

تولید مافین با چربی کاهش یافته با استفاده از ارگانوژل بر پایه موم کارنوبا

فاطمه حنیفی واحد^۱، مانیا صالحی فر^{۱*}، علیرضا رحمن^۱

۱- گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، واحد شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
* نویسنده مسئول (salehifarmania@qodsiau.ac.ir)

چکیده

هدف از این پژوهش تولید مافین‌های کم‌چرب با استفاده از اولئوژل‌های بر پایه موم کارنوبا و روغن هسته انگور بود. روغن موجود در فرمولاسیون مافین با سطوح مختلف (۰ تا ۱۰۰ درصد) جایگزین شد. افزایش اولئوژل تا سطح ۵۰ درصد در مقایسه با نمونه شاهد تأثیر معنی‌داری روی دانسیته خمیر نداشت. فعالیت آبی نمونه‌های کیک مافین حاوی اولئوژل بیشتر از نمونه شاهد بود. با افزایش درصد به‌کارگیری اولئوژل تا سطح ۵۰ درصد حجم مخصوص کیک‌ها افزایش یافت. استفاده از اولئوژل تا سطح ۵۰ درصد تأثیر معنی‌داری ($P < 0.05$) روی شاخص L^* نداشت. با افزایش درصد به‌کارگیری اولئوژل تا سطح ۵۰ درصد سفتی کیک‌ها کاهش یافت با این‌وجود افزایش بیشتر اولئوژل از ۵۰ تا ۱۰۰ درصد به‌طور معنی‌داری ($P < 0.05$) منجر به افزایش سفتی آنها شد. افزایش زمان نگهداری سفتی بافت را به‌طور معنی‌داری ($P < 0.05$) افزایش داد. نمونه‌های حاوی اولئوژل از ۱۰ تا ۵۰ درصد از لحاظ خصوصیات حسی تفاوت معنی‌داری با نمونه شاهد نداشتند ($P > 0.05$) ولی با افزایش درصد به‌کارگیری اولئوژل از ۵۰ درصد به بالا منجر به کاهش معنی‌دار ($P < 0.05$) تمامی خصوصیات حسی نمونه‌های مافین در مقایسه با نمونه شاهد شد. بنابراین به‌طور کلی می‌توان نمونه‌ای که حاوی ۵۰ درصد اولئوژل بر پایه موم کارنوبا و روغن هسته انگور به‌جای روغن می‌باشد به‌عنوان نمونه برتر انتخاب نمود.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۲۵
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۳/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۰۲
تاریخ انتشار برخط: ۱۴۰۱/۰۴/۰۵

واژه‌های کلیدی

روغن هسته انگور
سفتی
کم چرب
مافین
موم کارنوبا



مقدمه

مافین‌ها که به محصولات نانوائی سریع طبقه‌بندی می‌شوند، در بعضی از کشورها به‌عنوان میان‌وعده‌های صبحانه و عصرانه محبوب هستند. آنها به‌عنوان یک محصول اسفنجی نرم با ساختار مغز متخلخل و حجم زیاد شناخته می‌شوند. مافین و سایر محصولات شیرینی پخته‌شده معمولاً سرشار از چربی و شکر هستند که مصرف‌کنندگان با آگاهی از سلامتی، از مصرف آنها اجتناب می‌کنند. چربی‌های موجود در محصولات نانوائی هوا را در داخل خمیر به‌دام می‌اندازند تا خمیر به‌خوبی توسعه یابد و محصولی به‌خوبی پخته‌شده

تولید شود. همچنین به طعم و مزه محصولات نهایی کمک می‌کند. از این‌رو چربی منجر به تجمع حباب‌های هوا در داخل ساختار خمیر طی مخلوط‌کردن می‌شود که به ورا آمدن محصول، تردی قطعه‌ها و بهبود احساس دهانی کمک خواهد کرد. بنابراین، جایگزینی چربی طی تهیه مافین تأثیر منفی روی بافت مغز محصول و خاصیت حسی دارد. به همین خاطر انتخاب سیستم جایگزینی چربی و نوع جایگزین جهت شبیه‌سازی رفتار چربی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Galali et al., 2022; Rodríguez-García et al., 2012). ژل‌ها نوعی کلئوئید را نشان می‌دهند که از

به کار گرفت. توجه زیادی از سوی جوامع علمی و صنعتی نسبت به اولئوژل‌ها از زمانی که برای اولین بار به عنوان یک جایگزین احتمالی برای چربی‌ها پیشنهاد شدند، افزایش یافته است (Martins *et al.*, 2018; Puşcaş *et al.*, 2021; Silva *et al.*, 2021).

ارگانوژلاتورها^۶، ترکیباتی هستند که منجر به تشکیل شبکه^۷ سه‌بعدی و ایجاد ساختار می‌شوند برای تبدیل روغن مایع به مواد سخت و بی‌حرکت کردن آنها لازم هستند. از شناخته‌شده‌ترین و پرکاربردترین ارگانوژلاتورها می‌توان به فسفولیپیدها، فیتواسترول‌ها، مونو و دی‌گلیسریدها، موم‌های گیاهی (موم کارنوبا^۸، موم کندلیلا^۸ و غیره) و استرهای اسیدهای چرب یا الکل‌ها اشاره نمود (Siraj *et al.*, 2015).

استفاده از اولئوژل‌ها یک راه‌حل بالقوه برای یک رژیم غذایی سالم‌تر روزانه با جایگزینی چربی‌های اشباع‌شده و هیدروژنه با روغن‌های گیاهی طبیعی است که توسط سازمان بهداشت جهانی ترویج شده است. با افزایش تقاضای قابل‌توجهی برای جایگزین‌های چربی جامد در محصولات گوشت، نانوایی و شیرینی، اولئوژل‌های پروتئینی یا پلی‌ساکاریدی به دلیل مقبولیت بالای مصرف‌کننده و ویژگی‌های بافتی و حسی خود، گزینه‌های مناسبی برای این منظور می‌باشند (Li *et al.*, 2022).

هسته^۹ انگور دارای ۲۰ تا ۲۶ درصد گوشت، مقادیر بالایی پروتئین و ۱۰ تا ۲۰ درصد روغن به همراه مقدار قابل‌توجهی ویتامین E است که دارای اثر سلامت‌بخش روی سلامتی انسان می‌باشد. روغن هسته^۹ انگور در مقایسه با سایر روغن‌ها مزه^{۱۰} چربی آن کمتر احساس می‌شود و از این رو، نه تنها روی طعم اصلی غذا تأثیری نمی‌گذارد بلکه تا حدودی طعم کره‌ای را نیز در آن به دنبال دارد. همچنین این روغن به دلیل قابلیت تحمل درجه‌های مختلف حرارت بالا و بدون ایجاد دود، بسیار با اهمیت است. به عبارتی این روغن می‌تواند برای سرخ کردن در درجه‌حرارت‌های بالا بدون سوختن و دود استفاده شود (Al Juhaimi *et al.*, 2017; Shinagawa *et al.*, 2017).

یک شبکه^۱ سه‌بعدی جامدمانند تشکیل شده‌اند که در آن یک فاز مایع به دام افتاده است. ژل را می‌توان به عنوان یک سیستم منسجم از حداقل دو جزء تعریف کرد که خواص مکانیکی یک جامد را نشان می‌دهد، در این سیستم هر دو جزء پراکنده شده و محیط دیسپرس شده^۱ خود را به طور مداوم در کل سیستم گسترش می‌دهند. فرمولاسیون ژل را می‌توان با توجه به حلال مورد استفاده برای تولید به دو دسته اصلی تقسیم کرد. هیدروژل‌ها به حالتی اطلاق می‌شوند که فاز مایع آب است و ارگانوژل‌ها^۲ (یا اولئوژل‌ها) زمانی که مایع دیسپرس شده^۱ یک حلال آلی است و توسط یک ارگانوژل‌ساز ساختار یافته است. هیدروژل‌ها عمدتاً از یک شبکه^۳ پلیمری آب‌دوست تشکیل شده‌اند که می‌تواند مقادیر زیادی مایع را جذب کند (Pinto *et al.*, 2021).

ارگانوژل‌ها فرمولاسیون‌های نیمه‌سفت و سختی هستند که سیستم‌های دوپوسته^۴ در نظر گرفته می‌شوند و شامل دو فاز هستند: ژل‌کننده و حلال آلی. ژلاتور، هنگامی که در فرمولاسیون ارگانوژل‌ها در غلظت‌های کمتر از ۱۵ درصد استفاده می‌شود، ممکن است تغییرات فیزیکی و شیمیایی را ایجاد نماید که تشکیل ساختارهای خود آرایش‌یافته^۴ را به دنبال دارد. این ساختارها با یکدیگر در هم می‌پیچند و شبکه‌ای سه‌بعدی را تشکیل می‌دهند. حلال آلی در فضاهای شبکه^۵ ژلاتور^۵ حفظ و بی‌حرکت می‌شود. اگر حلال مورد استفاده روغن مایع باشد، اصطلاح اولئوژل نیز برای این فرمولاسیون‌ها مناسب است. بنابراین، اولئوژل‌ها اجازه می‌دهند تا خواصی را که هیدروژل‌ها با آنها سازگار نیستند، مانند آب‌گریزی ترکیبات، ایجاد نمایند. یکی از مزایای اصلی اولئوژل‌ها امکان حمل ترکیبات زیست‌فعال چربی‌دوست است که در سیستم‌های دارویی و غذایی کاربرد زیادی دارد. اولئوژل‌ها با توجه به ایجاد ساختار و خواص سلامت‌بخش می‌توانند در محصولات غذایی جدید به کار گرفته شوند، زیرا می‌توان آنها را به گونه‌ای طراحی کرد که خواص ایده‌آل یک محصول غذایی را برآورده کنند و به عنوان یک جایگزین سالم برای چربی‌های جامد

¹ Dispersion

² Organogels

³ Bicontinuous

⁴ Self-assembled structures

⁵ Gelator

⁶ Organogelators

⁷ Carnauba wax

⁸ Candelilla wax

سانتی گراد) قرار گرفتند تا ارگانوژل تشکیل شود (Aliasl *et al.*, 2020).

