بررسی امکان سنجی کاربرد اولئوژل موم کارنوبا - اسید آدیپیک به عنوان جایگزین شورتنینگ در کیک

آرزوعلی اصل خیابانی[1]، مهناز طبیبی آذر[2*]، لیلا روفه‌گری‌نژاد[3]،حامد همیشه کار[4]، آیناز علیزاده[3]

1- دانشجوی دکتری تخصصی گروه علوم و صنایع غذایی، واحد تبریز، دانشگاه آزاداسلامی، تبریز، ایران
2- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده تغذیه و علوم غذایی، دانشگاه علوم پزشکی، تبریز، ایران
3- دانشیارگروه علوم و صنایع غذایی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران
4- دانشیار فارماسیوتیکس مرکز تحقیقات علوم کاربردی دارویی، دانشگاه علوم پزشکی، تبریز، ایران

(تاریخ دریافت: 98/09/10 تاریخ پذیرش: 98/11/27)

چکیده

با توجه به اثرات نامطلوب اسیدهای چرب ترانس بر سلامت قلب و عروق و رویکرد جهانی برای کاهش میزان آن در محصولات غذایی،هدف از پژوهش حاضر استفاده از اولئوژل تهیه شده با واکس کارنوبا(CW) و ترکیب واکس کارنوبا-اسید آدیپیک (CW/AA) به عنوان جایگزین شورتنینگ درفرمولاسیون کیکدر سطح 50درصد می‌باشد.بر اساس نتایج حاصل، جایگزینی شورتنینگ با اولئوژل‌های تولیدی به طور معنی‌داری ($P < 0/05$) باعث حفظ بهتر رطوبت نمونه‌های کیک در طول مدت نگهداری شد. با این حال افزودن اولئوژل مقادیر تخلخل تمامی نمونه‌های کیک را کاهش داددرحالی که مقدار حجم مخصوص نمونه‌ی کیک تهیه شده با اولئوژل CW/AA به طور معنی‌داری ($P< 0/05$) بیشتر از مقدار آن در نمونه‌ی تهیه شده با اولئوژل CW بود. بررسی پروفایل بافتی نمونه‌ها نیز نشان داد که جایگزینی 50 درصدی شورتنینگ با اولئوژل ترکیبی واکس کارنوبا-اسید آدیپیکبر خلاف اولئوژل مبتنی بر واکس کارنوبا باعث بهبود پروفایل بافتی کیک مخصوصا سفتی آن می‌گردد. کم‌ترینمیزان عدد پر اکسید ($0/96\pm0/05$ $meqO_2/kg$) در پایان مدت نگه‌داری 90 روز به نمونه‌ی کیک تهیه شده با اولئوژل ترکیبی واکس کارنوبا-اسید آدیپیک تعلق گرفت. بر اساس نتایج حاصل، مقادیر L^*پوسته کیک تهیه شده با اولئوژل CW/AA به طور معنی‌داری ($P < 0/05$) بیشتر از نمونه‌ی تهیه شده با اولئوژل CW بود و مقادیر پارامتر رنگی a^* و b^* در پوسته نمونه‌های کیک با جایگزینی شورتنینگ توسط نمونه‌های اولئوژل به ترتیب روند افزایشی و کاهشی نشان داد. همچنین نمونه‌ی کیک تهیه شده با اولئوژل ترکیبی واکس کارنوبا-اسید آدیپیک نزدیک‌ترین مقبولیت حسی به مقبولیت نمونه‌ی شاهد را نشان داد. به عنوان نتیجه‌گیری کلی می‌توان گفت که کاربرد اولئوژل ترکیبی واکس کارنوبا-اسید آدیپیکبه عنوان جایگزین شورتنینگ در کیک و سایر محصولات نانوایی می‌تواند نوید بخش تولید محصولات غذایی سالم و ایمن باشد.

کلید واژگان: اسید آدیپیک، اولئوژل، واکس کارنوبا، کیک، روغن سویا

* مسئول مکاتبات: mahnaz_tabibiazar@yahoo.com

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-03]

[DOI: 10.52547/fsct.17.103.83]

