

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

فاطمه حنیفی واحد<sup>۱</sup>، مانیا صالحی فر<sup>۱\*</sup>، علیرضا رحمن<sup>۱</sup>

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

### چکیده

هدف از این پژوهش تولید مافین‌های کم چرب با استفاده از اولئوژل‌های بر پایه موم کارنوبا و روغن هسته انگور بود. روغن موجود در فرمولاسیون مافین با سطوح مختلف (صفر تا ۱۰۰ درصد) جایگزین شد. افزایش اولئوژل تا سطح ۵۰ درصد در مقایسه با نمونه شاهد تاثیر معنی‌داری روی دانسیته خمیر نداشت. فعالیت آبی نمونه‌های یک مافین حاوی اولئوژل بیشتر از نمونه شاهد بود. با افزایش درصد بکارگیری اولئوژل تا سطح ۵۰ درصد حجم مخصوص کیک‌ها افزایش یافت. استفاده از اولئوژل تا سطح ۵۰ درصد تاثیر معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) روی شاخص  $L^*$  نداشت. با افزایش درصد بکارگیری اولئوژل تا سطح ۵۰ درصد سفتی کیک‌ها کاهش یافت با این وجود افزایش بیشتر اولئوژل از ۵۰ تا ۱۰۰ درصد به طور معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) منجر به افزایش سفتی آن‌ها شد. افزایش زمان نگهداری سفتی بافت را به طور 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 بکارگیری 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 به طور کلی می‌توان نمونه‌ای که حاوی ۵۰ درصد اولئوژل بر پایه موم کارنوبا و روغن هسته انگور بجای روغن می‌باشد به عنوان نمونه برتر انتخاب نمود.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۰۲

### واژه‌های کلیدی

روغن هسته انگور

سفتی

کم چرب

مافین

موم کارنوبا

### مقدمه

مافین‌ها که به محصولات نانویی سریع طبقه‌بندی می‌شوند، در بعضی از کشورها به عنوان میان وعده‌های صبحانه و عصرانه محبوب هستند. آنها به عنوان یک محصول اسفنجی نرم با ساختار مغز متخلخل و حجم زیاد شناخته می‌شوند. مافین و سایر محصولات شیرینی پخته شده معمولاً سرشار از چربی و شکر هستند که مصرف کنندگان با آگاهی از سلامتی از مصرف آنها اجتناب می‌کنند. چربی‌های موجود در محصولات نانویی هوا را در

داخل خمیر به دام می‌اندازد تا خمیر به خوبی توسعه یابد و محصولی به خوبی پخته شده تولید شود. همچنین به طعم و مزه محصولات نهایی کمک می‌کند. از این رو چربی منجر به تجمع حباب‌های هوا در داخل ساختار خمیر در طی مخلوط کردن می‌شود که به ورآمدن محصول، تردی قطعات و بهبود احساس دهانی کمک خواهد کرد. بنابراین، جایگزینی چربی در طی تهیه مافین می‌تواند بر روی بافت مغز محصول و خاصیت حسی تأثیر منفی بگذارد. به همین خاطر انتخاب سیستم جایگزینی چربی و نوع جایگزین

می‌توانند در محصولات غذایی جدید بکار 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 بکار 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, Vicente, Cunha, & Cerqueira, 2018; Puşcaş, Mureşan, & Muste, 2021; Silva, Barrera-Arellano, & Ribeiro, 2021).

ارگانوژلاتورها<sup>۵</sup>، ترکیباتی هستند که منجر به تشکیل شبکه سه بعدی و ایجاد ساختار می‌شوند برای تبدیل روغن مایع به مواد سخت و بی حرکت کردن آن‌ها لازم هستند. از شناخته شده‌ترین و پرکاربردترین ارگانوژلاتورها می‌توان به فسفولیپیدها، فیتواسترول‌ها، مونودی‌گلیسریدها، موم‌های گیاهی (موم کارنوبا، موم کاندلیلا و...)، استرهای اسیدهای چرب یا الکل‌ها اشاره نمود (Siraj et al., 2015).

استفاده از اولئوژل‌ها یک راه حل بالقوه برای یک رژیم غذایی سالم‌تر روزانه با جایگزینی چربی‌های اشباع شده و هیدروژنه با روغن‌های گیاهی طبیعی است که توسط سازمان بهداشت جهانی ترویج شده است. با افزایش تقاضای قابل توجهی برای جایگزین‌های چربی جامد در محصولات گوشت، نانوبی و شیرینی، اولئوژل‌های پروتئینی یا پلی ساکاریدی به دلیل مقبولیت بالای مصرف‌کننده و ویژگی‌های بافتی و حسی خود، گزینه‌های مناسبی برای این منظور می‌باشند (Li, Zou, Que, & Zhang, 2022).

هسته انگور دارای ۲۰ تا ۲۶ درصد گوشت، مقادیر بالایی پروتئین و ۱۰ تا ۲۰ درصد روغن به همراه مقدار قابل توجهی ویتامین E است که دارای اثر سلامت بخش روی سلامتی انسان می‌باشد. روغن هسته انگور در مقایسه با سایر روغن‌ها مزه چربی آن کمتر احساس می‌شود و از این رو نه تنها روی طعم اصلی غذا تأثیری نمی‌گذارد بلکه تا حدود طعم کره‌ای را نیز در آن به دنبال دارد. همچنین این روغن به دلیل قابلیت تحمل درجات مختلف حرارت بالا، بدون ایجاد دود، بسیار با اهمیت است. به عبارتی این روغن می‌تواند برای سرخ کردن در درجه حرارت‌های بالا

جهت شبیه‌سازی رفتار چربی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Galali, Rees, & Kuri, 2022; Rodríguez-García, Puig, Salvador, & Hernando, 2012).

ژل‌ها نوعی کلوئید را نشان می‌دهند که از یک شبکه سه بعدی جامد مانند 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 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<sup>۱</sup> (یا اولئوژل‌ها) زمانی که مایع دیسپرس شده یک حلال آلی است و توسط یک ارگانوژل‌ساز ساختار یافته است. هیدروژل‌ها عمدتاً از یک شبکه پلیمری آبدوست تشکیل شده‌اند که می‌توانند مقادیر زیادی مایع را جذب کند (Pinto, Martins, Pastrana, Pereira, & Cerqueira, 2021).