تهیه مافین حاوی ارگانوژل

پس از تهیه ارگانوژل‌های بر پایه روغن هسته انگور، ارگانوژل تولیدشده برای تهیه مافین با چربی کاهش یافته مورد استفاده قرار گرفت. برای این منظور ابتدا نمونه‌های مافین تهیه شدند و سپس چربی فرمولاسیون آنها با ارگانوژل روغن هسته انگور جایگزین شد. مافین‌ها با استفاده از آرد (۱۰۰ گرم)، شیر (۸۰ میلی لیتر)، شکر (۴۰ گرم)، شورتنینگ (۳۵ گرم)، تخم مرغ کامل (۳۰ گرم)، بیکینگ پودر (۶ گرم)، نمک (۱ گرم) و پودر وانیل (۰/۲۵ گرم) تهیه شدند. برای این منظور ابتدا تمام مواد پودری با یکدیگر به طور کامل مخلوط شدند و سپس تخم مرغ از قبل هم زده، به آن افزوده شد. در نهایت شورتنینگ به مخلوط فوق افزوده شد و به طور کامل با یکدیگر مخلوط گردیدند. به منظور تهیه کیک‌های مافین با چربی کاهش یافته شورتنینگ مورد استفاده با سطوح مختلف (۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰، ۹۰ و ۱۰۰ درصد) ارگانوژل جایگزین شد. در نهایت خمیر کیک‌های مافین تهیه شده در قالب کیک ریخته شدند و به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۲۰۰ درجه سانتی گراد پخته شدند (Galali *et al.*, 2022).

دانسیته خمیر

جهت تعیین دانسیته خمیر ابتدا یک استوانه مدرج ۱۰ میلی لیتری روی ترازو قرار گرفت و پس از صفر کردن ترازو، ۱۰ میلی لیتر از خمیر مورد نظر در داخل استوانه مدرج ریخته و دانسیته خمیر از طریق محاسبه نسبت وزن خمیر به حجم آن تعیین گردید (Ağirbaş *et al.*, 2021).

فعالیت آبی

فعالیت آبی نمونه‌های مافین با استفاده از دستگاه سنجش فعالیت آبی (Novasina AG, aw mater) ساخت سوئیس) اندازه گیری شد. سه تکرار از هر نمونه در دمای ثابت ۲۵ درجه سانتی گراد مورد آزمون قرار گرفت (Ağirbaş *et al.*, 2021).

Kim و همکاران (۲۰۲۲)، از اولئوژل‌های روغن کانولا و بر پایه مخلوط دوتایی موم کاندلیلا و گلیسرول مونواسترات جهت جایگزینی شورتنینگ در فرمولاسیون خامه قنادی استفاده کردند. آنها نشان دادند که استفاده از ۶۰ درصد موم کاندلیلا و ۴۰ درصد گلیسرول مونواسترات منجر به تولید اولئوژل بالاترین سفتی و کمترین دمای ذوب می شود که محصولاتی با خصوصیات شبیه به نمونه شاهد تولید می نماید. آنها همچنین بیان کردند که با استفاده از چنین اولئوژل‌هایی به جای شورتنینگ می توان مقدار چربی خامه را از ۳۶ درصد تا ۱۰ درصد کاهش داد (Kim *et al.*, 2022). علاوه بر این، مطالعه نشان داده است که با استفاده از اولئوژل موم کارنوبا و روغن سویا به عنوان محیط سرخ کننده جهت تهیه اسنک محلی هندی می توان محتوی چربی و کالری محصول را کاهش داد (Chauhan *et al.*, 2022).

بنابراین هدف از این پژوهش استفاده از اولئوژل بر پایه موم کارنوبا و روغن هسته انگور جهت تولید مافین با چربی کاهش یافته و بررسی خصوصیات خمیر و محصول نهایی خواهد بود.

مواد و روش‌ها

آرد کیک، شکر، نمک، بیکینگ پودر و پودر وانیل از شرکت گل‌ها و روغن هسته انگور از بازار محلی در تهران خریداری شدند. همچنین تخم مرغ، شیر و شورتنینگ به ترتیب از شرکت‌های تلاونگ، پگاه و لادن تهیه شدند. علاوه بر این‌ها موم کارنوبا و زانتان از شرکت مرک آلمان خریداری شدند.

تهیه ارگانوژل بر پایه روغن هسته انگور

برای این منظور ابتدا روغن هسته انگور (۸۰ درصد)، موم کارنوبا (۱۰ درصد) و زانتان (۱۰ درصد) به صورت جداگانه در بن ماری تا دمای حدود ۴۰ درجه سانتی گراد حرارت داده شدند. در ادامه موم کارنوبا به نمونه روغن هسته انگور افزوده شد تحت دمای ۴۰ درجه سانتی گراد به مدت ۳۰ دقیقه در ۲۰۰ دور بر دقیقه هم زده شدند و در نهایت زانتان به آن اضافه شد تا به طور کامل مخلوط گردیدند. پس از گذشت این زمان، نمونه‌های ارگانوژل تهیه شده به مدت ۲۴ ساعت در دمای یخچال (۴ درجه

خصوصیات رنگی

برای اندازه‌گیری رنگ سطحی، فراورده‌های نهایی روی یک پلیت سفید (مرجع) قرار گرفتند و سپس میزان فاکتورهای رنگی آن با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج (Colorimeter Model 21150، ساخت چین) اندازه‌گیری شد. برای این منظور فاکتورهای L^* ، a^* و b^* نمونه‌ها تعیین و از روی دستگاه قرائت شدند (Trehan et al., 2018).

حجم مخصوص

اندازه‌گیری حجم مخصوص نمونه‌های مافین با استفاده از آزمون جایجایی دانه گُلزا، محاسبه شد. برای این منظور در فاصله زمانی ۲ ساعت پس از پخت، قطعه جدا شده از هر نمونه به ابعاد $2 \times 2 \times 2$ سانتی‌متر با ترازوی دیجیتالی (Sartorius Entris 64i-1S، ساخت سوئیس) و دقت ۱ میلی‌گرم توزین گردید. سپس حجم استوانه مدرج به میزان ۲۵۰ میلی‌لیتر با دانه گُلزا جایگزین شد. آنگاه قطعه مافین موردنظر درون استوانه مدرج قرار داده شد و حجم نهایی گزارش گردید. در انتها از تقسیم حجم به وزن، حجم مخصوص محاسبه شد (Kaur et al., 2018).

سفتی

برای اندازه‌گیری سفتی نمونه‌های مافین از دستگاه بافت‌سنج (Micro Stable Systems، TA-XT2i، ساخت انگلستان) استفاده شد. برای این منظور ابتدا نمونه‌ها به صورت قطعه‌های یکسان روی صفحه نگهدارنده قرار داده شدند و از لودسل ۵ کیلوگرمی استفاده گردید. پروپ استوانه‌ای شکل به قطر ۵۰ میلی‌متر و با سرعت ۱۰۰ میلی‌متر در دقیقه بافت نمونه‌ها را به میزان ۴۰ درصد ارتفاع اولیه فشرده ساخت و حداکثر نیروی لازم جهت فشرده کردن بافت^۱ تعیین گردید، که بیانگر میزان سفتی بافت می‌باشد. این عمل برای سه نمونه مافین صورت گرفت و پس از تعیین میانگین، نتایج حاصل برای هر نمونه گزارش شد (Topkaya & Isik, 2019).

ارزیابی حسی

جهت ارزیابی حسی، شاخص‌هایی نظیر (رنگ، طعم، بافت و پذیرش کلی) از روش هدونیک ۵ نقطه‌ای استفاده گردید و امتیازبندی کلی حاصل از مجموع

امتیازهای داده‌شده به شاخص‌های حسی (در سطوح ارزیابی ۱ تا ۵؛ ۱: غیرقابل مصرف یا خیلی ضعیف؛ ۲: غیرقابل قبول یا ضعیف؛ ۳: قابل قبول یا متوسط؛ ۴: رضایت‌بخش یا خوب و ۵: بسیار رضایت‌بخش یا خیلی خوب) صورت گرفت (Heo et al., 2019).

تجزیه و تحلیل آماری

آزمایش‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. نتایج حاصل از آزمایش‌های مختلف به منظور بررسی اختلاف معنی‌دار بین داده‌ها از طریق تحلیل واریانس یک‌طرفه^۲ با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ مورد ارزیابی قرار گرفت و برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ($P < 0.05$) استفاده شد.