1- مقدمه

روغن‌های جامد مثل شورتنینگ‌ها در محصولات نانواییمخصوصا کیک به دلیل نقش آن‌ها در بافت، طعم و شکل ظاهری محصولات و همچنین پایداری اکسیداتیو بالای آن‌ها به طور عمده مورد استفاده قرار می‌گیرند [1]. با این حال محتوای بالای اسیدهای چرب اشباع و ترانس در روغن‌های جامد باعث بروز مشکلات سلامتی مثل چاقی، افزایش کلسترولو بیماری‌های قلبی-عروقی در مصرف کنندگان می‌شوند [2 و 3]. به طوری که سازمان جهانی بهداشت (WHO[1]) حداکثر میزان مجاز تامین انرژی از اسیدهای چرب اشباع را 10 درصد گزارش کرده است [4]. بنابراین نیاز ضروری برای یافتن راهکارهای نوین ساختاردهی روغن‌های مایع به منظور تولید روغن‌های جامد با حداقل محتوای اسیدهای چرب اشباع و ترانس وجود دارد [5].در سال‌های اخیر، اولئوژلاسیون به عنوان تکنولوژی جدیدی برای ساختاردهی روغن‌های مایع مورد توجه قرار گرفته است [6]. اولئوژلاسیون به دام انداختن روغن‌های مایع در داخل شبکه سه بعدی و برگشت‌پذیر حرارتی اولئوژل گفته می‌شود، که باعث فراهم شدن خصوصیات جامد مانندی در روغن‌ها بدون تغییر در ترکیب اسیدهای چرب آن‌ها می‌شود [7 و 8]. اولئوژلاتورهای مورد استفاده برای فرآیند اولئوژلاسیون به طور عمده به دو گروه اولئوژلاتورهای لیپیدی (واکس‌های گیاهی، منو و دی گلیسیریدها، الکل‌ها یا استرهای اسیدهای چرب، فسفولیپیدها و فیتوسترول‌ها) و اولئوژلاتورهای بیوپلیمری تقسیم می‌شوند [9]. واکس‌های گیاهی به عنوان الئوژلاتورها به دلیل فراوانی، قابلیت بالای ژله‌ای شدن و ارزانی به طور گسترده‌ای مورد توجه قرار گرفته‌اند [10]. واکس کارنوبا به نام‌های موم برزیلی و موم نخل شناخته شده و از واکس‌های گیاهی طبیعی مشتق شده از برگ‌های درخت نخلبرزیلی می‌باشد [11]. برخلاف سایر موم‌های طبیعی، واکس کارنوبا دارای نقطه ذوب بالا، درجه کریستالیزاسیون بالا و خواص امولسیونی مناسبی می‌باشد. همچنین این واکس گیاهی حاوی گروه‌های منشعب متیل بیشتری بوده و دارای درصد بیشتری از پیوندهای دوتایی و سه تایی از اتم‌های کربن می‌باشد [12]. بنابراین دارای قابلیت اتصال خوبی با روغن‌ها داشته و به راحتی می‌تواند شبکه کریستالی جامد ایجاد کرده و حجم زیادی از روغن را به دام بیندازد و به این ترتیب پایداری اکسیداتیو روغن مایع حاوی اسیدهای چرب غیراشباع را بهبود بخشد [3 و 6]. در سال‌های اخیر مطالعاتی از واکس کارنوبا [13 و 14] و سایر واکس‌های گیاهی [8 و 9] در تهیه اولئوژل‌ها استفاده کرده‌اند. با این حال برای تقویت بعضی از خصوصیات اولئوژل‌های مبتنی بر واکس‌های گیاهی مانند ناحیه ذوب، خصوصیات نوری، رفتار رئولوژیکی و پایداری آن‌ها کاربرد ترکیب ژلاتور دیگری همراه با واکس‌ها پیشنهاد شده است [15 و 16]. آدیپیک اسیدیک دی کربوکسیلیک اسید خطی محلول در آب می‌باشد که شکل ظاهری آن به صورت بلورهای سفید است [17]. اسید آدیپیک به طور طبیعی در چغندر و نیشکر یافت شده و به عنوان افزودنی غذایی به منظور ایجاد طعم ترش، حالت ژلی و بافت سخت استفاده می‌شود [18]. همچنین بر اساس مطالعات گذشته، اسید آدیپیک نقش موثری در هسته زایی و تشکیل کریستال داشته و دارای خواص اتصال دهندگی عرضی نیز می‌باشد [19]. با این حال کاربرداسید آدیپیک برای تهیه اولئوژل‌ها مورد توجه قرار نگرفته واولئوژل‌های ترکیبی مبتنی بر واکس کارنوبابه عنوان جایگزین چربی‌های جامد در فرمولاسیون‌های محصولات غذایی مورد استفاده قرار نگرفته است. در این راستا، هدف از این مطالعه تولید اولئوژل ترکیبیواکس کارنوبا-اسید آدیپیک و کاربرد آن به عنوان جایگزین شورتنینگ در فرمولاسیون کیک می‌باشد.

2- مواد و روش‌ها

2-1- مواد اولیه

واکس کارنوبا، اسید آدیپیک (Tokyo Chemical Industry (TCI)، ژاپن) و روغن سویا (نام تجاری بهار- گروه صنعتی بهشهر) تهیه گردید. مواد خام مورد نیاز برای تهیه کیک نیز از فروشگاه سطح شهر تبریز خریداری شد.

2-2- روش‌ها

2-2-1- تهیه اولئوژل

واکس کارنوبا در دو غلظت 6 و 2 درصد وزنی/وزنی و اسید آدیپیک در دو غلظت 0 و 4 درصد وزنی/وزنی به روغن سویا اضافه شده (غلظت های ذکر شده از طریق انجام پیش‌تیمارها و آزمون‌های مربوطه انتخاب شده)و تا حاصل شدن مخلوط

1.World Health Organization

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-03]

[DOI: 10.52547/fsct.17.103.83]

همگنتحت دمای 150 درجه سانتی‌گراد روی همزن مغناطیسی (مدل IKA، RH basic2، ساخت کشور آلمان) قرار گرفت. سپس به منظور تشکیل ساختار اولئوژل، مخلوط حاصل تا رسیدن به دمای اتاق با سرعت یک درجه سانتی‌گراد در دقیقه توسط حمام آب سرد (مدل JulaboMP-5، Seelbach، ساخت کشور آلمان)، خنک گردید. در نهایت، نمونه‌ها در دمای 4 درجه سانتی‌گراد به مدت 24 ساعت نگه‌داری شد و یک ساعت قبل از استفاده در فرمولاسیون کیک در دمای اتاق قرار گرفت [6].

2-2-2- تهیه کیک

فرمولاسیون مورد استفاده برای تهیه‌ی نمونه‌های کیک شامل آرد کیک (37/5 % وزنی/وزنی)، شکر (20/5 % وزنی/وزنی)، شورتنینگ (1/2 % وزنی/وزنی)، بیکینگ پودر (0/9 % وزنی/وزنی)، نمک (0/05 % وزنی/وزنی)، سفیده تخم مرغ خشک (1/2 % وزنی/وزنی)، شیر خشک بدون چربی (1/85 % وزنی/وزنی) و آب (26 % وزنی/وزنی)بود. در نمونه‌های کیک تهیه شده با اولئوژل، 50 درصد شورتنینگ با نمونه‌های اولئوژل جایگزین شد. ابتدا، شورتنینگ و یا اولئوژل و شکر به مدت 2 دقیقه زده شده و سپس با آب مخلوط گردیدند. سپس، سایر ترکیبات خشک فرمولاسیون و آب به مخلوط اولیه اضافه شده و به مدت 6 دقیقه مخلوط گردیدند. در نهایت، خمیرهای کیک آماده شده در فر با دمای 170 درجه سانتی‌گراد به مدت 30 دقیقه پخته شدند [14].

2-2-3- اندازه‌گیری رطوبت

میزان رطوبت نمونه‌های کیک بر اساس استاندارد AACC، 2000 شماره 16-44 اندازه‌گیری شد. برای این منظور، نمونه‌های کیک 2 ساعت بعد از پخت در آون با دمای 105-100 درجه سانتی‌گراد قرار گرفته و تا رسیدن به وزن ثابت خشک گردیدند [20].

2-2-4- بررسی حجم مخصوص

حجم مخصوص نمونه‌های کیک بر اساس روش جایگزینی حجم با دانه کلزا مطابق استاندارد AACC، 2000 شماره 10 -72 مورد بررسی قرار گرفت. ابتداقطعه‌ای به ابعاد 2 × 2 سانتی‌متر از مرکز هندسی نمونه‌های کیک بریده شده و حجم مخصوص آن تعیین گردید [20].