ارگانوژل‌ها فرمولاسیون‌های نیمه سفت و سختی هستند که سیستم‌های دوپیوسته<sup>۲</sup> در نظر گرفته می‌شوند و شامل دو فاز هستند: ژل کننده 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 آرایش یافته<sup>۳</sup> را به دنبال دارد. این ساختارها با یکدیگر در هم می‌پیچند و شبکه‌ای سه بعدی را تشکیل می‌دهند. حلال آلی در فضاهای شبکه ژلاتور<sup>۴</sup> حفظ و بی حرکت 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 چربی دوست است که در سیستم‌های دارویی و غذایی کاربرد زیادی دارد. اولئوژل‌ها با توجه به ایجاد ساختار و خواص سلامت بخش

<sup>1</sup> Organogels

<sup>2</sup> Bicontinuous

<sup>3</sup> Self-assembled structures

<sup>4</sup> Gelator

<sup>5</sup> Organogelators

زانتان به آن اضافه شد تا کاملاً مخلوط گردیدند. پس از گذشت این زمان، نمونه‌های ارگانوژل تهیه شده به مدت ۲۴ ساعت در دمای یخچال (۴ درجه سلسیوس) قرار گرفتند تا ارگانوژل تشکیل شود (Aliasl khiabani, Tabibiazar, Roufegarnejad, Hamishehkar, & Alizadeh, 2020).

#### تهیه مافین حاوی ارگانوژل

پس از تهیه ارگانوژل‌های برپایه روغن هسته انگور، ارگانوژل تولید شده 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 با آرد (۱۰۰ گرم)، شیر (۸۰ میلی‌لیتر)، شکر (۴۰ گرم)، شورتینینگ (۳۵ گرم)، تخم مرغ کامل (۳۰ گرم)، بیکنینگ پودر (۶ گرم)، نمک (۱ گرم) و پودر وانیل (۰/۲۵ گرم) تهیه شدند. برای این منظور ابتدا همه مواد پودری با یکدیگر کاملاً مخلوط شدند و سپس تخم مرغ از قبل همزده به آن افزوده شد. در نهایت شورتینینگ به مخلوط فوق افزوده شد و کاملاً با یکدیگر مخلوط گردیدند. به منظور تهیه یک‌ک‌های مافین با چربی کاهش یافته شورتینینگ مورد استفاده با سطوح مختلف (صفر، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰، ۹۰ و ۱۰۰ درصد) ارگانوژل جایگزین شد. در نهایت خمیر یک‌ک‌های مافین تهیه شده در قالب کیک ریخته شدند و به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۲۰۰ درجه سلسیوس 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, Yavuz- & Düzgün, 2021).

#### فعالیت آبی

فعالیت آبی نمونه‌های مافین با استفاده از دستگاه سنجش فعالیت آبی اندازه‌گیری شد. سه تکرار از هر نمونه در

بدون سوختن و دود استفاده شود (Al Juhaimi, Geçgel, Gülcü, Hamurcu, & Özcan, 2017; Shinagawa, Santana, Araujo, Purgatto, & Mancini-filho, 2017).

Kim و همکاران (۲۰۲۲)، از اولئوژل‌های روغن کانولا و برپایه مخلوط دوتایی موم کاندلیلا و گلیسرول مونواستئارات جهت جایگزینی شورتینینگ در فرمولاسیون خامه قنادی استفاده کردند. آن‌ها نشان دادند که استفاده از ۶۰ درصد موم کاندلیلا و ۴۰ درصد گلیسرول مونواستئارات منجر به تولید اولئوژل بالاترین سفتی و کمترین دمای ذوب می‌شود که محصولاتی با خصوصیات شبیه به نمونه شاهد تولید می‌نماید. آن‌ها همچنین بیان کردند که با استفاده از چنین اولئوژل‌های به جای شورتینینگ می‌توان مقدار چربی خامه را از ۳۶ درصد تا ۱۰ درصد کاهش داد (Kim, Hwang, Jeong, & Lee, 2022). علاوه بر این، مطالعه نشان داده که با استفاده از اولئوژل موم کارنوبا و روغن سویا به عنوان محیط سرخ کننده جهت تهیه اسنک محلی هندی می‌توان محتوی چربی و کالری محصول را کاهش داد (Chauhan, Khare, Lal, & Bebartta, 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، بیکنینگ پودر و پودر وانیل از شرکت گل‌ها و روغن هسته انگور از بازار محلی در تهران خریداری شدند. همچنین تخم مرغ، شیر و شورتینینگ 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 برپایه روغن هسته انگور

برای این منظور ابتدا روغن هسته انگور (۸۰ درصد)، موم کارنوبا (۱۰ درصد) و زانتان (۱۰ درصد) به صورت جداگانه در بن‌ماری تا دمای حدود ۴۰ درجه سلسیوس حرارت داده شدند. در ادامه موم کارنوبا به نمونه روغن هسته انگور افزوده شد تحت دمای ۴۰ درجه سلسیوس به مدت ۳۰ دقیقه در ۲۰۰ دور بر دقیقه همزده شدند و در نهایت

گردید و امتیاز بندی کلی حاصل از مجموع امتیازات داده شده به شاخص‌های حسی (در سطوح ارزیابی ۱ تا ۵؛ ۱: غیر قابل مصرف یا خیلی ضعیف؛ ۲: غیر قابل قبول یا ضعیف؛ ۳: قابل قبول یا متوسط؛ ۴: رضایت بخش یا خوب و ۵: بسیار رضایت بخش یا خیلی خوب) صورت گرفت (Heo, Kim, Lee, & Moon, 2019).

### تجزیه و تحلیل آماری

آزمایشات در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. نتایج حاصل از آزمایشات مختلف به منظور بررسی اختلاف معنی‌دار بین داده‌ها از طریق تحلیل واریانس یک طرفه (One-way ANOVA) با استفاده از نرم افزار SPSS.22 مورد ارزیابی قرار گرفت و برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ ( $p < 0.05$ ) استفاده شد.

### نتایج و بحث

#### دانسیته خمیر

نتایج حاصل از تغییرات دانسیته خمیر نمونه‌های کیک مافین شاهد و غنی‌سازی شده با اولئوژل‌های برپایه موم کارنوبا و روغن هسته انگور و مقایسه میانگین داده‌ها براساس آزمون چند دامنه‌ای 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 بجای روغن در فرمولاسیون مافین بود. نتایج به دست آمده در طی این پژوهش نشان داد که با افزایش درصد بکارگیری اولئوژل‌های برپایه موم کارنوبا و روغن هسته انگور بجای روغن تا سطح ۵۰ درصد دانسیته خمیر از  $1.0 \pm 0.10$  تا  $1.24 \pm 0.05$  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 داخل شبکه سه بعدی خمیر به دام

دمای ثابت  $25^{\circ}\text{C}$  مورد آزمون قرار گرفت (Ağirbaş et al., 2021).