نتایج و بحث

دانسیته خمیر

نتایج حاصل از تغییرات دانسیته خمیر نمونه‌های کیک مافین شاهد و غنی‌سازی‌شده با اولئوژل‌های بر پایه موم کارنوبا و روغن هسته انگور و مقایسه میانگین داده‌ها براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در جدول (۱) نشان داده شده است. براساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها مشخص شد که تغییرات دانسیته خمیر به طور معنی‌داری ($P < 0.05$) وابسته به درصد جایگزین اولئوژل به جای روغن در فرمولاسیون مافین بود. نتایج به دست آمده طی این پژوهش نشان داد که با افزایش درصد به کارگیری اولئوژل‌های بر پایه موم کارنوبا و روغن هسته انگور به جای روغن تا سطح ۵۰ درصد دانسیته خمیر از 1.24 ± 0.10 تا 1.30 ± 0.05 گرم در سانتی‌متر مکعب افزایش یافت اما این افزایش در مقایسه با دانسیته خمیر نمونه شاهد معنی‌دار نبود ($P > 0.05$). از طرف دیگر با افزایش اولئوژل از ۵۰ تا ۱۰۰ درصد مقدار دانسیته خمیر کیک مافین به طور معنی‌داری ($P < 0.05$) در مقایسه با نمونه شاهد و سایر نمونه‌ها افزایش یافت (جدول ۱). دانسیته خمیر وابستگی شدیدی به خصوصیات رئولوژیکی آن دارد. در صورتی که خمیر از ویسکوزیته کافی برخوردار باشد در این حالت حباب‌های هوا در حین همزدن خمیر و ورآمدن خمیر به خوبی در

^۱ Fmax

^۲ One-way ANOVA

فعالیت آبی

تغییرات فعالیت آبی هرکدام از نمونه‌های یک مافین شاهد و نمونه‌های حاوی سطوح مختلف اولئوزل بر پایه موم کارنوبا و روغن هسته انگور و مقایسه میانگین داده‌ها براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در **جدول (۲)** طی ۳۰ روز نگهداری نشان داده شده است. براساس نتایج تحلیل واریانس داده‌ها مشخص شد که تغییرات محتوی رطوبت نمونه شاهد در مقایسه با سایر تیمارها به‌طور معنی‌داری وابسته به بکارگیری و یا عدم به‌کارگیری اولئوزل در فرمولاسیون یک‌های مافین و نیز مدت زمان نگهداری نمونه‌ها بود ($P < 0.05$). براین اساس همان‌طور که نتایج نشان داد فعالیت آبی نمونه‌های مافین شاهد به‌طور معنی‌داری ($P < 0.05$) پایین‌تر از فعالیت آبی نمونه‌های حاوی مختلف اولئوزل بر پایه موم کارنوبا و روغن هسته انگور طی ۳۰ روز نگهداری بود. همچنین مشخص شد که با افزایش مدت زمان نگهداری فعالیت آبی تمام نمونه‌های مافین به‌طور معنی‌داری ($P < 0.05$) کاهش یافت (**جدول ۲**). همان‌طور که بیان شد صمغ‌ها به‌دلیل خاصیت آب‌دوستی و قدرت جذب و نگهداری آب قادر به محصورکردن مقدار زیادی آب در ساختار خود هستند. این قابلیت ناشی از توانایی تشکیل ساختارهای سه‌بعدی و ژل‌مانند توسط صمغ‌ها می‌باشد. همچنین وجود گروه‌های هیدروکسیل زیاد در زنجیره پلی‌ساکاریدی آنها قادر به تشکیل پیوندهای هیدروژنی با مولکول‌های آب می‌باشند که این امر منجر به افزایش محتوی رطوبت و در نتیجه افزایش فعالیت آبی محصول نهایی خواهد شد (Thombare et al., 2016). نتایج این مطالعه با یافته‌های دیگر محققین نیز مطابقت داشت. Wu و همکاران (۲۰۲۰)، به مطالعه محتوی رطوبت و فعالیت آبی یک‌های بدون گلوتن حاوی صمغ دانه تمبره‌ندی پرداختند. آنها دریافتند که وجود گروه‌های آب‌دوست در ساختار صمغ دانه تمبره‌ندی منجر به افزایش محتوی رطوبت و به دنبال آن افزایش فعالیت آبی محصول نهایی در مقایسه با نمونه شاهد خواهد شد (Wu et al., 2020).

داخل شبکه سه‌بعدی خمیر به‌دام می‌افتد و خمیر دچار افزایش حجم خواهد شد (Yazici & Ozer, 2021; Zhou, 2011). افزایش حجم خمیر سبب خواهد شد که مقدار کمی از خمیر حجم بالایی را اشغال نماید که در نهایت منجر به کاهش دانسیته خمیر می‌شود (Lindarte Artunduaga & Gutiérrez, 2019). همان‌طور که نتایج خصوصیات رئولوژیکی خمیرهای مافین نشان داد استفاده از اولئوزل‌های بر پایه موم کارنوبا و روغن هسته انگور حداکثر تا ۵۰ درصد در فرمولاسیون مافین منجر به تغییرات معنی‌داری در خصوصیات رئولوژیکی و ویسکوزیته خمیر مافین نشد که این امر سبب خواهد شد این نمونه‌ها در مقایسه با نمونه شاهد ویسکوزیته آنها تغییر چندانی نداشته باشد. ویسکوزیته مناسب این نمونه‌ها شبکه مناسب جهت به‌دام‌اندازی هوا در داخل ساختار خمیر را فراهم می‌نماید که همراه با افزایش حجم و ایجاد دانسیته کمتر نسبت به سایر نمونه‌ها می‌شود. اما استفاده از سطوح بالای اولئوزل‌ها (۶۰ تا ۱۰۰ درصد) به‌جای روغن در فرمولاسیون مافین منجر به کاهش قابل‌توجه ویسکوزیته و اندیس قوام نمونه‌های خمیر شد که این امر سبب می‌شود تا خمیر ویسکوزیته کافی جهت حفظ گاز و هوا در ساختار خود را نداشته باشد و دانسیته خمیر افزایش یابد (Lindarte Artunduaga & Gutiérrez, 2019).

جدول ۱- دانسیته خمیر برای نمونه‌های خمیر مافین شاهد و نمونه‌های حاوی اولئوزل

نمونه	دانسیته خمیر (گرم در سانتی‌متر مکعب)
شاهد	1.23 ± 0.12^f
۱۰ درصد اولئوزل	1.24 ± 0.10^f
۲۰ درصد اولئوزل	1.26 ± 0.13^f
۳۰ درصد اولئوزل	1.27 ± 0.08^f
۴۰ درصد اولئوزل	1.28 ± 0.09^f
۵۰ درصد اولئوزل	1.30 ± 0.05^f
۶۰ درصد اولئوزل	1.49 ± 0.10^c
۷۰ درصد اولئوزل	1.58 ± 0.08^d
۸۰ درصد اولئوزل	1.71 ± 0.09^c
۹۰ درصد اولئوزل	1.83 ± 0.13^b
۱۰۰ درصد اولئوزل	1.94 ± 0.12^a

*حروف کوچک متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در هر ستون می‌باشند ($P < 0.05$).

جدول ۲- فعالیت آبی کیک‌های مافین شاهد و نمونه‌های حاوی اولئوژل

نمونه	روز اول	روز ۱۵	روز ۳۰
شاهد	۰/۸۷±۰/۰۰۱ ^{ba}	۰/۸۶±۰/۰۰۱ ^{bb}	۰/۸۵±۰/۰۰۱ ^{bc}
۱۰ درصد اولئوژل	۰/۸۹±۰/۰۰۱ ^{aA}	۰/۸۸±۰/۰۰۱ ^{aB}	۰/۸۶±۰/۰۰۱ ^{aC}
۲۰ درصد اولئوژل	۰/۸۹±۰/۰۰۱ ^{aA}	۰/۸۸±۰/۰۰۱ ^{aB}	۰/۸۶±۰/۰۰۱ ^{aC}
۳۰ درصد اولئوژل	۰/۸۹±۰/۰۰۱ ^{aA}	۰/۸۸±۰/۰۰۱ ^{aB}	۰/۸۶±۰/۰۰۱ ^{aC}
۴۰ درصد اولئوژل	۰/۸۹±۰/۰۰۱ ^{aA}	۰/۸۸±۰/۰۰۱ ^{aB}	۰/۸۶±۰/۰۰۱ ^{aC}
۵۰ درصد اولئوژل	۰/۸۹±۰/۰۰۱ ^{aA}	۰/۸۸±۰/۰۰۱ ^{aB}	۰/۸۶±۰/۰۰۱ ^{aC}
۶۰ درصد اولئوژل	۰/۸۹±۰/۰۰۱ ^{aA}	۰/۸۸±۰/۰۰۱ ^{aB}	۰/۸۶±۰/۰۰۱ ^{aC}
۷۰ درصد اولئوژل	۰/۸۹±۰/۰۰۱ ^{aA}	۰/۸۸±۰/۰۰۱ ^{aB}	۰/۸۶±۰/۰۰۱ ^{aC}
۸۰ درصد اولئوژل	۰/۸۹±۰/۰۰۱ ^{aA}	۰/۸۸±۰/۰۰۱ ^{aB}	۰/۸۶±۰/۰۰۱ ^{aC}
۹۰ درصد اولئوژل	۰/۸۹±۰/۰۰۱ ^{aA}	۰/۸۸±۰/۰۰۱ ^{aB}	۰/۸۶±۰/۰۰۱ ^{aC}
۱۰۰ درصد اولئوژل	۰/۸۹±۰/۰۰۱ ^{aA}	۰/۸۸±۰/۰۰۱ ^{aB}	۰/۸۶±۰/۰۰۱ ^{aC}

*حروف کوچک متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در هر ستون و حروف بزرگ متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در هر ردیف می‌باشند ($P < 0.05$).