2-2-5- بررسی میزان تخلخل

از تکنیک پردازش تصویر برای بررسی میزان تخلخل مغز نمونه‌های کیک استفاده شد. ابتدا قطعه‌ای به ابعاد 2 × 2 سانتی‌متر از مغز نمونه‌های کیک تهیه شده و توسط اسکنر با وضوح 600 پیکسل عکس‌برداری شد. تصویر تهیه شده در اختیار نرم افزار Image Jقرار گرفت. جهت تبدیل تصاویر خاکستری به تصاویر دودویی، قسمت دودویی نرم افزار فعال گردید. این تصاویر، مجموعه‌ای از نقاط روشن و تاریک است که محاسبه نسبت نقاط روشن به تاریک به عنوان شاخصی از میزان تخلخل نمونه ها در نظر گرفته می‌شود. این نسبت با با فعال کردن قسمت آنالیز نرم افزار محاسبه و به عنوان درصد تخلخل نمونه‌های کیک گزارش شد [21].

2-2-6- بررسی پروفایل بافتی کیک

پروفایل بافتی(TPA^2) نمونه‌های کیک تولیدی توسط دستگاه آنالیز کننده بافت (مدلTA.XT Plus، Stable Micro Systems Ltd.، ساخت کشور انگلیس)مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور، ابتدا هر یک ازنمونه‌ها با استفاده از یک قالبی به شکل استوانه با ابعاد مشخص(200 میلی‌متر قطر × 20 میلی‌متر ارتفاع) آماده شده و زیر پروب استوانه‌ای دستگاه با قطر 25 میلی‌مترقرارگرفتند. سپس در دو سیکل رفت و برگشتی با سرعت 1میلی‌متر بر ثانیه فشرده شده و سپس فشار زدایی شدند. پارامترهای بررسی شده در این آزمون شامل سفتی، انسجام، فنریت و قبلیت جویدن بود [14].

2-2-7- بررسی پایداری اکسیداتیو

شاخص پراکسید نمونه‌های کیک در طول مدت نگه‌داری 90 روز به منظور بررسی پایداری اکسیداتیو نمونه‌ها مورد بررسی قرار گرفت. اندازه‌گیری شاخص پراکسید بر اساس استاندارد AOCS Cd، شماره 53-8 انجام گرفت [22].

2-2-8- ارزیابی پارامترهای رنگی

بررسی پارامترهای رنگی (L^*، a^* و b^*) پوسته و مغز نمونه‌های کیک بر اساس روش پردازش تصویر انجام گرفت. ابتدا، نمونه‌ها در جعبه مخصوص عکس‌برداری قراردادهشد وتصاویر با استفاده از دوربین عکاسی با زاویه 45 درجه عمودی از بالای پنجره جعبه عکس‌برداری شد، تصاویر با فرمت JPG ذخیره گردیده و مراحل پردازش تصویر با نرم افزار فتوشاپ انجام گرفت. همچنین به منظور رسم منحنی

2.Texture Profile Analyze

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-03]

[DOI: 10.52547/fsct.17.103.83]

استاندارد از کارت‌های استاندارد رنگ نیز با همان شرایط ذکر شده عکس‌برداری شد [23].

2-2-9- ارزیابی حسی

به منظور انجام ارزیابی حسی نمونه‌ها از مقیاس هدونیک10 نقطه‌ای با قضاوت 20 ارزیاب نیمه آموزش دیده استفاده شد. ویژگی‌های حسی بررسی شده شامل بو، طعم، بافت رنگ و پذیرش کلیبود [13].

2-2-10- تجزیه و تحلیل آماری

در مطالعه حاضر ازطرح کاملاً تصادفی در سه تکرار استفاده شد. تحلیل و ارزیابی (ANOVA) با استفاده از مدل خطی (G.L.M) نرم افزار آماری SPSS انجام گرفته و میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال 95% ($P < 0/05$) مورد مقایسه قرار گرفتند.

3- نتایج و بحث

3-1-اندازه‌گیری رطوبت

نتایج حاصل از بررسی رطوبت نمونه‌های کیک در طول مدت نگه‌داری90 روز در نمودار شکل 1 ارائه شده است. مطابق این نتایج، اختلاف معنی‌داری بین مقادیر رطوبت نمونه شاهد و نمونه‌های تهیه شده با اولئوژل مشاهده نشد. میزان رطوبت نمونه شاهد در طول مدت نگه‌داری 90 روز به طور معنی‌داری ($P < 0/05$) کاهش یافته و در آخرین روز بررسی میزان رطوبت آن 16/47±1/92 درصد بود. با این حال، میزان رطوبت نمونه‌های کیک تهیه شده با اولئوژل تغییر معنی‌داری را در طول مدت بررسی نشان ندادند ($P > 0/05$). همچنین اختلاف معنی‌داری نیز بین مقادیر رطوبت نمونه‌های تهیه شده با دو فرمولاسیون متفاوت اولئوژل (CW و CW/AA) در تمام طول مدت بررسی مشاهده نشد($P > 0/05$). رطوبت مواد غذایی بیانگر کیفیت موادغذایی بویژه محصولات نانوایی است و مرطوب بودن یکی از شاخص‌های مطلوب در کیک می‌باشد؛ به طوری که کاهش محتوای رطوبتی کیک، موجب ایجاد بافتی سفت‌تر و خشک‌تر شده، در حالی که حفظ و نگه‌داری آب درکیک باعث نرمی بافت کیک و تعویق بیاتی آن می‌شود [24]. میزان رطوبت محصول غذایی به ظرفیت آن در جذب آب بستگی دارد که ظرفیت جذب آب، توانایی برقراری پیوند با آب تحت شرایط کمبود آب تعریف می‌شود. در این راستا، حفظ میزان رطوبت نمونه‌های کیک تهیه شده با اولئوژل‌ها در طول مدت نگه‌داری می‌توان به قابلیت اولئوژل‌ها در جذب و به دام انداختن مولکول‌های آب در شبکه اولئوژلی مرتبط باشد. بنابراین با توجه به نتایج حاصل می‌توان گفت که جایگزینی شورتنینگ با نمونه‌های اولئوژل از طریق حفظ رطوبت در طول مدت نگه‌داری باعث تعویق بیاتی نمونه‌های کیک خواهد شد.