### خصوصیات رنگی

برای اندازه‌گیری رنگ سطحی، فرآورده‌های نهایی بر روی یک پلیت سفید (مرجع) قرار گرفتند و سپس میزان فاکتورهای رنگی آن با استفاده از دستگاه رنگ سنج اندازه‌گیری شد. برای این منظور فاکتورهای  $L^*$ ،  $a$  و  $b$  نمونه‌ها تعیین شده و از روی دستگاه قرائت می‌شوند (Trehan, Singh, & Kaur, 2018).

### حجم مخصوص

اندازه‌گیری حجم مخصوص نمونه‌های مافین با استفاده از آزمون جایجایی دانه کلزا، محاسبه شد. برای این منظور در فاصله زمانی ۲ ساعت پس از پخت، قطعه جدا شده از هر نمونه به ابعاد  $2 \times 2 \times 2$  سانتی متر با ترازوی دیجیتالی و دقت ۱ میلی گرم توزین گردید. سپس حجم استوانه مدرج به میزان ۲۵۰ میلی لیتر با دانه کلزا جایگزین شد. آنگاه قطعه مافین مورد نظر درون استوانه مدرج قرار داده شد و حجم نهایی گزارش گردید. در انتها از تقسیم حجم به وزن، حجم مخصوص محاسبه شد (Kaur, Singh, & Singh, 2018).

### سفتی

برای اندازه‌گیری سفتی نمونه‌های مافین از دستگاه بافت سنج (TA-XT2i, Micro Stable Systems, UK) استفاده شد. برای این منظور ابتدا نمونه‌ها به صورت قطعات یکسان روی صفحه نگهدارنده قرار داده شدند و از لود سل ۵ کیلوگرمی استفاده گردید. پروپ استوانه‌ای شکل به قطر ۵۰ میلی متر 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 (Fmax) 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

### فعالیت آبی

تغییرات فعالیت آبی هرکدام از نمونه‌های کیک مافین شاهد و نمونه‌های حاوی سطوح مختلف اولئوژل بر پایه موم کارنوبا و روغن هسته انگور و مقایسه میانگین داده‌ها براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در جدول ۲ در طی ۳۰ روز نگهداری نشان داده شده است. براساس نتایج تحلیلی واریانس داده‌ها مشخص شد که تغییرات محتوی رطوبت نمونه شاهد در مقایسه با سایر تیمارها به طور معنی‌داری وابسته به بکارگیری و یا عدم بکارگیری اولئوژل در فرمولاسیون کیک‌های مافین و نیز مدت زمان نگهداری نمونه‌ها بود ( $p < 0.05$ ). بر این اساس همان‌طور که نتایج نشان داد فعالیت آبی نمونه‌های مافین شاهد به طور معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) پایین‌تر از فعالیت آبی نمونه‌های حاوی مختلف اولئوژل بر پایه موم کارنوبا و روغن هسته انگور در طی ۳۰ روز نگهداری بود. همچنین مشخص شد که با افزایش مدت زمان نگهداری فعالیت آبی همه نمونه‌های مافین به طور معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) کاهش یافت (جدول ۲). همان‌طور که بیان شد صمغ‌ها به دلیل خاصیت آبدوستی و قدرت جذب و نگهداری آب قادر به محصور کردن مقدار زیادی آب در ساختار خود هستند. این قابلیت ناشی از توانایی تشکیل ساختارهای سه بعدی و ژل مانند توسط صمغ‌ها می‌باشد. همچنین وجود گروه‌های هیدروکسیل زیاد در زنجیره پلی ساکاریدی 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, Jha, Mishra, & Siddiqui, 2016). این مطالعه با یافته‌های دیگر محققین نیز مطابقت داشت. Wu و همکاران (۲۰۲۰)، به مطالعه محتوی رطوبت و فعالیت آبی کیک‌های بدون گلوتن حاوی صمغ دانه تمبره‌ندی پرداختند. آن‌ها دریافتند که وجود گروه‌های آب دوست 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, Shyu, Tseng, & Sung, 2020).

می‌افتد و خمیر دچار افزایش حجم خواهد شد (Yazici & Ozer, 2021; Zhou, Faubion, & Walker, 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 اولئوژل‌های 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 به دام اندازی 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 اولئوژل‌ها (۶۰ تا ۱۰۰ درصد) بجای روغن در فرمولاسیون مافین منجر به کاهش قابل توجه 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 اولئوژل

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

\*حروف کوچک متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در هر ستون می‌باشند ( $p < 0.05$ ).

جدول ۲ فعالیت آبی کیک‌های مافین شاهد و نمونه‌های حاوی اولئوژل

نمونه	روز اول	روز پانزدهم	روز سی‌ام
شاهد	۰/۸۷ ± ۰/۰۰۱ <sup>bA</sup>	۰/۸۶ ± ۰/۰۰۱ <sup>bB</sup>	۰/۸۵ ± ۰/۰۰۱ <sup>bC</sup>
٪۱۰ اولئوژل	۰/۸۹ ± ۰/۰۰۱ <sup>aA</sup>	۰/۸۸ ± ۰/۰۰۱ <sup>aB</sup>	۰/۸۶ ± ۰/۰۰۱ <sup>aC</sup>
٪۲۰ اولئوژل	۰/۸۹ ± ۰/۰۰۱ <sup>aA</sup>	۰/۸۸ ± ۰/۰۰۱ <sup>aB</sup>	۰/۸۶ ± ۰/۰۰۱ <sup>aC</sup>
٪۳۰ اولئوژل	۰/۸۹ ± ۰/۰۰۱ <sup>aA</sup>	۰/۸۸ ± ۰/۰۰۱ <sup>aB</sup>	۰/۸۶ ± ۰/۰۰۱ <sup>aC</sup>
٪۴۰ اولئوژل	۰/۸۹ ± ۰/۰۰۱ <sup>aA</sup>	۰/۸۸ ± ۰/۰۰۱ <sup>aB</sup>	۰/۸۶ ± ۰/۰۰۱ <sup>aC</sup>
٪۵۰ اولئوژل	۰/۸۹ ± ۰/۰۰۱ <sup>aA</sup>	۰/۸۸ ± ۰/۰۰۱ <sup>aB</sup>	۰/۸۶ ± ۰/۰۰۱ <sup>aC</sup>
٪۶۰ اولئوژل	۰/۸۹ ± ۰/۰۰۱ <sup>aA</sup>	۰/۸۸ ± ۰/۰۰۱ <sup>aB</sup>	۰/۸۶ ± ۰/۰۰۱ <sup>aC</sup>
٪۷۰ اولئوژل	۰/۸۹ ± ۰/۰۰۱ <sup>aA</sup>	۰/۸۸ ± ۰/۰۰۱ <sup>aB</sup>	۰/۸۶ ± ۰/۰۰۱ <sup>aC</sup>
٪۸۰ اولئوژل	۰/۸۹ ± ۰/۰۰۱ <sup>aA</sup>	۰/۸۸ ± ۰/۰۰۱ <sup>aB</sup>	۰/۸۶ ± ۰/۰۰۱ <sup>aC</sup>
٪۹۰ اولئوژل	۰/۸۹ ± ۰/۰۰۱ <sup>aA</sup>	۰/۸۸ ± ۰/۰۰۱ <sup>aB</sup>	۰/۸۶ ± ۰/۰۰۱ <sup>aC</sup>
٪۱۰۰ اولئوژل	۰/۸۹ ± ۰/۰۰۱ <sup>aA</sup>	۰/۸۸ ± ۰/۰۰۱ <sup>aB</sup>	۰/۸۶ ± ۰/۰۰۱ <sup>aC</sup>