خصوصیات رنگی

رنگ پوسته کیک متأثر از فرمولاسیون و شرایط پخت متغیر است و رنگ مناسب بر پذیرش مصرف‌کننده تأثیر مستقیم دارد (Singh et al., 2019). تغییرات خصوصیات رنگی (L^* ، a^* و b^*) کیک‌های مافین تهیه‌شده با درصدهای مختلف اولئوژل بر پایه موم کارنوبا و روغن هسته انگور طی ۳۰ روز نگهداری و نیز مقایسه میانگین داده‌ها براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در جدول‌های (۳)، (۴) و (۵) نشان داده شده است. نتایج تحلیل واریانس داده‌های مربوط به تغییرات شاخص روشنایی (L^*)، شاخص قرمزی (a^*) و زردی (b^*) نمونه‌های کیک مافین نشان داد که تغییرات خصوصیات رنگی به‌طور معنی‌داری ($P < 0.05$) وابسته به درصد به‌کارگیری اولئوژل در فرمولاسیون مافین و نیز مدت زمان نگهداری نمونه‌ها می‌باشد. براین‌اساس همان‌طور که در جدول (۳) نشان داده شده است با افزایش درصد به‌کارگیری اولئوژل بر پایه موم کارنوبا و روغن هسته انگور تا سطح ۵۰ درصد روشنایی نمونه‌های کاهش یافت اما کاهش روشنایی نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد معنی‌دار نبود ($P > 0.05$). با این‌وجود افزایش جایگزینی روغن توسط اولئوژل بر پایه موم کارنوبا و روغن هسته انگور از ۵۰ تا ۱۰۰ درصد به‌طور معنی‌داری ($P < 0.05$) روشنایی نمونه‌ها کاهش یافت. تغییرات شاخص‌های قرمزی (جدول ۴) و زردی (جدول ۵) نیز وابسته به سطح به‌کارگیری اولئوژل در فرمولاسیون مافین بود به‌طوری‌که با افزایش سطح به‌کارگیری اولئوژل‌ها از صفر تا ۱۰۰ درصد در فرمولاسیون مافین‌ها منجر به افزایش شاخص‌های زردی و قرمزی آنها شد. با این‌وجود تفاوت معنی‌داری ($P < 0.05$) بین شاخص‌های قرمزی و زردی نمونه شاهد و نمونه‌های مافین

حاوی ۱۰ تا ۵۰ درصد اولئوژل مشاهده نشد ($P > 0.05$). مدت زمان نگهداری نیز به‌طور معنی‌داری ($P < 0.05$) شاخص‌های رنگی را تحت تأثیر قرار داد به‌طوری‌که در تمام نمونه‌ها با افزایش مدت زمان نگهداری به‌طور معنی‌داری ($P < 0.05$) شاخص روشنایی نمونه‌های مافین کاهش یافت اما شاخص‌های زردی و قرمزی به‌طور معنی‌داری ($P < 0.05$) افزایش یافتند. تغییرات خصوصیات رنگی پوسته کیک و محصولات نانویی درباره قهوه‌ای‌شدن غیرآنزیمی و کاراملیزاسیون قندها می‌باشد. در نمونه‌های تهیه‌شده با اولئوژل‌ها به‌دلیل وجود زانتان در فرمولاسیون آنها شرایط را برای انجام واکنش قهوه‌ای‌شدن غیرآنزیمی (واکنش میلارد) فراهم می‌شود (Onacik-Gür & Zbikowska, 2020). زیرا در زنجیره صمغ زانتان قندهای احیاکننده‌ای نظیر گلوکز و مانوز گروه‌های کربونیلی لازم برای واکنش با گروه‌های آمینی را فراهم می‌کند که این امر منجر به ایجاد واکنش میلارد و تشکیل محصولات واکنش میلارد می‌شود. با انجام واکنش میلارد بخش زیادی ترکیبات رنگی متنوعی در طیف رنگ قهوه‌ای، قرمز و زرد تشکیل می‌شود که همراه با کاهش شاخص روشنایی و افزایش شاخص‌های قرمزی و زردی می‌شود. بنابراین نمونه‌های حاوی اولئوژل شاخص روشنایی پایین‌تر و شاخص‌های زردی و قرمزی بیشتر نسبت به نمونه شاهد می‌باشند (Murata, 2021). همچنین طی دوره نگهداری بخشی از رطوبت محصول تبخیر رطوبت صورت می‌گیرد که این عمل همراه کاهش شاخص روشنایی نمونه‌های مافین می‌باشد. این یافته‌ها با نتایج دیگر محققین نیز مطابقت داشت. Ögütçü و Yılmaz (۲۰۱۵)، به مطالعه خصوصیات رنگی نمونه‌های کوی‌های حاوی اولئوژل در مقایسه با نمونه شاهد پرداختند. براساس

نتایج به دست آمده توسط این محققین مشخص شد که شاخص روشنایی پایین تر و شاخص قرمزی و زردی بالاتری نمونه های حاوی اولئوژل به دلیل واکنش میلارد دارای نسبت به نمونه شاهد دارند (Yılmaz & Ögütçü, 2015).

جدول ۳- شاخص روشنایی (L*) بافت کیک های مافین شاهد و نمونه های حاوی اولئوژل

نمونه	روز اول	روز ۱۵	روز ۳۰
شاهد	۶۷/۹۲±۱/۲۲ ^{bA}	۶۵/۶۸±۱/۳۳ ^{bB}	۶۲/۵۵±۱/۱۴ ^{bC}
۱۰ درصد اولئوژل	۶۷/۸۷±۱/۴۱ ^{aA}	۶۵/۶۵±۱/۲۷ ^{aB}	۶۲/۵۴±۱/۱۱ ^{aC}
۲۰ درصد اولئوژل	۶۷/۸۰±۱/۳۱ ^{aA}	۶۵/۶۲±۱/۲۴ ^{aB}	۶۲/۵۳±۱/۲۰ ^{aC}
۳۰ درصد اولئوژل	۶۷/۷۳±۱/۲۵ ^{aA}	۶۵/۶۳±۱/۲۰ ^{aB}	۶۲/۴۹±۱/۳۲ ^{aC}
۴۰ درصد اولئوژل	۶۷/۶۹±۱/۲۴ ^{aA}	۶۵/۵۸±۱/۱۴ ^{aB}	۶۲/۴۷±۱/۴۳ ^{aC}
۵۰ درصد اولئوژل	۶۷/۶۵±۱/۳۷ ^{aA}	۶۵/۵۵±۱/۲۴ ^{aB}	۶۲/۴۵±۱/۳۴ ^{aC}
۶۰ درصد اولئوژل	۶۵/۷۶±۱/۱۱ ^{aA}	۶۳/۴۸±۱/۴۱ ^{aB}	۵۹/۸۳±۱/۱۹ ^{aC}
۷۰ درصد اولئوژل	۶۲/۷۳±۱/۰۱ ^{aA}	۶۰/۶۸±۱/۲۱ ^{aB}	۵۷/۵۱±۱/۱۴ ^{aC}
۸۰ درصد اولئوژل	۶۰/۶۸±۱/۱۱ ^{aA}	۵۸/۵۷±۱/۱۶ ^{aB}	۵۵/۶۸±۱/۲۲ ^{aC}
۹۰ درصد اولئوژل	۵۹/۲۹±۱/۱۵ ^{aA}	۵۶/۳۹±۱/۲۶ ^{aB}	۵۲/۴۱±۱/۳۶ ^{aC}
۱۰۰ درصد اولئوژل	۵۷/۳۴±۱/۲۸ ^{aA}	۵۴/۱۲±۱/۳۴ ^{aB}	۴۹/۶۳±۱/۴۱ ^{aC}

*حروف کوچک متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی دار در هر ستون و حروف بزرگ متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی دار در هر ردیف می باشند ($P < 0.05$).

جدول ۴- شاخص قرمزی (a*) بافت کیک های مافین شاهد و نمونه های حاوی اولئوژل

نمونه	روز اول	روز ۱۵	روز ۳۰
شاهد	۱۲/۸۹±۰/۴۸ ^{fC}	۱۴/۴۲±۰/۳۱ ^{fB}	۱۶/۱۲±۰/۴۲ ^{fA}
۱۰ درصد اولئوژل	۱۲/۸۵±۰/۵۲ ^{fC}	۱۴/۴۰±۰/۲۲ ^{fB}	۱۶/۱۱±۰/۳۸ ^{fA}
۲۰ درصد اولئوژل	۱۲/۸۴±۰/۶۱ ^{fC}	۱۴/۳۹±۰/۴۲ ^{fB}	۱۶/۱۰±۰/۵۹ ^{fA}
۳۰ درصد اولئوژل	۱۲/۸۰±۰/۳۸ ^{fC}	۱۴/۳۷±۰/۵۲ ^{fB}	۱۶/۰۹±۰/۶۱ ^{fA}
۴۰ درصد اولئوژل	۱۲/۷۸±۰/۴۱ ^{fC}	۱۴/۳۶±۰/۴۷ ^{fB}	۱۶/۰۹±۰/۳۳ ^{fA}
۵۰ درصد اولئوژل	۱۲/۷۵±۰/۷۲ ^{fC}	۱۴/۳۴±۰/۳۸ ^{fB}	۱۶/۰۶±۰/۵۷ ^{fA}
۶۰ درصد اولئوژل	۱۳/۸۹±۰/۳۱ ^{eC}	۱۶/۵۴±۰/۶۱ ^{eB}	۱۹/۴۶±۰/۲۶ ^{eA}
۷۰ درصد اولئوژل	۱۵/۴۶±۰/۴۲ ^{dC}	۱۸/۴۱±۰/۲۱ ^{dB}	۲۰/۶۸±۰/۳۸ ^{dA}
۸۰ درصد اولئوژل	۱۶/۸۷±۰/۳۸ ^{cC}	۱۹/۶۳±۰/۳۳ ^{cB}	۲۱/۸۶±۰/۴۲ ^{cA}
۹۰ درصد اولئوژل	۱۸/۶۳±۰/۴۴ ^{bC}	۲۱/۳۰±۰/۱۸ ^{bB}	۲۳/۵۳±۰/۵۲ ^{bA}
۱۰۰ درصد اولئوژل	۲۰/۴۸±۰/۵۲ ^{aC}	۲۲/۱۸±۰/۰۹ ^{aB}	۲۵/۷۹±۰/۶۱ ^{aA}

*حروف کوچک متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی دار در هر ستون و حروف بزرگ متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی دار در هر ردیف می باشند ($P < 0.05$).