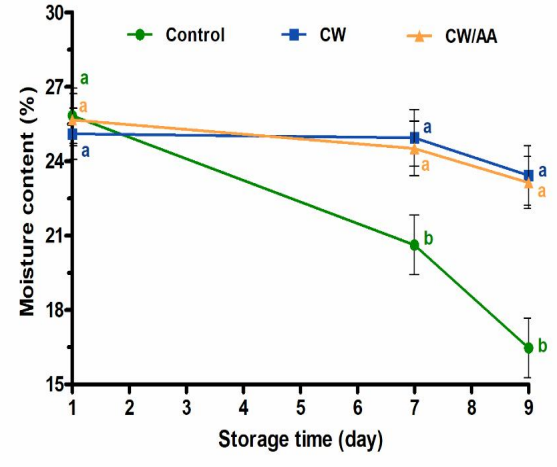

Fig 1 Moisture content of cake samples during 90-day storage. Data are expressed as mean ± standard deviation (n=3) and different letters show significant difference at the 5% level in Duncan's test ($p < 0.05$).CW: carnauba wax and AA: adipic acid.

2-3- بررسی حجم مخصوص

نمودار a شکل 2 نتایج حاصل از اندازه‌گیری حجم مخصوص نمونه‌های کیک را نشان می‌دهد. مقدار حجم مخصوص نمونه‌ی کیک شاهد 2/08±0/45 cm^3/g بود، که مطابق نتایج گزارش شده توسط مطالعات گذشته می‌باشد. با جایگزینی 50 درصد شورتنینگ توسط نمونه‌های اولئوژل مقدار حجم مخصوص نمونه‌های کیک به طور معنی‌داری ($P< 0/05$) کاهش یافت. با این حال مقدار حجم مخصوص نمونه‌ی کیک تهیه شده با اولئوژل CW/AA به طور معنی‌داری ($P< 0/05$) بیشتر از مقدار آن در نمونه‌ی تهیه شده با اولئوژل CW بود.حجم مخصوص کیک به مقدار اولیه هوا در خمیر کیک و ظرفیت حفظ آن طی پخت بستگی دارد [25]. با توجه به این امر، کاهش مقدار حجم مخصوص با افزودن اولئوژل‌ها را می‌توان به افزایش بیش از حد ویسکوزیته نسبت

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-03]
[DOI: 10.52547/fsct.17.103.83]

داد که از ورود حباب‌های هوا به خمیر کیک در طی فرآیند همزدن و همچنین پخش یکنواخت آن‌ها جلوگیری نموده و اندازه خلل و فرج‌ها ریزتر می‌گردد [26]. همچنین با جایگزینی شورتنینگ توسط اولئوژل‌ها اثر حفاظتی کریستال‌های اسیدهای چرب اشباع بر حباب‌های هوا از بین رفته و ظرفیت حفظ هوا در طی فرآیند پخت نیز کاهش می‌یابد [13]. نتایج مشابهی مبنی بر کاهش حجم مخصوص نمونه‌های کیک با جایگزینی شورتنینگ توسط اولئوژل‌های واکس کارنوبا [14]، واکس سبوس برنج، واکس کاندلیلا [26]و واکس زنبور عسل [25] گزارش شده است که در همه این مطالعات کاهش مقدار اولیه هوا و ظرفیت نگه‌داری آن در طی پخت با افزودن اولئوژل‌ها به عنوان دلیل این پدیده ذکر شده است. البته لازم به ذکر است که مقدار حجم مخصوص در نمونه‌ی کیک تهیه شده با اولئوژل CW/AA بیشتر از مقادیر گزارش شده برای نمونه‌های کیک تهیه شده با اولئوژل‌های ذکر شده می‌باشد. این امر اثباتی بر اثر بهبود دهندگی اسید آدیپیک بر روی خصوصیات نامطلوب اولئوژل‌های مبتنی بر واکس‌های گیاهی می‌باشد که پتانسیل کاربرد این نوع اولئوژل‌ها را در فرمولاسیون کیک افزایش می‌دهد.

3-3- بررسی میزان تخلخل

نتایج حاصل از اندازه‌گیری میزان تخلخل نمونه‌های کیک در نمودار bشکل 2ارائه شده است.میزان تخلخل نمونه‌های کیک با جایگزینی 50 درصد شورتنینگ با نمونه‌های اولئول به طور معنی‌داری ($P< 0/05$)کاهش یافت. با این حال، تفاوت معنی‌داری بین مقادیر تخلخل نمونه‌های کیک تهیه شده با اولئوژل‌های CW و CW/AA مشاهده نشد ($P> 0/05$). تخلخل یکی از شاخص‌های مهم ارزیابی بافت محصولات نانوایی مخصوصا کیک بوده و به طور کلی تابعی از تعداد حفرات موجود در مغز بافت این محصولات و همچنین نحوه توزیع و پخش این حفرات می‌باشد [13]. به طوری که هرچه تعداد حفرات و سلول‌های گازی بیشتر بوده و توزیع و پخش آن‌ها یکنواخت‌تر صورت گرفته باشد، میزان تخلخل محصول نهایی بیشتر خواهد بود. با توجه به مطالعات گذشته، کاهش میزان تخلخل نمونه‌های کیک با جایگزینی شورتنینگ با اولئوژل‌ها را می‌توان به دو پدیده نسبت داد: الف) افزایش بیش از حد ویسکوزیته خمیر با افزودن اولئوژل‌ها که باعث اختلال در پذیرش بخشی از حباب‌های هوای ورودی به بافت خمیر کیک در طی فرآیند همزدن و همچنین عدم پخش یکنواخت آن می‌شود [14]؛ ب) حذف اثر محافظتی کریستال‌های اسیدهای چرب اشباع بر حباب‌های هوای مغز بافت کیک با جایگزینی شورتنینگ توسط اولئوژل‌ها [25]. اگر بخواهیم توضیح بیشتری در مورد پدیده‌ی دوم بیان کنیم، در فرمولاسیون عادی کیک کریستال‌های چربی لایه‌ای اطراف حباب‌های هوا ایجاد کرده و باعث حفظ آن‌ها در طول مدت پخت می‌شوند، ولی با جایگزینی شورتنینگ با اولئوژل‌ها این اثر حفاظتی تا حدودی از بین رفته و در نتیجه باعث کاهش میزان تخلخل کیک می‌گردد. در راستای این نتایج، یافته‌های مشابهیمبنی بر کاهش میزان تخلخل بافت کیک با جایگزینی شورتنینگ توسط اولئوژل‌های واکس سبوس برنج، واکس کاندلیلا و واکس زنبور عسل گزارش شده است [26].