\*حروف کوچک متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در هر ستون می‌باشند ( $p < 0.05$ ) و حروف بزرگ متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در هر ردیف می‌باشند ( $p < 0.05$ ).

### خصوصیات رنگی

رنگ پوسته کیک متاثر از فرمولاسیون و شرایط پخت متغیر است و رنگ مناسب بر پذیرش مصرف کننده تاثیر مستقیم دارد (Singh, Geveke, Jones, & Tilman, 2019). تغییرات خصوصیات رنگی ( $L^*$ ,  $a$  و  $b$ ) کیک‌های مافین تهیه شده با درصدهای مختلف اولئوژل برپایه موم کارنوبا و روغن هسته انگور در طی ۳۰ روز نگهداری و نیز مقایسه میانگین داده‌ها براساس آزمون چند دامنه‌ای 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 به طور معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) وابسته به درصد بکارگیری اولئوژل در فرمولاسیون مافین و نیز مدت زمان نگهداری نمونه‌ها می‌باشد. بر این اساس همان‌طور که در جدول ۳ نشان داده شده است با افزایش درصد بکارگیری اولئوژل برپایه 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 این وجود افزایش جایگزینی روغن توسط اولئوژل برپایه موم کارنوبا و روغن هسته انگور از ۵۰ تا ۱۰۰ درصد به طور معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) روشنایی نمونه‌ها کاهش یافت. تغییرات شاخص‌های قرمزی (جدول ۴) و زردی (جدول ۵) نیز وابسته به سطح بکارگیری اولئوژل در فرمولاسیون مافین بود به طوری که با افزایش سطح بکارگیری

اولئوژل‌ها از صفر تا ۱۰۰ درصد در فرمولاسیون مافین‌ها منجر به افزایش شاخص‌های زردی و قرمزی آن‌ها شد. با این وجود 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 به طور معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) شاخص‌های رنگی را تحت تاثیر قرار داد به طوری که در همه نمونه‌ها با افزایش مدت زمان نگهداری به طور معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) شاخص روشنایی نمونه‌های مافین کاهش یافت اما شاخص‌های زردی و قرمزی به طور معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) افزایش یافتند. تغییرات خصوصیات رنگی پوسته کیک و محصولات نانویی در ارتباط با قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی و کاراملیزاسیون قندها می‌باشد. در نمونه‌های تهیه شده با اولئوژل‌ها به دلیل وجود زانتان در فرمولاسیون آن‌ها شرایط را بر انجام واکنش قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی (واکنش میلارد) فراهم می‌شود (Onacik-Gür & Zbikowska, 2020). زیرا در زنجیره صمغ زانتان قندهای احیا کننده‌ای نظیر گلوکز و مانوز گروه‌های کربونیلی لازم برای واکنش و ایجاد واکنش میلارد و تشکیل محصولات واکنش میلارد می‌شود. با انجام واکنش میلارد بخش زیادی ترکیبات رنگی متنوعی در طیف رنگ قهوه، قرمز و زرد تشکیل می‌شود که همراه با کاهش شاخص روشنایی و افزایش شاخص‌های قرمزی و زردی می‌شود. بنابراین نمونه‌های حاوی اولئوژل شاخص روشنایی

پایین تر و شاخص‌های زردی و قرمزی بیشتر نسبت به نمونه شاهد می‌باشند (Murata, 2021). همچنین در 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. Yılmaz و Ögütçü (2015) نسبت به نمونه شاهد دارند (Yılmaz & Ögütçü, 2015).

پایین تر و شاخص‌های زردی و قرمزی بیشتر نسبت به نمونه شاهد می‌باشند (Murata, 2021). همچنین در 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. Yılmaz و Ögütçü (2015) نسبت به نمونه شاهد دارند (Yılmaz & Ögütçü, 2015).