جدول ۵- شاخص زردی (b*) بافت کیک های مافین شاهد و نمونه های حاوی اولئوژل

نمونه	روز اول	روز ۱۵	روز ۳۰
شاهد	۲۹/۲۳±۰/۳۷ ^{fC}	۳۱/۴۲±۰/۴۱ ^{fB}	۳۳/۶۹±۰/۴۲ ^{fA}
۱۰ درصد اولئوژل	۲۹/۳۴±۰/۴۲ ^{fC}	۳۱/۴۴±۰/۳۶ ^{fB}	۳۳/۷۲±۰/۲۳ ^{fA}
۲۰ درصد اولئوژل	۲۹/۳۸±۰/۳۳ ^{fC}	۳۱/۵۱±۰/۲۸ ^{fB}	۳۳/۷۵±۰/۳۰ ^{fA}
۳۰ درصد اولئوژل	۲۹/۴۲±۰/۲۸ ^{fC}	۳۱/۵۴±۰/۳۱ ^{fB}	۳۳/۷۹±۰/۲۵ ^{fA}
۴۰ درصد اولئوژل	۲۹/۴۸±۰/۳۶ ^{fC}	۳۱/۵۶±۰/۵۰ ^{fB}	۳۳/۸۱±۰/۴۰ ^{fA}
۵۰ درصد اولئوژل	۲۹/۵۵±۰/۲۹ ^{fC}	۳۱/۵۸±۰/۴۴ ^{fB}	۳۳/۸۲±۰/۳۳ ^{fA}
۶۰ درصد اولئوژل	۳۱/۵۲±۰/۴۸ ^{eC}	۳۳/۲۴±۰/۲۹ ^{eB}	۳۶/۹۲±۰/۲۷ ^{eA}
۷۰ درصد اولئوژل	۳۳/۶۱±۰/۵۱ ^{dC}	۳۵/۶۸±۰/۴۷ ^{dB}	۳۸/۸۶±۰/۳۱ ^{dA}
۸۰ درصد اولئوژل	۳۴/۷۵±۰/۳۸ ^{cC}	۳۸/۴۸±۰/۳۳ ^{cB}	۴۰/۷۳±۰/۴۸ ^{cA}
۹۰ درصد اولئوژل	۳۶/۴۸±۰/۵۵ ^{bC}	۴۰/۳۴±۰/۴۸ ^{bB}	۴۳/۶۲±۰/۲۹ ^{bA}
۱۰۰ درصد اولئوژل	۳۸/۸۱±۰/۴۶ ^{aC}	۴۳/۷۲±۰/۵۱ ^{aB}	۴۶/۸۱±۰/۴۰ ^{aA}

*حروف کوچک متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی دار در هر ستون و حروف بزرگ متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی دار در هر ردیف می باشند ($P < 0.05$).

حجم مخصوص

ویسکوزیته، حجم مخصوص و تخلخل خصوصیتی هستند که به طور مشخص تحت تأثیر نحوه فرایند هوادهی خمیر قبل از پخت و پایداری و انبساط حباب‌های هوا در ساختار محصول، حین پخت قرار می‌گیرند (Lebesi & Tzia, 2012). حجم فرآورده‌های آردی نشان‌دهنده میزان گاز دی‌اکسیدکربن، بخارات آب و آمونیاک تولیدشده در اثر افزودن عوامل حجم‌دهنده شیمیایی مورد استفاده در فرمول خمیر است. ترکیبات نم‌گیر و افزودنی‌های شرکت‌کننده در فرایند پخت فرآورده‌های آردی تعیین‌کننده این ویژگی هستند (Baeva et al., 2000). جدول (۶) تغییرات مربوط به حجم مخصوص نمونه‌های کیک مافین حاوی مقادیر مختلف اولئوژل بر پایه موم کارنوبا و روغن هسته انگور و نمونه شاهد طی ۳۰ روز نگهداری و مقایسه میانگین داده‌ها براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن را نشان می‌دهد. براساس نتایج تحلیل واریانس داده‌ها مشخص شد که تغییرات میزان حجم مخصوص نمونه‌های کیک مافین به طور معنی‌داری ($P < 0.05$) وابسته به فرمولاسیون و یا به عبارتی مربوط به درصد به‌کارگیری اولئوژل بر پایه موم کارنوبا و روغن هسته انگور بود ولی تغییرات حجم مخصوص نمونه‌های مافین وابسته به مدت زمان نگهداری نمونه‌ها نبود ($P > 0.05$). از این رو همان‌طور که در جدول (۶) نشان داده شده است با افزایش به‌کارگیری اولئوژل بر پایه موم کارنوبا و روغن هسته انگور از ۱۰ تا ۵۰ درصد حجم مخصوص نمونه‌های مافین از $2/57 \pm 0/11$ تا $3/03 \pm 0/10$ سانتی‌متر مکعب بر گرم به طور معنی‌داری ($P < 0.05$) افزایش می‌یابد. با این وجود افزایش درصد به‌کارگیری اولئوژل‌ها از ۵۰ تا ۱۰۰ درصد به طور معنی‌داری ($P < 0.05$) منجر به کاهش حجم مخصوص نمونه‌های مافین شد (جدول ۶). علاوه بر این مشاهده شد که با افزایش مدت زمان نگهداری از روز اول تا پایان روز ۳۰ نگهداری هیچ‌گونه تغییر معنی‌داری در حجم مخصوص کیک‌ها مشاهده نشد ($P > 0.05$). این رفتارها ممکن است به دلیل تغییرات ویسکوزیته خمیر باشد. ویسکوزیته بالاتر خمیر در نمونه شاهد و نمونه‌های مافین حاوی اولئوژل بر پایه موم کارنوبا و روغن هسته

انگور سبب تغییر در سرعت انتشار گازها و بخار آب در داخل خمیرشده و به حفظ گاز طی مراحل اولیه پخت کمک می‌کند. علت اصلی کاهش حجم، کاهش بیش از حد چربی بوده است. چربی‌ها دور حباب‌های گاز خمیر را گرفته و سبب حجم‌دهی فرآورده‌های پخته‌شده می‌شوند. با کاهش بیش از ۵۰ درصد از چربی این اثر محافظتی از بین رفته و حباب‌های گاز خارج شده و از حجم کیک کاسته می‌شود. علاوه بر این، کاهش ویسکوزیته خمیر یکی از دلایل کاهش حجم محصول نهایی است. اگر ویسکوزیته پایین و خیلی کم باشد حباب‌های هوای منبسط‌شده و بخارهای آب تولیدشده در سلول‌های هوا طی پخت به دام نخواهند افتاد و در نتیجه حجم محصول حاصل کم خواهد بود. بر این اساس، کاهش ویسکوزیته خمیر در نتیجه افزایش سطوح بالای اولئوژل (بیشتر از ۶۰ درصد) ساختاری نرم و غیرمنسجم خواهد شد که از افزایش حجم و ایجاد خلل و فرج کافی جلوگیری می‌نماید (Rosell et al., 2001; Turabi et al., 2008). نتایج حاصل از این مطالعه با پژوهش‌های دیگر محققین مطابقت داشت. به طور مشابه Alvarez-Ramirez و همکاران (۲۰۲۰)، به مطالعه خصوصیات بافتی و حجم مخصوص کیک اسفنجی تهیه‌شده با اولئوژل بر پایه روغن کانولا و موم کاندلیلا پرداختند. براساس نتایج به دست آمده توسط این محققین مشخص شد که استفاده از سطوح پایین اولئوژل در مقایسه با نمونه شاهد تأثیر چندانی روی حجم مخصوص کیک‌ها نداشت. با این وجود سطوح بالای اولئوژل منجر به کاهش حجم مخصوص کیک‌ها شد. این محققین این تغییرات را به ویسکوزیته و حفظ گاز در ساختار خمیر نسبت دادند. آنها بیان کردند ایجاد ویسکوزیته مناسب در خمیر منجر به حفظ حباب‌های گاز طی تهیه خمیر و پخت محصول می‌شود (Alvarez-Ramirez et al., 2020).

جدول ۶- حجم مخصوص (سانتی مترمکعب بر گرم) کیک‌های مافین شاهد و نمونه‌های حاوی اولئوژل

نمونه	روز اول	روز ۱۵	روز ۳۰
شاهد	۳/۳۶±۰/۱۰ ^{aA}	۳/۳۴±۰/۱۰ ^{aA}	۳/۳۲±۰/۰۹ ^{aA}
۱۰ درصد اولئوژل	۲/۵۷±۰/۱۱ ^{fA}	۲/۵۵±۰/۰۹ ^{fA}	۲/۵۳±۰/۰۸ ^{fA}
۲۰ درصد اولئوژل	۲/۶۷±۰/۰۸ ^{eA}	۲/۶۶±۰/۰۸ ^{eA}	۲/۶۵±۰/۰۱ ^{eA}
۳۰ درصد اولئوژل	۲/۷۸±۰/۰۹ ^{dA}	۲/۷۷±۰/۰۶ ^{dA}	۲/۷۵±۰/۰۸ ^{dA}
۴۰ درصد اولئوژل	۲/۸۹±۰/۰۵ ^{cA}	۲/۸۶±۰/۱۱ ^{cA}	۲/۸۵±۰/۰۹ ^{cA}
۵۰ درصد اولئوژل	۳/۰۳±۰/۱۰ ^{bA}	۳/۰۰±۰/۰۹ ^{bA}	۲/۹۹±۰/۱۲ ^{bA}
۶۰ درصد اولئوژل	۲/۷۲±۰/۰۷ ^{dA}	۲/۶۹±۰/۰۸ ^{dA}	۲/۶۷±۰/۰۱ ^{dA}
۷۰ درصد اولئوژل	۲/۶۱±۰/۰۸ ^{eA}	۲/۵۸±۰/۰۶ ^{eA}	۲/۵۶±۰/۱۱ ^{eA}
۸۰ درصد اولئوژل	۲/۴۵±۰/۱۱ ^{gA}	۲/۴۳±۰/۰۹ ^{gA}	۲/۴۱±۰/۰۷ ^{gA}
۹۰ درصد اولئوژل	۲/۳۸±۰/۱۰ ^{ghA}	۲/۳۵±۰/۱۳ ^{ghA}	۲/۳۴±۰/۰۶ ^{ghA}
۱۰۰ درصد اولئوژل	۲/۲۹±۰/۰۹ ^{hA}	۲/۲۷±۰/۱۲ ^{hA}	۲/۲۵±۰/۰۴ ^{hA}

*حروف کوچک متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در هر ستون و حروف بزرگ متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در هر ردیف می‌باشند ($P < 0.05$).