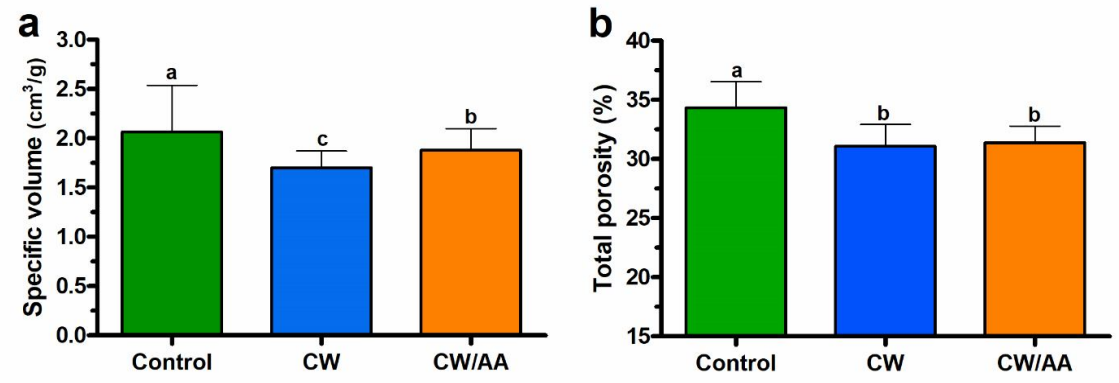

Fig 2 Specific volume (a) andtotal porosity (b)of cake samples. Data are expressed as mean ± standard deviation (n=3) and different letters show significant difference at the 5% level in Duncan's test ($p < 0.05$).CW: carnauba wax and AA: adipic acid.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-03]

[DOI: 10.52547/fsct.17.103.83]

3-4- بررسی پروفایل بافتی کیک

بافت یک مشخصه کیفی بسیار مهم در محصولات نانوایی از جمله کیک بوده و معیاری برای تعیین مدت زمان نگه‌داری محصول می‌باشد. به طوری که در طی نگهداری، حتی تحت شرایطی که از افترطوبت جلوگیری شود، کیک ممکن است تازگی و طراوتخود را از دست داده و سفت شود بخصوص در دمای 15 تا 20 درجه سانتی‌گراد، که این پدیده احتمالا به دلیل رتروگراوداسیون نشاسته، واکنش بین نشاسته و پروتئین و همچنین مهاجرت آب می‌باشد [24]. با توجه به این امر، چربی به عنوان یک ماده موثر در فرمولاسیون کیک، بافت را برای مدت زمان بیشتری نرم نگه داشته واثرات ناشی از سفتی بافت را کاهش می‌دهد [13]. جدول 1 نتایج حاصل از ارزیابی پروفایل بافتی نمونه‌های کیک را نشان می‌دهد. با جایگزینی 50 درصد شورتنینگ با اولئوژل CW میزان سفتی نمونه‌های کیک به طور معنی‌داری ($P < 0/05$)افزایش یافت. نتایج مشابهی با جایگزینی شورتنینگ با اولئوژل‌های واکس کارنوبا [14]، واکس سبوس برنج، واکس کاندلیلا [26] و واکس زنبور عسل [25] در فرمولاسیون کیک گزارش شده است. بر اساس نتایج گزارش شده توسط این مطالعات علت افزایش سفتی نمونه‌های کیک با جایگزینی شورتنینگ توسط اولئوژل‌ها می‌تواند به افزایش تراکم و کاهش تخلخل نمونه‌های کیک مرتبط باشد. با این حال، جایگزینی شورتنینگ با اولئوژل CW/AA میزان سفتی نمونه‌های کیک را کاهش داد. با توجه به این که پارامتر سفتی معیاری برای سنجش میزان بیاتی محصولات نانوایی مثل کیک بوده و سفتی بالا اثر منفی بر مقبولیت محصول دارد [13]؛ بنابراین می‌توان گفت که کاهش میزان سفتی با افزودن اولئوژل CW/AAنشان‌دهنده‌ی اثر بهبود دهندگی این اولئوژل بر خصوصیات بافتی کیک می‌باشد. پارامترهای فنریت و انسجام نمونه‌های کیک با جایگزینی 50 درصد شورتنینگ با نمونه‌های اولئوژل‌ها به ترتیب روند افزایشی و کاهشی نشان دادند. همچنین میزان قابلیت جویدن نمونه‌های کیک با جایگزینی شورتنینگ توسط اولئوژل CW افزایش یافته، ولی با جایگزینی توسط اولئوژل CW/AA تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ($P > 0/05$). قابلیت جویدن محصولات غذایی رابطه‌ی مستقیمی با میزان سفتی آن‌ها دارد [13]، بنابراین نتایج مشاهده شده برای پارامتر قابلیت جویدن می‌تواند به تغییرات حاصل در میزان سفتی نمونه‌های کیک با افزودن اولئوژل‌ها مرتبط باشد.

Table 1 Texture parameters of cake samples.

Chewiness (J)	Cohesiveness	Springiness (mm)	Hardness (N)	Samples
15.13 ± 0.21^{b}	0.6 ± 0.005^{a}	7.14 ± 0.34^{c}	3.48 ± 0.24^{b}	**Control**
23.48 ± 1.32^{a}	0.39 ± 0.01^{c}	7.44 ± 0.1^{c}	6.71 ± 0.23^{a}	**CW**
9.25 ± 0.56^{c}	0.54 ± 0.03^{b}	8.73 ± 0.14^{a}	2.29 ± 0.3^{c}	**CW/AA**

Data are expressed as mean ± standard deviation (n=3) and different letters show significant difference at the 5% level in Duncan's test ($p < 0.05$); CW: carnauba wax and AA: adipic acid.