جدول ۳ شاخص روشنایی (L\*) بافت کیک‌های مافین شاهد و نمونه‌های حاوی اولئوژل

نمونه	روز اول	روز پانزدهم	روز سی‌ام
شاهد	۶۷/۹۲ ± ۱/۲۲ <sup>bA</sup>	۶۵/۶۸ ± ۱/۳۳ <sup>bB</sup>	۶۲/۵۵ ± ۱/۱۴ <sup>bC</sup>
٪۱۰ اولئوژل	۶۷/۸۷ ± ۱/۴۱ <sup>aA</sup>	۶۵/۶۵ ± ۱/۲۷ <sup>aB</sup>	۶۲/۵۴ ± ۱/۱۱ <sup>aC</sup>
٪۲۰ اولئوژل	۶۷/۸۰ ± ۱/۳۱ <sup>aA</sup>	۶۵/۶۲ ± ۱/۲۴ <sup>aB</sup>	۶۲/۵۳ ± ۱/۲۰ <sup>aC</sup>
٪۳۰ اولئوژل	۶۷/۷۳ ± ۱/۲۵ <sup>aA</sup>	۶۵/۶۳ ± ۱/۰۲ <sup>aB</sup>	۶۲/۴۹ ± ۱/۳۲ <sup>aC</sup>
٪۴۰ اولئوژل	۶۷/۶۹ ± ۱/۲۴ <sup>aA</sup>	۶۵/۵۸ ± ۱/۱۴ <sup>aB</sup>	۶۲/۴۷ ± ۱/۴۳ <sup>aC</sup>
٪۵۰ اولئوژل	۶۷/۶۵ ± ۱/۳۷ <sup>aA</sup>	۶۵/۵۵ ± ۱/۲۴ <sup>aB</sup>	۶۲/۴۵ ± ۱/۳۴ <sup>aC</sup>
٪۶۰ اولئوژل	۶۵/۷۶ ± ۱/۱۱ <sup>aA</sup>	۶۳/۴۸ ± ۱/۴۱ <sup>aB</sup>	۵۹/۸۳ ± ۱/۱۹ <sup>aC</sup>
٪۷۰ اولئوژل	۶۲/۷۳ ± ۱/۰۱ <sup>aA</sup>	۶۰/۶۸ ± ۱/۲۱ <sup>aB</sup>	۵۷/۵۱ ± ۱/۱۴ <sup>aC</sup>
٪۸۰ اولئوژل	۶۰/۶۸ ± ۱/۱۲ <sup>aA</sup>	۵۸/۵۷ ± ۱/۱۶ <sup>aB</sup>	۵۵/۶۸ ± ۱/۲۲ <sup>aC</sup>
٪۹۰ اولئوژل	۵۹/۲۹ ± ۱/۱۵ <sup>aA</sup>	۵۶/۳۹ ± ۱/۲۶ <sup>aB</sup>	۵۲/۴۱ ± ۱/۳۶ <sup>aC</sup>
٪۱۰۰ اولئوژل	۵۷/۳۴ ± ۱/۲۸ <sup>aA</sup>	۵۴/۱۲ ± ۱/۳۴ <sup>aB</sup>	۴۹/۶۳ ± ۱/۴۱ <sup>aC</sup>

\*حروف کوچک متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در هر ستون می‌باشند ( $p < 0.05$ ) و حروف بزرگ متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در هر ردیف می‌باشند ( $p < 0.05$ ).

جدول ۴ شاخص قرمزی (a) بافت کیک‌های مافین شاهد و نمونه‌های حاوی اولئوژل

نمونه	روز اول	روز پانزدهم	روز سی‌ام
شاهد	۱۲/۸۹ ± ۰/۴۸ <sup>fC</sup>	۱۴/۴۲ ± ۰/۳۱ <sup>fB</sup>	۱۶/۱۲ ± ۰/۴۲ <sup>fA</sup>
٪۱۰ اولئوژل	۱۲/۸۵ ± ۰/۵۲ <sup>fC</sup>	۱۴/۴۰ ± ۰/۲۲ <sup>fB</sup>	۱۶/۱۱ ± ۰/۳۸ <sup>fA</sup>
٪۲۰ اولئوژل	۱۲/۸۴ ± ۰/۶۱ <sup>fC</sup>	۱۴/۳۹ ± ۰/۴۲ <sup>fB</sup>	۱۶/۱۰ ± ۰/۵۹ <sup>fA</sup>
٪۳۰ اولئوژل	۱۲/۸۰ ± ۰/۳۸ <sup>fC</sup>	۱۴/۳۷ ± ۰/۵۲ <sup>fB</sup>	۱۶/۰۹ ± ۰/۶۱ <sup>fA</sup>
٪۴۰ اولئوژل	۱۲/۷۸ ± ۰/۴۱ <sup>fC</sup>	۱۴/۳۶ ± ۰/۴۷ <sup>fB</sup>	۱۶/۰۹ ± ۰/۳۳ <sup>fA</sup>
٪۵۰ اولئوژل	۱۲/۷۵ ± ۰/۷۲ <sup>fC</sup>	۱۴/۳۴ ± ۰/۳۸ <sup>fB</sup>	۱۶/۰۶ ± ۰/۵۷ <sup>fA</sup>
٪۶۰ اولئوژل	۱۳/۸۹ ± ۰/۳۱ <sup>eC</sup>	۱۶/۵۴ ± ۰/۶۱ <sup>eB</sup>	۱۹/۴۶ ± ۰/۲۶ <sup>eA</sup>
٪۷۰ اولئوژل	۱۵/۴۶ ± ۰/۴۲ <sup>dC</sup>	۱۸/۴۱ ± ۰/۲۱ <sup>dB</sup>	۲۰/۶۸ ± ۰/۳۸ <sup>dA</sup>
٪۸۰ اولئوژل	۱۶/۸۷ ± ۰/۳۸ <sup>cC</sup>	۱۹/۶۳ ± ۰/۳۲ <sup>cB</sup>	۲۱/۸۶ ± ۰/۴۲ <sup>cA</sup>
٪۹۰ اولئوژل	۱۸/۶۳ ± ۰/۴۴ <sup>bC</sup>	۲۱/۳۰ ± ۰/۱۸ <sup>bB</sup>	۲۳/۵۳ ± ۰/۵۳ <sup>bA</sup>
٪۱۰۰ اولئوژل	۲۰/۴۸ ± ۰/۵۲ <sup>aC</sup>	۲۲/۱۸ ± ۰/۰۹ <sup>aB</sup>	۲۵/۷۹ ± ۰/۶۱ <sup>aA</sup>

\*حروف کوچک متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در هر ستون می‌باشند ( $p < 0.05$ ) و حروف بزرگ متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در هر ردیف می‌باشند ( $p < 0.05$ ).