جدول ۷- سفتی (نیوتن) بافت کیک‌های مافین شاهد و نمونه‌های حاوی اولئوژل

نمونه	روز اول	روز ۱۵	روز ۳۰
شاهد	۱۳/۲۴±۱/۱۲ ^{efC}	۱۵/۴۴±۱/۲۵ ^{efB}	۱۷/۵۸±۱/۲۹ ^{efA}
۱۰ درصد اولئوژل	۱۲/۸۵±۱/۲۱ ^{fgC}	۱۴/۷۳±۱/۱۹ ^{fgB}	۱۶/۶۷±۱/۱۸ ^{fgA}
۲۰ درصد اولئوژل	۱۲/۳۳±۱/۳۱ ^{ghC}	۱۴/۴۱±۱/۱۴ ^{ghB}	۱۶/۰۱±۱/۱۴ ^{ghA}
۳۰ درصد اولئوژل	۱۱/۷۳±۱/۲۲ ^{hiC}	۱۳/۶۹±۱/۲۶ ^{hiB}	۱۵/۵۹±۱/۱۴ ^{hiA}
۴۰ درصد اولئوژل	۱۱/۲۵±۱/۱۵ ^{hiC}	۱۳/۱۲±۱/۲۱ ^{hiB}	۱۵/۰۱±۱/۱۹ ^{hiA}
۵۰ درصد اولئوژل	۱۰/۵۶±۱/۱۰ ^{iC}	۱۱/۲۲±۱/۱۳ ^{iB}	۱۴/۴۹±۱/۲۲ ^{iA}
۶۰ درصد اولئوژل	۱۲/۶۲±۱/۱۷ ^{fgC}	۱۵/۳۲±۱/۱۸ ^{fgB}	۱۸/۵۶±۱/۱۲ ^{fgA}
۷۰ درصد اولئوژل	۱۳/۵۷±۱/۱۴ ^{deC}	۱۶/۵۸±۱/۱۶ ^{deB}	۲۰/۶۸±۱/۱۶ ^{deA}
۸۰ درصد اولئوژل	۱۵/۲۳±۱/۲۴ ^{eC}	۱۸/۴۵±۱/۱۹ ^{eB}	۲۳/۷۲±۱/۱۷ ^{eA}
۹۰ درصد اولئوژل	۱۷/۱۴±۱/۱۷ ^{bC}	۲۱/۶۵±۱/۲۳ ^{bB}	۲۵/۴۹±۱/۱۶ ^{bA}
۱۰۰ درصد اولئوژل	۱۸/۴۲±۱/۱۹ ^{aC}	۲۳/۴۱±۱/۲۷ ^{aB}	۲۸/۱۲±۱/۳۰ ^{aA}

*حروف کوچک متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در هر ستون و حروف بزرگ متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در هر ردیف می‌باشند ($P < 0.05$).

سفتی

یکی از مهم‌ترین خصوصیات مکانیکی و فیزیکی محصولات غذایی و بخصوص محصولات نانوائی، سفتی می‌باشد که ارتباط مستقیمی با خصوصیات حسی و پذیرش کلی محصول نهایی دارد (Aliasl khiabani et al., 2020). تغییرات میزان سفتی بافت کیک‌های مافین تهیه‌شده با درصدهای مختلف اولئوژل بر پایه موم کارنوبا و روغن هسته انگور طی ۳۰ روز نگهداری و نیز مقایسه میانگین داده‌ها براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در جدول (۷) نشان داده شده است. نتایج تحلیل واریانس داده‌های مربوط به تغییرات میزان سفتی نمونه‌های کیک مافین نشان داد که سفتی بافت به‌طور معنی‌داری ($P < 0.05$) وابسته به درصد به‌کارگیری اولئوژل در فرمولاسیون مافین و نیز مدت زمان نگهداری نمونه‌ها می‌باشد. همان‌طور که نتایج جدول (۷)

نشان می‌دهد با افزایش درصد جایگزینی روغن توسط اولئوژل بر پایه موم کارنوبا و روغن هسته انگور از ۱۰ تا ۵۰ درصد میزان سفتی بافت به‌طور معنی‌داری ($P < 0.05$) از ۱۲/۸۵±۱/۲۱ تا ۲۸/۱۲±۱/۳۰ نیوتن کاهش یافت. با این‌وجود مشخص شد که با افزایش درصد جایگزینی روغن از ۵۰ تا ۱۰۰ درصد میزان سفتی به‌طور معنی‌داری ($P < 0.05$) افزایش یافت. همچنین مشخص شد که در طول دوره نگهداری تمام نمونه‌ها به‌طور معنی‌داری ($P < 0.05$) سفتی آنها افزایش یافت (جدول ۷). در محصولات نانوائی عوامل متعددی مثل رتروگراداسیون^۱ آمیلوپکتین^۲، کریستالیزاسیون مجدد آمیلوز و مهاجرت رطوبت از مغز به پوسته، روی سفتی بافت مؤثر هستند

^۱ Retrogradation

^۲ Amylopectin

در نمونه‌های بدون گلوتن تهیه‌شده با صمغ زانتان به‌دلیل ایجاد ویسکوزیته قابل‌قبول در خمیر محصولی با حجم مخصوص مناسب تولید می‌شود که سفتی آن نسبت به سایر تیمارها به‌طور قابل‌توجهی پایین‌تر می‌باشد (Vidaurre-Ruiz *et al.*, 2019). همچنین Yılmaz و Ögütçü (۲۰۱۵)، به مطالعه خصوصیات بافتی و مکانیکی کوکی‌های تهیه‌شده با دو نوع اولئوژل (حاوی موم زنبور عسل و موم آفتاب‌گردان) در مقایسه با نمونه شورتینگ تجاری پرداختند. براساس نتایج به‌دست‌آمده توسط آنها مشخص شد که نمونه‌های حاوی اولئوژل دارای سفتی کمتر نسبت به نمونه‌های حاوی شورتینگ تجاری بودند. آنها دلیل این رفتار را به ویسکوزیته خمیر و محتوی بالاتر رطوبت در نمونه‌های حاوی اولئوژل نسبت دادند که دارای حجم مخصوص بیشتری نیز بودند (Yılmaz & Ögütçü, 2015).

ارزیابی حسی

نتایج حاصل از ارزیابی خصوصیات حسی (طعم، رنگ، بافت و پذیرش کلی) نمونه‌های مافین شاهد و نمونه‌های مافین تهیه‌شده با اولئوژل بر پایه موم کارنوبا و روغن هسته انگور و مقایسه میانگین داده‌ها براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در جدول (۸) نشان داده شده است. براساس نتایج تحلیل واریانس داده‌ها مشخص شد که تغییرات خصوصیات حسی نمونه‌های مافین به‌طور معنی‌داری ($P < 0.05$) وابسته به درصد به‌کارگیری اولئوژل در فرمولاسیون مافین‌ها می‌باشد. براساس نتایج به‌دست‌آمده مشخص شد که ارزیاب‌های حسی به طعم نمونه شاهد و نمونه‌های مافین حاوی ۱۰ تا ۵۰ درصد اولئوژل امتیاز یکسانی دادند و از لحاظ طعم با هم متفاوت بودند (جدول ۸). اما استفاده از ۶۰ تا ۱۰۰ درصد اولئوژل به‌جای چربی در فرمولاسیون مافین به‌طور معنی‌داری ($P < 0.05$) امتیاز طعم نمونه‌ها را کاهش داد. بررسی امتیازهای مربوط به رنگ نیز نشان داد که جایگزینی روغن مافین تا سطح حداکثر ۵۰ درصد تأثیری روی امتیاز رنگ نمونه‌ها در مقایسه با نمونه شاهد نداشت و با افزایش میزان جایگزینی از ۵۰ درصد بالاتر تا ۱۰۰ درصد به‌طور معنی‌داری ($P < 0.05$) امتیاز مربوط به رنگ کاهش یافت (جدول ۸).

(Bárceñas & Rosell, 2007; Gray & Bemiller, 2003). همچنین با کاهش میزان چربی به‌دلیل نقش نرم‌کنندگی که چربی‌ها دارند میزان سفتی افزایش می‌یابد. از طرف دیگر به‌دلیل کاهش میزان چربی، طی دوره نگهداری میزان رترورگراسیون نشاسته و بیاتی افزایش می‌یابد که این امر همراه با افزایش سفتی خواهد بود. علاوه بر این، صمغ‌ها در طول فرایند تولید محصولات نانویی می‌توانند نرمی اولیه بافت را بهبود و میزان سفتی بافت محصول نهایی را کاهش دهند، زیرا این ترکیبات ماهیت آب‌دوست دارند و با آب موجود در سیستم پیوند هیدروژنی تشکیل می‌دهند و مانع از مهاجرت آب از مغز محصول و امکان تشکیل کمپلکس بین پلیمرهای موجود در محصولات نانویی را کاهش می‌دهند (Hejrani *et al.*, 2017). یکی از عواملی که تأثیر قابل‌توجهی روی سفتی بافت محصولات نانویی دارد، میزان تخلخل و افزایش حجم آنهاست. در محصولاتی که حاوی ترکیبات هیدروکلوئیدی می‌باشند و ویسکوزیته خمیر بالا می‌باشد خمیر قادر به حفظ گاز ناشی از هوادهی طی همزنی و همچنین حفظ گازها و بخارها طی پختن محصول خواهد بود. به‌دنبال چنین رخدادی بافتی متخلخل و پر خلل و فرج تشکیل خواهد شد که می‌تواند سفتی بافت را به‌طور قابل‌توجهی کاهش دهد (Zargaraan *et al.*, 2016). بنابراین در نمونه شاهد و نمونه‌های حاوی سطوح پایین‌تر اولئوژل (حداکثر ۵۰ درصد) از یک‌طرف به‌دلیل ویسکوزیته بالاتر خمیر و از طرف دیگر حجم مخصوص بیشتر انتظار می‌رود که سفتی بافت نسبت به نمونه‌های دیگر کمتر باشد. علاوه بر این در نمونه‌های حاوی اولئوژل (حداکثر تا ۵۰ درصد) به‌دلیل محتوی رطوبت بالاتری (Hamdani *et al.*, 2021) که نسبت به نمونه شاهد دارند لذا سفتی بافت آنها نسبت به نمونه شاهد کمتر می‌باشد. در نمونه‌های با محتوی اولئوژل بیشتر از ۵۰ درصد ممکن است تعادل بین روغن و اولئوژل به‌هم‌خورد و حالت سینرژیستی که روغن و اولئوژل در این نسبت دارند، از بین رود. مطابق نتایج به‌دست‌آمده طی این پژوهش، Vidaurre-Ruiz و همکاران (۲۰۱۹)، به بررسی خصوصیات بافتی و مکانیکی نان بدون گلوتن تهیه‌شده بر پایه نشاسته و صمغ زانتان پرداختند. آنها اظهار نمودند که رابطه معکوسی بین سفتی بافت و حجم مخصوص وجود دارد. براین‌اساس آنها بیان کردند که