3-5- بررسی پایداری اکسیداتیو

پایداری اکسیداتیو نمونه‌های کیک با اندازه‌گیری میزان عدد پر اکسید آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج حاصل (شکل 3)، عدد پر اکسید نمونه شاهد در روز اول نگه‌داری$0/86 \pm 0/12$ $meqO_2/kg$ بود و با جایگزینی 50 درصد شورتنینگ با اولئوژل‌ها اختلاف معنی‌داری در مقدار عدد پر اکسید مشاهده نشد ($P >0/05$).همچنین میزان عدد پراکسیددر همه‌ی نمونه‌های کیک در طول مدت نگه‌داری90 روزه روند افزایشی نشان داد، البته میزان افزایش در نمونه‌های کیک تهیه شده با اولئوژل‌ها به طور معنی‌داری کمتر از نمونه‌ی شاهد بود. به طوری که کمترین میزان عدد پر اکسید در پایان مدت نگه‌داری90 روزه مربوط به نمونه‌ی تهیه شده با اولئوژل CW/AA با مقدار $0/96 \pm 0/05$ $meqO_2/kg$ بود. پایداری اکسیداتیو بالای نمونه‌های کیک تهیه شده با اولئوژل‌ها مخصوصا اولئوژل CW/AAرا می توان به شبکه نیمه جامد سخت اولئوژل‌ها نسبت داد، که باعث محافظت روغن سویای به دام اندخته شده در برابر واکنش اکسیداسیون می‌گردد [6]. نتایج مشابهی توسط مطالعات گذشته مبنی بر پایداری اکسیداتیو بالای اولئوژل‌های مبتنی بر واکس کارنوبا به دلیل ساختار نیمه جامدی سخت آن‌ها گزارش شده است [12]. نتایج مطالعه حاضر نشان داد افزودن اسید آدیپیک به اولئوژل

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-03]
[DOI: 10.52547/fsct.17.103.83]

مبتنی بر واکس کارنوبا باعث افزایش اثر محافظتی این نوع اولئوژل‌ها در برابر واکنش اکسیداسیون می‌گردد.

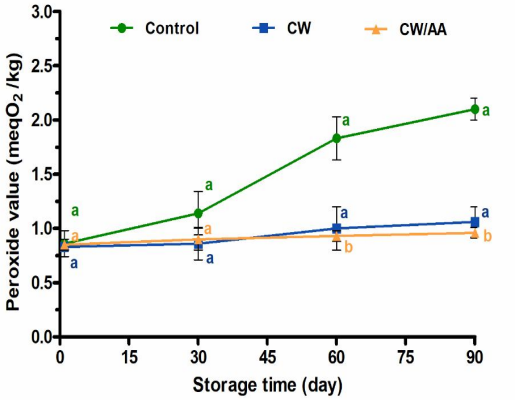

Fig 3 Peroxide value of cake samples during 90-day storage.Data are expressed as mean ± standard deviation (n=3) and different letters show significant difference at the 5% level in Duncan's test ($p < 0.05$).CW: carnauba wax and AA: adipic acid.

3-6- ارزیابی پارامترهای رنگی

نتایج حاصل از ارزیابی پارامترهای رنگی پوسته و مغز نمونه‌های کیک در جدول 2 ارائه شده است. بر اساس نتایج حاصل، میزان پارامتر L^* پوسته نمونه‌های کیک با جایگزینی شورتنینگ با نمونه‌های اولئوژل به طور معنی‌داری ($P < 0/05$) کاهش یافت. با این حال، میزان پارامتر L^* مغز نمونه‌های کیک با جایگزینی شورتنینگ توسط اولئوژل‌های CW و CW/AA به ترتیب کاهش و افزایش یافت. به طوری کلی مقادیر L^* پوسته و مغز نمونه‌ی کیک تهیه شده با اولئوژل CW/AA به طور معنی‌داری ($P < 0/05$) بیشتر از نمونه‌ی تهیه شده با اولئوژل CW بود. این حالت نشان داد که وجود اسید آدیپیک در فرمولاسیون اولئوژل باعث جبران اثر منفی واکس کارنوبا بر پارامتر رنگی L^* کیک می‌شود. در همین راستا، مطالعات قبلی گزارش داده اند که جایگزینی شورتنینگ با واکسکارنوبا [13]، واکس سبوس برنج، واکسکاندلیا [28] و واکس زنبور عسل [26] باعث افزایش مقادیر L^* در نمونه های کیک شد، در حالیکه تفاوت معنی داری در پارامترهای a^* و b^* نمونه کیک مشاهده نشده است. در توجیه این پدیده می‌توان به افزایش میزان کریستالیزاسیون با افزودن اسید آدیپیک به فرمولاسیون اولئوژل اشاره کرد که باعث انتشار بیشتر نور تابشی می‌گردد. مقدار پارامتر رنگی a^*در پوسته نمونه‌های کیک با جایگزینی شورتنینگ توسط نمونه‌های اولئوژل روند افزایشی نشان داد؛ ولی میزان پارامتر a^* مغز نمونه‌های کیک صرفا با افزودن اولئوژل CW روند افزایشی نشان داده و با افزودن اولئوژل CW/AA تغییر معنی‌داری نکرد. همچنین با جایگزینی شورتنینگ توسط نمونه‌های اولئوژل روند کاهشی در مقادیر پارامتر b^* پوسته نمونه‌های کیک مشاهده شده ولی تغییر معنی‌داری در مقادیر b^* مغز نمونه‌های کیک مشاهده نشد. رنگ کیک به عوامل مختلفی از جمله برهمکنش‌ها و یا تغییرات اجزاء، و تغییرات رنگ ایجاد شده طی فرآیند بستگی دارد [13]. به طوری که رطوبت پوسته کیک، شدت واکنش میلارد و وجود ترکیبات رنگی در فرمولاسیون بر رنگ پوسته کیک موثر بوده و ترکیبات موجود در فرمولاسیون کیک، غالبا بر رنگ مغز کیک موثر می‌باشند. در این راستا، افزایش میزان پارامتر a^* پوسته نمونه‌های کیک با افزودن اولئوژل‌ها را می‌توان به وقوع واکنش میلارد نسبت داد.