جدول ۵ شاخص زردی (b) بافت کیک‌های مافین شاهد و نمونه‌های حاوی اولئوژل

نمونه	روز اول	روز پانزدهم	روز سی‌ام
شاهد	۲۹/۲۳ ± ۰/۳۷ <sup>FC</sup>	۳۱/۴۲ ± ۰/۴۱ <sup>FB</sup>	۳۳/۶۹ ± ۰/۴۲ <sup>FA</sup>
٪۱۰ اولئوژل	۲۹/۳۴ ± ۰/۴۲ <sup>FC</sup>	۳۱/۴۴ ± ۰/۳۶ <sup>FB</sup>	۳۳/۷۲ ± ۰/۲۳ <sup>FA</sup>
٪۲۰ اولئوژل	۲۹/۳۸ ± ۰/۳۳ <sup>FC</sup>	۳۱/۵۱ ± ۰/۲۸ <sup>FB</sup>	۳۳/۷۵ ± ۰/۳۰ <sup>FA</sup>
٪۳۰ اولئوژل	۲۹/۴۲ ± ۰/۲۸ <sup>FC</sup>	۳۱/۵۴ ± ۰/۳۱ <sup>FB</sup>	۳۳/۷۹ ± ۰/۲۵ <sup>FA</sup>
٪۴۰ اولئوژل	۲۹/۴۸ ± ۰/۳۶ <sup>FC</sup>	۳۱/۵۶ ± ۰/۵۰ <sup>FB</sup>	۳۳/۸۱ ± ۰/۴۰ <sup>FA</sup>
٪۵۰ اولئوژل	۲۹/۵۵ ± ۰/۲۹ <sup>FC</sup>	۳۱/۵۸ ± ۰/۴۴ <sup>FB</sup>	۳۳/۸۲ ± ۰/۳۳ <sup>FA</sup>
٪۶۰ اولئوژل	۳۱/۵۲ ± ۰/۴۸ <sup>EC</sup>	۳۳/۲۴ ± ۰/۲۹ <sup>EB</sup>	۳۶/۹۲ ± ۰/۲۷ <sup>EA</sup>
٪۷۰ اولئوژل	۳۳/۶۱ ± ۰/۵۱ <sup>DC</sup>	۳۵/۶۸ ± ۰/۴۲ <sup>DB</sup>	۳۸/۸۶ ± ۰/۳۱ <sup>DA</sup>
٪۸۰ اولئوژل	۳۴/۷۵ ± ۰/۳۸ <sup>CC</sup>	۳۸/۴۸ ± ۰/۳۳ <sup>CB</sup>	۴۰/۷۳ ± ۰/۴۸ <sup>CA</sup>
٪۹۰ اولئوژل	۳۶/۴۸ ± ۰/۵۵ <sup>BC</sup>	۴۰/۳۴ ± ۰/۴۸ <sup>BB</sup>	۴۳/۶۲ ± ۰/۲۹ <sup>BA</sup>
٪۱۰۰ اولئوژل	۳۸/۸۱ ± ۰/۴۶ <sup>CC</sup>	۴۳/۷۲ ± ۰/۵۱ <sup>AB</sup>	۴۶/۸۱ ± ۰/۴۰ <sup>AA</sup>

\*حروف کوچک متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در هر ستون می‌باشند ( $p < 0.05$ ) و حروف بزرگ متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در هر ردیف می‌باشند ( $p < 0.05$ ).

### حجم مخصوص

ویسکوزیته، حجم مخصوص و تخلخل خصوصیات هستند که بطور مشخص تحت تاثیر نحوه فرآیند هوادهی خمیر قبل از پخت و پایداری و انبساط حباب‌های هوا در ساختار محصول، حین پخت قرار می‌گیرند (Lebesi & Tzia, 2012). حجم محصولات آردی نشان دهنده میزان گاز دی اکسید کربن، بخارات آب و آمونیاک تولید شده در اثر افزودن عوامل حجم دهنده شیمیایی مورد استفاده در فرمول خمیر است. ترکیبات جاذب الرطوبه و افزودنی‌های شرکت کننده در فرآیند پخت محصولات آردی تعیین کننده این ویژگی هستند (Baeva, Panchev, & Terzieva, 2000). جدول ۶ تغییرات مربوط به حجم مخصوص نمونه‌های کیک مافین حاوی مقادیر مختلف اولئوژل برپایه موم کارنوبا و روغن هسته انگور و نمونه شاهد در طی ۳۰ روز نگهداری و مقایسه میانگین داده‌ها براساس آزمون چند دامنه‌ای 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 بکارگیری اولئوژل برپایه موم کارنوبا و روغن هسته انگور بود ولی تغییرات حجم مخصوص نمونه‌های مافین وابسته به مدت زمان نگهداری نمونه‌ها نبود ( $p > 0.05$ ). از این‌رو همان‌طور که در جدول ۶ نشان داده شده است با افزایش بکارگیری اولئوژل برپایه موم کارنوبا و روغن هسته انگور از ۱۰ تا ۵۰ درصد حجم

مخصوص نمونه‌های مافین از  $2/57 \pm 0/11$  تا  $cm^3/g$   $3/03 \pm 0/10$  به طور معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) افزایش می‌یابد با این وجود افزایش درصد بکارگیری اولئوژل‌ها از ۵۰ تا ۱۰۰ درصد به طور معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) منجر به کاهش حجم مخصوص نمونه‌های مافین شد (جدول ۶). علاوه بر این‌ها مشاهده شد که با افزایش مدت زمان نگهداری از روز اول تا پایان روز سی‌ام نگهداری هیچگونه تغییر معنی‌داری در حجم مخصوص کیک‌ها مشاهده نشد ( $p > 0.05$ ). این رفتارها احتمالا به دلیل تغییرات ویسکوزیته خمیر است. ویسکوزیته بالاتر خمیر در نمونه شاهد و نمونه‌های مافین حاوی اولئوژل برپایه موم کارنوبا و روغن هسته انگور سبب تغییر در سرعت انتشار گازها و بخار آب در داخل خمیر شده و به حفظ گاز در طی مراحل اولیه پخت کمک می‌کند. علت اصلی کاهش حجم کاهش بیش از حد چربی بوده است. چربی‌ها دور جباب‌های گاز خمیر را گرفته و سبب حجم دهی محصولات پخت شده 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 منبسط شده و بخارات آب تولید شده در سلول‌های هوا در طی پخت به دام نخواهند افتاد و در نتیجه حجم محصول حاصل کم خواهد بود. براین اساس، کاهش ویسکوزیته خمیر در نتیجه افزایش سطوح



شد که استفاده از سطوح پایین اولئوژل در مقایسه با نمونه شاهد تاثیر 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 کردن ایجاد ویسکوزیته مناسب در خمیر منجر به حفظ حباب‌های گاز در طی تهیه خمیر و پخت محصول می‌شود (Alvarez-Ramirez, Vernon-Carter, Carrera-Tarela, Garcia, & Roldan-Cruz, 2020).