جدول ۸- نتایج ارزیابی خصوصیات حسی نمونه‌های مافین شاهد و مافین‌های حاوی اولئوژل

نمونه	طعم	رنگ	بافت	پذیرش کلی
شاهد	۵±۰/۰۰ ^a	۵±۰/۰۰ ^a	۵±۰/۰۰ ^a	۵±۰/۰۰ ^a
۱۰ درصد اولئوژل	۵±۰/۰۰ ^a	۵±۰/۰۰ ^a	۵±۰/۰۰ ^a	۵±۰/۰۰ ^a
۲۰ درصد اولئوژل	۵±۰/۰۰ ^a	۵±۰/۰۰ ^a	۵±۰/۰۰ ^a	۵±۰/۰۰ ^a
۳۰ درصد اولئوژل	۵±۰/۰۰ ^a	۵±۰/۰۰ ^a	۵±۰/۰۰ ^a	۵±۰/۰۰ ^a
۴۰ درصد اولئوژل	۵±۰/۰۰ ^a	۵±۰/۰۰ ^a	۵±۰/۰۰ ^a	۵±۰/۰۰ ^a
۵۰ درصد اولئوژل	۵±۰/۰۰ ^a	۵±۰/۰۰ ^a	۵±۰/۰۰ ^a	۵±۰/۰۰ ^a
۶۰ درصد اولئوژل	۴±۰/۰۰ ^b	۴±۰/۰۰ ^b	۳±۰/۰۰ ^b	۳±۰/۰۰ ^b
۷۰ درصد اولئوژل	۳±۰/۰۰ ^c	۴±۰/۰۰ ^b	۳±۰/۰۰ ^b	۳±۰/۰۰ ^b
۸۰ درصد اولئوژل	۲±۰/۰۰ ^d	۴±۰/۰۰ ^b	۳±۰/۰۰ ^b	۳±۰/۰۰ ^b
۹۰ درصد اولئوژل	۱±۰/۰۰ ^e	۴±۰/۰۰ ^b	۳±۰/۰۰ ^b	۳±۰/۰۰ ^b
۱۰۰ درصد اولئوژل	۱±۰/۰۰ ^e	۴±۰/۰۰ ^b	۳±۰/۰۰ ^b	۳±۰/۰۰ ^b

*حروف کوچک متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در هر ستون می‌باشند ($P < 0.05$).

درصد جایگزین‌شده با خمیر نمونه شاهد تفاوت معنی‌داری ($P > 0.05$) نداشت. با این وجود افزایش میزان جایگزینی از ۵۰ درصد بالاتر به‌طور معنی‌داری ($P < 0.05$) دانسیته خمیر را افزایش داد. فعالیت آبی نمونه‌های مافین شاهد به‌طور معنی‌داری ($P < 0.05$) پایین‌تر از فعالیت آبی نمونه‌های حاوی مختلف اولئوژل بر پایه موم کارنوبا و روغن هسته انگور طی ۳۰ روز نگهداری بود. با افزایش درصد جایگزینی روغن توسط اولئوژل بر پایه موم کارنوبا و روغن هسته انگور از ۱۰ تا ۵۰ درصد میزان سفتی بافت در مقایسه با نمونه شاهد به‌طور معنی‌داری ($P < 0.05$) کاهش یافت. همچنین مشخص شد که در تمام طول دوره نگهداری تمام نمونه‌ها به‌طور معنی‌داری ($P < 0.05$) سفتی آنها افزایش یافت. براساس نتایج به‌دست‌آمده مشخص شد که بین خصوصیات حسی نمونه‌های مافین شاهد و مافین‌های حاوی اولئوژل از ۱۰ تا ۵۰ درصد از لحاظ طعم، رنگ، بافت و پذیرش کلی از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری وجود نداشت ($P > 0.05$). با این وجود با افزایش درصد به‌کارگیری اولئوژل در فرمولاسیون مافین‌ها امتیاز تمامی خصوصیات حسی به‌طور معنی‌داری ($P < 0.05$) کاهش یافت.

مشارکت نویسندگان

فاطمه حنیفی واحد: ارائه ایده پژوهشی و طراحی مطالعه، جمع‌آوری داده، تجزیه و تحلیل و تفسیر داده‌ها، نوشتن پیش‌نویس مقاله و آنالیز داده‌ها؛ مانیا صالحی فر: ارائه ایده پژوهشی و طراحی مطالعه، تجزیه و تحلیل و تفسیر داده‌ها،

امتیازهای حسی از لحاظ بافت از نظر ارزیاب‌ها برای نمونه شاهد و نمونه تا ۵۰ درصد چربی جایگزین‌شده توسط اولئوژل تفاوتی نداشت ولی جایگزینی بیش از ۵۰ درصد چربی توسط اولئوژل تا ۱۰۰ درصد جایگزینی به‌طور معنی‌داری ($P < 0.05$) منجر به کاهش امتیاز بافت شد. همچنین تغییرات روند امتیاز پذیرش کلی مانند سایر پارامترهای حسی بود به‌طوری‌که نمونه شاهد و نمونه‌های تا حداکثر ۵۰ درصد چربی جایگزین‌شده با اولئوژل دارای پذیرش کلی یکسانی بودند و با افزایش درصد جایگزینی از ۶۰ تا ۱۰۰ درصد به‌طور معنی‌داری ($P < 0.05$) امتیاز پذیرش کلی تمام نمونه‌ها کاهش یافت (جدول ۸). براین اساس به دلیل خصوصیات فیزیکوشیمیایی و مکانیکی مناسب نمونه‌های شاهد و نمونه‌های حاوی ۱۰ تا ۵۰ درصد اولئوژل، ارزیابان چشایی امتیاز بالاتری به این تیمارها در مقایسه با سایر تیمارها دادند. از این رو تیمار حاوی ۵۰ درصد اولئوژل به‌جای چربی هم از لحاظ خصوصیات فیزیکوشیمیایی و هم از لحاظ حسی به‌عنوان نمونه برتر انتخاب شد. نتایج حاصل از ارزیابی خصوصیات حسی این مطالعه با یافته‌های دیگر محققین نیز مطابقت داشت. Öğütçü و Yılmaz (۲۰۱۵)، با مطالعه خصوصیات حسی نمونه‌های کوکی حاوی اولئوژل دریافتند که نمونه‌هایی که خصوصیات فیزیکی و مکانیکی بهتری دارند از لحاظ خصوصیات حسی نیز امتیاز بالاتری دریافت کردند.

نتیجه‌گیری

دانسیته خمیر نمونه‌هایی که حداکثر چربی آنها تا ۵۰

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، هیچ‌گونه تعارض منافی وجود ندارد.

بازبینی و اصلاح مقاله، آنالیز داده‌ها، نظارت بر مطالعه و تأیید نسخه نهایی؛ علیرضا رحمن: تجزیه و تحلیل و تفسیر داده‌ها، بازبینی و اصلاح مقاله، آنالیز داده‌ها.