Table 2. Color parameters of cake samples.

b*	a*	L*	Samples	
29.53 ± 0.31^a	9.54 ± 0.4^b	58.38 ± 0.34^a	**Control**	**Crust**
21.67 ± 0.20^b	15.37 ± 0.38^a	43.07 ± 0.42^c	**CW**	
21.73 ± 0.19^b	15.61 ± 0.19^a	50.36 ± 0.03^b	**CW/AA**	
31.45 ± 0.07^a	-2.15 ± 0.19^b	72.49 ± 0.50^b	**Control**	**Crumb**
31.54 ± 0.16^a	-1.56 ± 0.01^a	65.99 ± 1.73^c	**CW**	
31.25 ± 0.22^a	-2.27 ± 0.19^b	83.68 ± 0.13^a	**CW/AA**	

Data are expressed as mean ± standard deviation (n=3) and different letters show significant difference at the 5% level in Duncan's test ($p < 0.05$); CW: carnauba wax and AA: adipic acid.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-03]

[DOI: 10.52547/fsct.17.103.83]

7-3- ارزیابی حسی

نمودار شکل 4 نتایج حاصل از ارزیابی حسی نمونه‌های کیک را نشان می‌دهد. بر اساس این نتایج، مقبولیت حسی نمونه‌های کیک تهیه شده با اولئوژل‌ها قابل قبول می‌باشد. به طوریکه، نمونه‌ی کیک تهیه شده با اولئوژل CW/AA نزدیک‌ترین مقبولیت حسی برای صفات ارزیابی شده به مقبولیت حسی نمونه شاهد را نشان داد. بنابراین می‌توان گفت کهکاربرد نمونه‌های اولئوژل مخصوصا اولئوژل CW/AA به عنوان جایگزین شورتنینگ در فرمولاسیون کیک اثر منفی معنی‌داری بر پارامترهای حسی کیک ندارد. در راستای این نتایج، در مطالعه‌ای گزارش شده است که جایگزینی شورتنینگ با اولئوژل مبتنی بر واکس کارنوبا اثرات نامطلوبی بر خصوصیات حسی نمونه‌های کیک نداشته و نمونه‌های مذکور دارای پذیرش حسی قابل قبولی بودند [13].

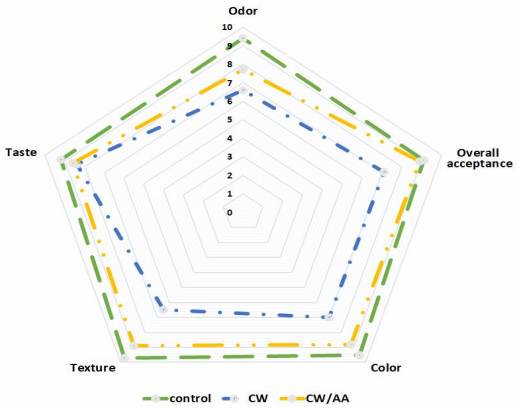

Fig 4 Sensory analyze of cake samples. CW: carnauba wax and AA: adipic acid.

4- نتیجه‌گیری

اولئوژل ترکیبی واکس کارنوبا-اسید آدیپیک با موفقیت تولید شده و به عنوان جایگزین 50 درصدی شورتنینگ در فرمولاسیون کیک مورد استفاده قرار گرفت. نتایج حاصل از ارزیابی میزان رطوبت نمونه‌های کیک نشان داد که جایگزینی شورتنینگ با اولئوژل‌های تولیدی باعث حفظ بهتر رطوبت در طول مدت نگه‌داری می‌گردد. با این حال میزان تخلخل کل نمونه ها کاهش یافت در حالی که مقدار حجم مخصوص نمونه‌ی کیک تهیه شده با اولئوژل CW/AA به طور معنی‌داری ($P < 0/05$) بیشتر از مقدار آن در نمونه‌ی تهیه شده با اولئوژل CW بود. بررسی پروفایل بافتی نمونه‌ها نیز نشان داد جایگزینی شورتنینگ با اولئوژلترکیبی واکس کارنوبا-اسید آدیپیک باعث بهبود پارامترهای بافتی کیک مخصوصا سفتی آن می‌گردد. همچنین پایداری اکسیداتیو نمونه‌های کیک نیز با جایگزینی شورتنینگ توسط اولئوژل‌ها به طور معنی‌داری افزایش یافت. از طرفی دیگر جایگزینی شورتنینگ با اولئوژل ترکیبی واکس کارنوبا-اسید آدیپیک تاثیر نامطلوبی بر مقبولیت حسی آن نداشت. با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش می‌توان گفت که اولئوژل ترکیبی واکس کارنوبا-اسید آدیپیک جایگزین مناسبی برای شورتنینگ‌ها در فرمولاسیون کیک و سایر محصولات نانوایی به منظور تولید محصولات غذایی سالم و با کیفیت مناسب می‌باشد.

5- منابع

[1] Oh, I., Lee, J., Gyu, H., & Lee, S. (2019). Feasibility of hydroxypropyl methylcellulose oleogel as an animal fat replacer for meat patties.Food Research International. 122: 566–572.

[2] Saghafi, Z., Naeli, M. H., Tabibiazar, M., &Zargaraan, A. (2019). Modeling the Rheological Behavior of Chemically Interesterified Blends of Palm Stearin/Canola Oil as a Function of Physicochemical Properties.Journal of the American Oil Chemists' Society. https://doi.org/10.1002/aocs.12272

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

[4] Meng, Z., Qi, K., Guo, Y., Wang, Y., & Liu, Y. (2018a). Effects of thickening agents on the formation and properties of edible oleogels based on hydroxypropyl methyl cellulose. Food Chemistry. 246: 137–149.

[5] Gaudino, N., Mirzaee, S., Clark, S., &Marangoni, A. G. (2019). Development of lecithin and stearic acid based oleogels and oleogel emulsions for edible semisolid applications. Food Research International. 116: 79–89.

[6] Lim, J., Jeong, S., Oh, I. K., & Lee, S. (2017). Evaluation of soybean oil-carnauba wax oleogels as an alternative to high saturated fat frying media for instant fried

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-03]