بالای اولئوژل (بیشتر از ۶۰ درصد) ساختاری شل و غیرمنسجم خواهد شد که از افزایش حجم و ایجاد خلل فرج کافی جلوگیری می‌نماید (Rosell, Rojas, & Benedito de Barber, 2001; Turabi, Sunnu, & Sahin, 2008). نتایج حاصل از این مطالعه با پژوهش‌های دیگر محققین مطابقت داشت. به طور مشابه Ramirez و همکاران (۲۰۲۰)، به مطالعه خصوصیات بافتی و حجم مخصوص کیک اسفنجی تهیه شده با اولئوژل بر پایه روغن کانولا و موم کاندلیلا پرداختند. براساس نتایج به دست آمده توسط این محققین مشخص

جدول ۶ حجم مخصوص (cm<sup>3</sup>/g) کیک‌های مافین شاهد و نمونه‌های حاوی اولئوژل

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

\*حروف کوچک متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در هر ستون می‌باشند ( $p < 0.05$ ) و حروف بزرگ متفاوت نشان دهنده 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 (Alvarez-Ramirez et al., 2020). تغییرات میزان سفتی بافت کیک‌های مافین تهیه شده با درصدهای مختلف اولئوژل بر پایه موم کارنوبا و روغن هسته انگور در طی ۳۰ روز نگهداری و نیز مقایسه میانگین داده‌ها براساس آزمون چند دامنه‌ای 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 به طور معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) وابسته به درصد بکارگیری 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 به طور معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) از ۱۲/۸۵ تا ۱۰/۵۶ نیوتن کاهش یافت. با این وجود مشخص شد که با افزایش درصد جایگزینی روغن از ۵۰ تا ۱۰۰ درصد میزان سفتی به طور معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) افزایش یافت. همچنین مشخص شد که در تمام طول دوره نگهداری همه نمونه‌ها به طور معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) سفتی آن‌ها افزایش یافت (جدول ۷). در محصولات نانوائی عوامل متعددی مثل رتروگراداسیون آمیلوپکتین، کریستالیزاسیون مجدد آمیلوز و مهاجرت رطوبت از مغز به پوسته روی سفتی بافت موثر هستند (Bárceñas & Rosell, 2007; Gray & Bemiller, 2003). همچنین با کاهش میزان چربی به دلیل نقش نرم کنندگی که چربی‌ها دارند میزان سفتی افزایش می‌یابد. از طرف دیگر

Bhat, 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 احتمالا تعادل بین روغن و اولئوژل بهم می‌خورد و حالت سینرژیستی که روغن و اولئوژل در این نسبت دارند، از بین می‌رود. مطابق نتایج به دست آمده در طی این پژوهش، Vidaurre-Ruiz و همکاران (۲۰۱۹)، به بررسی خصوصیات بافتی و مکانیکی نان بدون گلوتن تهیه شده بر پایه نشاسته و صمغ زانتان پرداختند. آن‌ها اظهار نمودند که رابطه معکوسی بین سفتی بافت و حجم مخصوص وجود دارد. بر این اساس این محققین بیان کردند که در نمونه‌ها بدون گلوتن تهیه شده با صمغ زانتان به دلیل ایجاد ویسکوزیته قابل قبول در خمیر محصولی با حجم مخصوص مناسب تولید می‌شود که سفتی آن نسبت به سایر تیمارها به طور قابل توجهی پایین‌تر می‌باشد (Vidaurre-Ruiz et al., 2019). همچنین Yılmaz و Öğütçü (۲۰۱۵)، به مطالعه خصوصیات بافتی و مکانیکی کوکی‌های تهیه شده با دو نوع اولئوژل (حاوی موم زنبور عسل و موم آفتابگردان) در مقایسه با نمونه شورتینگ تجاری پرداختند. براساس نتایج به دست آمده توسط این محققین مشخص شد که نمونه‌های حاوی اولئوژل دارای سفتی کمتر نسبت به نمونه‌های حاوی شورتینگ تجاری بودند. این محققین 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 & Öğütçü, 2015).

به دلیل کاهش میزان چربی، در طی دوره نگهداری میزان ترئوگراداسیون نشاسته و بیاتی افزایش می‌یابد که این امر همراه با افزایش سفتی خواهد بود. علاوه بر این، صمغ‌ها در طول فرآیند 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, Sheikholeslami, Mortazavi, Davoodi, 2017). یکی دیگر از عواملی که تاثیر قابل توجهی روی سفتی بافت محصولات نانویی دارد، میزان تخلخل و افزایش حجم آن‌ها می‌باشد. در محصولاتی که حاوی ترکیبات هیدروکلوئیدی می‌باشند و خمیر بالا می‌باشد خمیر قادر به حفظ گاز ناشی از هوادهی در طی همزنی و همچنین حفظ گازها و بخارات در طی پختن محصول خواهد بود. به دنبال چنین رخدادی بافتی متخلخل و پر خلل و فرج تشکیل خواهد شد که می‌تواند سفتی بافت را به طور قابل توجهی کاهش دهد (Zargaraan, Kamaliroosta, Yaghoubi, & Mirmoghtadaie, 2016). بنابراین در نمونه شاهد و نمونه‌های حاوی سطوح پایین‌تر اولئوژل (حداکثر ۵۰ درصد) از یک طرف به دلیل ویسکوزیته بالاتر خمیر و از طرف دیگر حجم مخصوص بیشتر انتظار می‌رود که سفتی بافت نسبت به نمونه‌های دیگر کمتر باشد. علاوه بر این‌ها در نمونه‌های حاوی اولئوژل (حداکثر تا ۵۰ درصد) به دلیل محتوی رطوبت بالاتری (Hamdani, Wani, &

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

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

\*حروف کوچک متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در هر ستون می‌باشند ( $p < 0.05$ ) و حروف بزرگ متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در هر ردیف می‌باشند ( $p < 0.05$ ).

### ارزیابی حسی

نتایج حاصل از ارزیابی خصوصیات حسی (طعم، رنگ، بافت و پذیرش کلی) نمونه‌های مافین شاهد و نمونه‌های مافین تهیه شده با اولئوژل برپایه موم کارنوبا و روغن هسته انگور و مقایسه میانگین داده‌ها براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در جدول ۸ نشان داده شده است. براساس نتایج تحلیل واریانس داده‌ها مشخص شد که تغییرات خصوصیات حسی نمونه‌های مافین به طور معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) وابسته به درصد بکارگیری اولئوژل در فرمولاسیون مافین‌ها می‌باشد. براساس نتایج به دست آمده مشخص شد که ارزیاب‌های حسی به طعم نمونه شاهد و نمونه‌های مافین حاوی ۱۰ تا ۵۰ درصد اولئوژل امتیاز یکسانی دادند و تفاوت بایکدیگر از لحاظ طعم با هم نداشتند (جدول ۸). اما استفاده از ۶۰ تا ۱۰۰ درصد اولئوژل به جای چربی در فرمولاسیون مافین به طور معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) امتیاز طعم نمونه‌ها را کاهش داد. بررسی امتیازات مربوط به رنگ نیز نشان داد که جایگزینی روغن مافین تا سطح حداکثر ۵۰ درصد تاثیری روی امتیاز رنگ نمونه‌ها در مقایسه با نمونه شاهد نداشت و با افزایش میزان جایگزینی از ۵۰ درصد بالاتر تا ۱۰۰ درصد به طور معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) امتیاز مربوط به رنگ کاهش یافت (جدول ۸). امتیازات حسی از لحاظ بافت از نظر ارزیاب‌ها برای نمونه شاهد و نمونه تا ۵۰ درصد چربی جایگزین شده توسط اولئوژل تفاوتی نداشت ولی