منابع

- Ağirbaş, H. E. T., Yavuz-Düzgün, M., & Özçelik, B. (2021). The effect of fruit seed flours on Farinograph characteristics of composite dough and shelf life of cake products. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(5), 3973-3984. <https://doi.org/10.1007/s11694-021-00961-3>
- Al Juhaimi, F., Geçgel, Ü., Gülcü, M., Hamurcu, M., & Özcan, M. M. (2017). Bioactive properties, fatty acid composition and mineral contents of grape seed and oils. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 38(1), 103-108 .
- Aliasl khiabani, A., Tabibiazar, M., Roufegarinejad, L., Hamishehkar, H., & Alizadeh, A. (2020). Preparation and characterization of carnauba wax/adipic acid oleogel: A new reinforced oleogel for application in cake and beef burger. *Food Chemistry*, 333, 127446. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127446>
- Alvarez-Ramirez, J., Vernon-Carter, E. J., Carrera-Tarela, Y., Garcia, A., & Roldan-Cruz, C. (2020). Effects of candelilla wax/canola oil oleogel on the rheology, texture, thermal properties and in vitro starch digestibility of wheat sponge cake bread. *LWT*, 130, 109701. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109701>
- Baeva, M. R., Panchev, I. N., & Terzieva, V. V. (2000). Comparative study of texture of normal and energy reduced sponge cakes. *Nahrung*, 44(4), 242-246. [https://doi.org/10.1002/1521-3803\(20000701\)44:4%3C242::aid-food242%3E3.0.co;2-1](https://doi.org/10.1002/1521-3803(20000701)44:4%3C242::aid-food242%3E3.0.co;2-1)
- Bárceñas, M. E., & Rosell, C. M. (2007). Different approaches for increasing the shelf life of partially baked bread: Low temperatures and hydrocolloid addition. *Food Chemistry*, 100(4), 1594-1601. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.12.043>
- Chauhan, D. S., Khare, A., Lal, A. B., & Bebartha, R. P. (2022). Utilising oleogel as a frying medium for deep fried Indian traditional product (Mathri) to reduce oil uptake. *Journal of the Indian Chemical Society*, 99(3), 100378. <https://doi.org/10.1016/j.jics.2022.100378>
- Galali, Y., Rees, G., & Kuri, V. (2022). Study the influence of waxy wheat flour, inulin and guar gum on quality and microstructure of Pita and Tandoori breads: response surface methodology aids functional food development. *J Food Sci Technol*, 59(4), 1372-1383. <https://doi.org/10.1007/s13197-021-05147-9>
- Gray, J. A., & Bemiller, J. N. (2003). Bread Staling: Molecular Basis and Control. *Compr Rev Food Sci Food Saf*, 2(1), 1-21. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2003.tb00011.x>
- Hamdani, A. M., Wani, I. A., & Bhat, N. A. (2012). Pasting, rheology, antioxidant and texture profile of gluten free cookies with added seed gum hydrocolloids. *Food Science and Technology International*, 27(7), 649-659. <https://doi.org/10.1177%2F1082013220980594>
- Hejrani, T., Sheikholeslami, Z., Mortazavi, A., & Davoodi, M. G. (2017). The properties of part baked frozen bread with guar and xanthan gums. *Food Hydrocolloids*, 71, 252-257. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.04.012>
- Heo, Y., Kim, M.-J., Lee, J.-W., & Moon, B. (2019). Muffins enriched with dietary fiber from kimchi by-product: Baking properties, physical-chemical properties, and consumer acceptance. *Food Sci Nutr*, 7(5), 1778-1785. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1020>
- Kaur, K., Singh, G & Singh, N. (2018). Functional, pasting, nutritional and gluten free muffin making properties of plantain flour. *Asian Journal of Dairy & Food Research*, 37(4), 298-303 .
- Kim, M., Hwang, H.-S., Jeong, S., & Lee, S. (2022). Utilization of oleogels with binary oleogelator blends for filling creams low in saturated fat. *LWT*, 155, 112972. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112972>
- Lebesi, D. M., & Tzia, C. (2012). Use of endoxylanase treated cereal brans for development of dietary fiber enriched cakes. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 13, 207-214. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2011.08.001>
- Li, Y., Zou, Y., Que, F., & Zhang, H. (2022). Recent advances in fabrication of edible polymer oleogels for food applications. *Current Opinion in Food Science*, 43, 114-119. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2021.11.007>
- Lindarte Artunduaga, J., & Gutiérrez, L. F. (2019). Effects of replacing fat by betaglucans from *Ganoderma lucidum* on batter and cake properties. *J Food Sci Technol*, 56(1), 451-461. <https://doi.org/10.1007%2F13197-018-3507-1>

- Martins, A. J., Vicente, A. A., Cunha, R. L., & Cerqueira, M. A. (2018). Edible oleogels: an opportunity for fat replacement in foods. *Food Funct*, 9(2), 758-773. <https://doi.org/10.1039/c7fo01641g>
- Murata, M. (2021). Browning and pigmentation in food through the Maillard reaction. *Glycoconj J*, 38(3), 283-292. <https://doi.org/10.1007/s10719-020-09943-x>
- Onacik-Gür, S., & Żbikowska, A. (2020). Effect of high-oleic rapeseed oil oleogels on the quality of short-dough biscuits and fat migration. *J Food Sci Technol*, 57(5), 1609-1618. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04193-8>
- Pinto, T. C., Martins, A. J., Pastrana, L., Pereira, M. C., & Cerqueira, M. A. (2021). Oleogel-Based Systems for the Delivery of Bioactive Compounds in Foods. *Gels*, 7(3), 86. <https://doi.org/10.3390/gels7030086>
- Puşcaş, A., Mureşan, V., & Muste, S. (2021). Application of Analytical Methods for the Comprehensive Analysis of Oleogels-A Review. *Polymers (Basel)*, 13(12). <https://doi.org/10.3390/polym13121934>
- Rodríguez-García, J., Puig, A., Salvador, A., & Hernando, I. (2012). Optimization of a sponge cake formulation with inulin as fat replacer: structure, physicochemical, and sensory properties. *J Food Sci*, 77(2), C189-197. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02546.x>
- Rosell, C. M., Rojas, J. A., & Benedito de Barber, C. (2001). Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. *Food Hydrocolloids*, 15(1), 75-81. [https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(00\)00054-0](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(00)00054-0)
- Shinagawa, F. B., Santana, F. C. d., Araujo, E., Purgatto, E., & Mancini-Filho, J. (2017). Chemical composition of cold pressed Brazilian grape seed oil. *Food Science and Technology*, 38(1), 164-171. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.08317>
- Silva, T. J., Barrera-Arellano, D., & Ribeiro, A. P. B. (2021). Oleogel-based emulsions: Concepts, structuring agents, and applications in food. *J Food Sci*, 86(7), 2785-2801. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15788>
- Singh, A., Geveke, D. J., Jones, D. R., & Tilman, E. D. (2019). Can acceptable quality angel food cakes be made using pasteurized shell eggs? The effects of mixing factors on functional properties of angel food cakes. *Food Sci Nutr*, 7(3), 987-996. <https://doi.org/10.1002%2Ffsn3.911>
- Siraj, N., Shabbir, M. A., Ahmad, T., Sajjad, A., Khan, M. R., Khan, M. I., & Butt, M. S. (2015). Organogelators as a Saturated Fat Replacer for Structuring Edible Oils. *International Journal of Food Properties*, 18(9), 1973-1989. <https://doi.org/10.1080/10942912.2014.951891>
- Thombare, N., Jha, U., Mishra, S., & Siddiqui, M. Z. (2016). Guar gum as a promising starting material for diverse applications: A review. *Int J Biol Macromol*, 88, 361-372. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.04.001>
- Topkaya, C., & Isik, F. (2019). Effects of pomegranate peel supplementation on chemical, physical, and nutritional properties of muffin cakes. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(6), e13868. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13868>
- Trehan, S., Singh, N., & Kaur, A. (2018). Characteristics of white, yellow, purple corn accessions: phenolic profile, textural, rheological properties and muffin making potential. *J Food Sci Technol*, 55(6), 2334-2343. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3171-5>
- Turabi, E., Sumnu, G., & Sahin, S. (2008). Rheological properties and quality of rice cakes formulated with different gums and an emulsifier blend. *Food Hydrocolloids*, 22(2), 305-312. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2006.11.016>
- Vidaurre-Ruiz, J., Matheus-Diaz, S., Salas-Valerio, F., Barraza-Jauregui, G., Schoenlechner, R., & Repo-Carrasco-Valencia, R. (2019). Influence of tara gum and xanthan gum on rheological and textural properties of starch-based gluten-free dough and bread. *European Food Research and Technology*, 245(7), 1347-1355. <https://doi.org/10.1007/s00217-019-03253-9>
- Wu, S.-C., Shyu, Y.-S., Tseng, Y.-W., & Sung, W.-C. (2020). The Effect of Tamarind Seed Gum on the Qualities of Gluten-Free Cakes. *Processes*, 8(3), 318. <https://doi.org/10.3390/pr8030318>
- Yazici, G. N., & Ozer, M. S. (2021). A review of egg replacement in cake production: Effects on batter and cake properties. *Trends in Food Science & Technology*, 111, 346-359. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.071>
- Yılmaz, E., & Öğütçü, M. (2015). The texture, sensory properties and stability of cookies prepared with wax oleogels. *Food Funct*, 6(4), 1194-1204. <https://doi.org/10.1039/c5fo00019j>
- Zargaraan, A., Kamaliroosta, L., Yaghoubi, A. S., & Mirmoghtadaie, L. (2016). Effect of Substitution of Sugar by High Fructose Corn Syrup on the Physicochemical Properties of Bakery and Dairy Products: A Review [Review]. *Nutrition and Food Sciences Research*, 3(4), 3-11. <https://doi.org/10.18869/acadpub.nfsr.3.4.3>
- Zhou, J., Faubion, J. M., & Walker, C. E. (2011). Evaluation of different types of fats for use in high-ratio layer cakes. *LWT - Food Science and Technology*, 44(8), 1802-1808. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.03.013>

Production of Muffins with Reduced Fat Using Organogel Based on Carnauba Wax

Fatemeh Hanifi-Vahed¹, Mania Salehifar^{1*}, Alireza Rahman¹

1- Department of Food Industry Science and Engineering, Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

* Corresponding author (salehifarmania@qodsiau.ac.ir)

Abstract

The aim of this study was to produce low fat muffins using oleogels using carnauba wax and grape seed oil. The oil in the muffins formulation was replaced with various levels (0 and 100%). The rheological properties of different dough samples showed that all samples had shear-thinning behavior. By increasing the percentage of oleogels, the density of the dough increased significantly ($P < 0.05$), but increasing the oleogel to 50% compared to the control sample did not have a significant effect on the density of the dough. Water activity of muffin cake samples containing oleogel were higher than the control sample. With increasing the percentage of using oleogels to the level of 50%, the specific volume of cakes increased. The use of oleogel up to 50% level had no significant effect ($P > 0.05$) on L^* index. With increasing the percentage of using oleogels to the level of 50%, the hardness decreased. However, further increase of oleogels from 50 to 100% significantly ($P < 0.05$) led to an increased hardness. Increasing the storage time significantly increased hardness ($P < 0.05$). Samples containing oleogel from 10 to 50% in terms of sensory properties were not significantly different from the control sample ($P < 0.05$) but by increasing the percentage of oleogel application from 50% and above, it led to a significant decrease in all sensory properties of muffin samples compared to the control sample. Therefore, in general, a sample containing 50% oleogel based on carnauba wax and grape seed oil instead of oil can be selected as the superior sample.

Keywords: Carnauba wax, Grape seed oil, Hardness, Low fat, Muffin

