunflower and carnauba waxes. International Journal of Food Properties. 2015;18(8):1741-55.

23. Yi B, Kim M-J, Lee SY, Lee J. Physicochemical properties and oxidative stability of oleogels made of carnauba wax with canola oil or beeswax with grapeseed oil. Food science and biotechnology. 2017;26(1):79-87.

24. Hwang H-S, Kim S, Singh M, Winkler-Moser JK, Liu SX. Organogel formation of soybean oil with waxes. Journal of the American Oil Chemists' Society. 2012;89(4):639-47.

25. Mert B, Demirkesen I. Reducing saturated fat with oleogel/shortening blends in a baked product. Food chemistry. 2016;199:809-16.

26. Patel AR, Babaahmadi M, Lesaffer A, Dewettinck K. Rheological profiling of organogels prepared at critical gelling concentrations of natural waxes in a triacylglycerol solvent. Journal of agricultural and food chemistry. 2015;63(19):4862-9.

27. Yılmaz E, Öğütcü M. Oleogels as spreadable fat and butter alternatives: sensory description and consumer perception. RSC Advances. 2015;5(62):50259-67.

28. Demirkesen I, Mert B. Utilization of Beeswax Oleogel-Shortening Mixtures in Gluten-Free Bakery Products. Journal of the American Oil Chemists' Society. 2019.

29. Patel AR, Rajarethinem PS, Grędowska A, Turhan O, Lesaffer A, De Vos WH, et al. Edible applications of shellac oleogels: spreads, chocolate paste and cakes. Food & function. 2014;5(4):645-52.

30. Ribeiro APB, Basso RC, Grimaldi R, Gioielli LA, Gonçalves LAG. Instrumental methods for the evaluation of interesterified fats. Food analytical methods. 2009;2(4):282-302.

31. Pande G, Akoh CC. Enzymatic synthesis of trans-free structured margarine fat analogues using stearidonic acid soybean and high stearate soybean oils. Journal of the American Oil Chemists' Society. 2012;89(8):1473-84.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-07-12]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1400.16.4.3.2]

32. Jang A, Bae W, Hwang H-S, Lee HG, Lee S. Evaluation of canola oil oleogels with candelilla wax as an alternative to shortening in baked goods. Food chemistry. 2015;187:525-9.

33. Blake AI, Marangoni AG. Factors affecting the rheological properties of a structured cellular solid used as a fat mimetic. Food research international. 2015;74:284-93.

34. Ghotra BS, Dyal SD, Narine SS. Lipid shortenings: a review. Food Research International. 2002;35(10):1015-48.

35. Liu Y, Meng Z, Zhang F, Shan L, Wang X. Influence of lipid composition, crystallization behavior and microstructure on hardness of palm oil-based margarines. European food research and technology. 2010;230(5):759-67.

36. Hui YH. Bailey's Industrial Oil and Fat Products. V. 2 Edible Oil and Fat ProductsOils and Oil Seeds: John Wiley and Sons; 1996. 331-52 p.

37. Glibowski P, Zarzycki P, Krzepkowska M. The rheological and instrumental textural properties of selected table fats. International Journal of Food Properties. 2008;11(3):678-86.

38. Swenson B, Wendorff W, Lindsay R. Effects of ingredients on the functionality of fat-free process cheese spreads. Journal of Food Science. 2000;65(5):822-5.

39. Yılmaz E, Öğütcü M. The texture, sensory properties and stability of cookies prepared with wax oleogels. Food & function. 2015; 6(4):109-204.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-07-12]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1400.16.4.3.2]

Effects of Replacing Palm oil with Beeswax Oleogel on the Characteristics of Low-saturated Fatty Acid Margarine

*Abdolmaleki Kh[1], Alizadeh L[2], Sheikhi Zh[3], Nayebzadeh K[*4]*

1- Assistant Prof, Dept. of Food Science and Technology, School of Nutrition Science and Food Technology, Kermanshah University of Medical Science, Kermanshah, Iran

2- Assistant Prof, Dept. of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

3- PhD Studen in Food Safty and Hygiene, Department of Food Science and Technology, Faculty of Health, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran

*4- *Corresponding author: Associated Prof, Dept. of Food Sciences and Technology, Faculty of Nutrition Sciences and Food Technology, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran, E-mail: Knayebz@sbmu.ac.ir*

Received 25 May, 2021 **Accepted 5 Feb, 2021**

Background and Objectives: Saturated and trans fatty acids are used to provide desirable texture, high oxidative stability and extended shelf life in lipid-based food products such as margarine. In recent years, concerns on the use of trans and saturated fatty acids have increased due to the reasons such as cardiovascular diseases and obesity. Therefore, novel methods such as oleogel have been used to produce desired food structures without using harmful compounds.

Materials & Methods: In the current study, melting point and rheological and textural characteristics of four oleogel samples prepared with beeswax (2.5, 5, 7.5 and 10 wt%) were studied and compared with those of palm oil. To formulate low-saturated fat margarine, an optimized ologel sample was selected as the substitute for palm oil and hydrogenated palm olein oil. Margarines (70% fat) were assessed for their solid fat content, melting point and rheological and textural characteristics and results were compared with those of commercial samples.

Results: The sample containing 10% beeswax included the most similar characteristics to those of palm oil. Replacement of 10% beeswax oleogel with 100% hydrogenated palm olein oil and 25% palm oil resulted in the production of margarines with rheological and textural characteristics, similar to those of commercial margarines. Furthermore, these samples included lower solid fat contents and higher melting points than those the commercial samples did.

Conclusion: The results of this study showed that the replacement of palm oil and partially hydrogenated palm olein oil with beeswax oleogel in margarine led to a reduction of 28% and 80% saturated and trans fatty acids, respectively.

Keywords: Beeswax, Oleogel, Margarine, Palm oil

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-07-12]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1400.16.4.3.2]