جایگزینی بیش از ۵۰ درصد چربی توسط اولئوژل تا ۱۰۰ درصد جایگزینی به طور معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) منجر به کاهش امتیاز بافت شد. همچنین تغییرات روند امتیاز پذیرش کلی مانند سایر پارامترهای حسی بود به طوری که نمونه شاهد و نمونه‌های تا حداکثر ۵۰ درصد چربی جایگزین شده با اولئوژل دارای پذیرش کلی یکسانی بودند و با افزایش درصد جایگزینی از ۶۰ تا ۱۰۰ درصد به طور معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) امتیاز پذیرش کلی همه نمونه‌ها کاهش یافت (جدول ۸). براین اساس احتمالاً به دلیل خصوصیات فیزیکوشیمیایی و مکانیکی مناسب نمونه‌های شاهد و نمونه‌های حاوی ۱۰ تا ۵۰ درصد اولئوژل داوران چشایی امتیاز بالاتری به این تیمارها در مقایسه با سایر تیمارها داده‌اند. از این رو تیمار حاوی ۵۰ درصد اولئوژل بجای چربی هم از لحاظ خصوصیات فیزیکوشیمیایی و هم از لحاظ حسی به عنوان نمونه برتر انتخاب شد. نتایج حاصل از ارزیابی خصوصیات حسی این مطالعه با یافته‌های دیگر محققین نیز مطابقت داشت. Yılmaz و Ögütçü (۲۰۱۵)، با مطالعه خصوصیات حسی نمونه‌های کوکی حاوی اولئوژل دریافتند که نمونه‌های که از خصوصیات فیزیکی و مکانیکی بهتری دارند از لحاظ خصوصیات حسی نیز امتیاز بالاتری دریافت کردند (Yılmaz & Ögütçü, 2015).

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

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

\*حروف کوچک متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در هر ستون می‌باشند ( $p < 0.05$ ).

## نتیجه‌گیری

درصد میزان سفتی بافت در مقایسه با نمونه شاهد به طور معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) کاهش یافت. همچنین مشخص شد که در تمام طول دوره نگهداری همه نمونه‌ها به طور معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) سفتی آن‌ها افزایش یافت. براساس نتایج به دست آمده 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 بکارگیری اولئوژل در فرمولاسیون مافین‌ها امتیاز تمامی خصوصیات حسی به طور معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) کاهش یافت.

دانسیتته خمیر نمونه‌های که حداکثر چربی آن‌ها تا ۵۰ درصد جایگزین شده با خمیر نمونه شاهد تفاوت معنی‌داری ( $p > 0.05$ ) نداشت. با این وجود افزایش میزان جایگزینی از ۵۰ درصد بالاتر به طور معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) دانسیته خمیر را افزایش داد. فعالیت آبی نمونه‌های مافین شاهد به طور معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) پایین‌تر از فعالیت آبی نمونه‌های حاوی مختلف اولئوژل برپایه موم کارنوبا و روغن هسته انگور در طی ۳۰ روز نگهداری بود. با افزایش درصد جایگزینی روغن توسط اولئوژل برپایه موم کارنوبا و روغن هسته انگور از ۱۰ تا ۵۰

## 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. Retrieved from [http://www.scielo.org.za/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2224-79042017000100012](http://www.scielo.org.za/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-79042017000100012)
- 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/Food*, 44(4), 242–246. [https://doi.org/10.1002/1521-3803\(20000701\)44:4<242::AID-FOOD242>3.0.CO;2-1](https://doi.org/10.1002/1521-3803(20000701)44:4<242::AID-FOOD242>3.0.CO;2-1)
- Bárcenas, 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. *Journal of Food Science and Technology*, 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. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2(1), 1–21. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2003.tb00011.x>
- Hamdani, A. M., Wani, I. A., & Bhat, N. A. (2021). 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/10.1177/1082013220980594>

- 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., Lee, J., & Moon, B. (2019). Muffins enriched with dietary fiber from kimchi by-product: Baking properties, physical–chemical properties, and consumer acceptance. *Food Science & Nutrition*, 7(5), 1778–1785. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1020>
- Kaur, K., Singh, G., & Singh, N. (2018). Functional, pasting, nutritional and gluten free muffin making properties of plantain flour. *Asian Journal of Dairy and Food Research*, 37(of). <https://doi.org/10.18805/ajdfr.DR-1396>
- 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. *Journal of Food Science and Technology*, 56(1), 451–461. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3507-1>
- Martins, A. J., Vicente, A. A., Cunha, R. L., & Cerqueira, M. A. (2018). Edible oleogels: an opportunity for fat replacement in foods. *Food & Function*, 9(2), 758–773. <https://doi.org/10.1039/C7FO01641G>
- Murata, M. (2021). Browning and pigmentation in food through the Maillard reaction. *Glycoconjugate Journal*, 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. *Journal of Food Science and Technology*, 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*, 13(12), 1934. <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. *Journal of Food Science*, 77(2), C189–C197. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02546.x>
- Rosell, C. ., Rojas, J. ., & 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. de, 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. *Journal of Food Science*, 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 Science & Nutrition*, 7(3), 987–996. <https://doi.org/10.1002/fsn3.911>
- 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. *International Journal of Biological Macromolecules*, 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. *Journal of Food Science and Technology*, 55(6), 2334–2343. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3171-5>
- Turabi, E., Sunnu, 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., & Ögütçü, M. (2015). The texture, sensory properties and stability of cookies prepared with wax oleogels. *Food & Function*, 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. *Nutrition and Food Sciences Research*, 3(4), 3–11. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s13197-021-05147-9>
- 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-Vahed<sup>1</sup>, Mania Salehifar<sup>1\*</sup>, Alireza Rahman<sup>1</sup>

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

\* Corresponding author (salehifarmania@yahoo.com)

### 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

Accepted Article