[DOI: 10.52547/fsct.17.103.83]

chocolate spread. LWT - Food Science and Technology. 86: 523–529.
[16] Pérez-Monterroza, E. J., Márquez-Cardozo, C. J., &Ciro-Velásquez, H. J. (2014). Rheological behavior of avocado (Perseaamericana Mill, cv. Hass) oleogels considering the combined effect of structuring agents. LWT - Food Science and Technology. 59(2): 673–679.
[17]Wohlgemuth, K., Ruether, F., &Schembecker, G. (2010). Sonocrystallization and crystallization with gassing of adipic acid.Chemical Engineering Science. 65(2): 1016–1027.
[18] Falamarzpour, P., Behzad, T., &Zamani, A. (2017). Preparation of Nanocellulose Reinforced Chitosan Films, Cross-Linked by Adipic Acid. International Journal of Molecular Sciences. 18(2): 396.
[19] Raja, R., Vedhavalli, D., Nathan, P. K., &Patra, S. (2017). Growth and Characterization of Adipic Acid Doped Single Crystal. Int J Cur Res Rev. 9(10): 95–98.
[20] AACC. 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 10th Ed., Vol. 2. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN.
[21] Haralick, R.M., Shanmugam, K., and Dinstein, I. (1973). Textural features for image classification. IEEE Transactions of ASAE. 45 (6): 1995-2005.
[22] Zhang, K., Wang, W., Wang, X., Cheng, S., Zhou, J., Wu, Z., & Li, Y. (2019). Fabrication, physicochemical and antibacterial properties of ethyl cellulose-structured cinnamon oil oleogel: a relation of ethyl cellulose viscosity and oleogel performance Running title: The performance of ethyl cellulose-structured cinnamon oil oleo. Journal of the Science of Food and Agriculture. 99(8): 4063–4071.
[23] Amjadi, S., Emaminia, S., Nazari, M., Davudian, S. H., Roufegarinejad, L., &Hamishehkar, H. (2019). Application of Reinforced ZnO Nanoparticle-Incorporated Gelatin Bionanocomposite Film with Chitosan Nanofiber for Packaging of Chicken Fillet and Cheese as Food Models.Food and Bioprocess Technology. 12(7): 1205–1219.
[24] Mert, B., & Demirkesen, I. (2016). Reducing saturated fat with oleogel / shortening blends in a baked product. Food Chemistry. 199: 809–816.
noodles.LWT - Food Science and Technology. 84: 788–794.
[7] Limpimwong, W., Kumrungsee, T., Kato, N., &Yanaka, N. (2017). Rice bran wax oleogel : A potential margarine replacement and its digestibility e ffect in rats fed a high-fat diet. Journal of Functional Foods. 39: 250–256.
[8] Moghtadaei, M., Amir, S., &Goli, H. (2018). Production of sesame oil oleogels based on beeswax and application as partial substitutes of animal fat in beef burger. Food Research International. 108: 368–377.
[9] Wijarnprecha, K., Vries, A. de, Santiwattana, P., Sonwai, S., &Rousseaub, D. (2019). Microstructure and rheology of oleogel-stabilized water-in-oil emulsions containing crystal-stabilized droplets as active fillers.LWT - Food Science and Technology. 115: 108058.
[10] Jang, A., Bae, W., Hwang, H., Gyu, H., & Lee, S. (2015). Evaluation of canola oil oleogels with candelilla wax as an alternative to shortening in baked goods.Food chemistry, 187, 525–529.
[11] Andréa, C., Freitas, S. De, Henrique, P., Sousa, M. De, Soares, D. J., Ytalo, J., Guedes, F. (2019). Carnauba wax uses in food – A review. Food Chemistry. 291: 38–48.
[12] Öğütcü, M., Arifoğlu, N., &Yılmaz, E. (2015b). Storage stability of cod liver oil organogels formed with beeswax and carnauba wax. International Journal of Food Science & Technology. 50(2): 404–412.
[13] Pehlivanoglu, H., Ozulku, G., Yildirim, R. M., Demirci, M., Toker, O. S., &Sagdic, O. (2018). Investigating the usage of unsaturated fatty acid-rich and low- calorie oleogels as a shortening mimetics in cake.Journal of Food Processing and Preservation. 42(6): e13621.
[14] Kim, J. Y., Lim, J., Lee, J., Hwang, H., & Lee, S. (2017). Utilization of Oleogels as a Replacement for Solid Fat in Aerated Baked Goods: Physicochemical, Rheological, and Tomographic Characterization. Journal of Food Science. 82(2): 445–452.
[15] Fayaz, G., Amir, S., Goli, H., Kadivar, M., Valoppi, F., Barba, L., Cristina, M. (2017). Potential application of pomegranate seed oil oleogels based on monoglycerides, beeswax and propolis wax as partial substitutes of palm oil in functional

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-03]
[DOI: 10.52547/fsct.17.103.83]

[26] Demirkesen, I., & Mert, B. (2019). Utilization of Beeswax Oleogel-Shortening Mixtures in Gluten- Free Bakery Products. Journal of the American Oil Chemists' Society. 96(5): 545–554.

[27] Oh, I., Lee, J., Gyu, H., & Lee, S. (2019). Feasibility of hydroxypropyl methylcellulose oleogel as an animal fat replacer for meat patties.Food Research International. 122: 566–572.

[28] Oh, I. K., Amoah, C., Lim, J., Jeong, S., & Lee, S. (2017). Assessing the effectiveness of wax-based sun flower oil oleogels in cakes as a shortening replacer. LWT - Food Science and Technology, 86, 430–437.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-03]

[DOI: 10.52547/fsct.17.103.83]

Assessing the feasibility of carnauba wax/adipic acid oleogel application as a shortening replacer in cakeAbstract

Aliasl Khiabani, A. [1], Tabibiazar, M. [2*], Roufegarinejad, L. [3], Hamishehkar, H. [4], Alizadeh, A. [3]

1. Ph.D Student, Department of Food Science and Technology, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran
2. Associate Professor, Nutrition Research Center and Department of Food Science and Technology, Faculty of Nutrition and Food Science, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran
3. Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran
4. Professor, Drug applied research center, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran

(Received: 2019/12/01 Accepted: 2020/02/16)

The purpose of present study was preparation of the carnauba wax/adipic acid combined oleogeland its application as a replacer of shortening in the cake.As results, the replacement of 50% shortening with carnauba wax/adipic acid oleogelsignificantly ($p < 0.05$) caused to maintain of moisture content of cake samples during storage time. However, the addition of oleogels decreased the values of moisture, specific volume and porosity in the cake samples. The results of texture profile analyses exhibited that the replacement of 50% shortening with carnauba wax/adipic acid oleogelimproved the texture profile of cake especially its hardness.The lowest peroxide value (0.96 ± 0.05 meqO_2/kg) was attributed to the formulated cake bycarnauba wax/adipic acid oleogelat the end of 90-day storage. Additionally, the formulated cake bycarnauba wax/adipic acid oleogel showed nearest sensory acceptance to control sample. In conclusion, the application of carnauba wax/adipic acid combined oleogelas a replacer of shortening in the cake and other bakery productscan provide the great promise for develop healthier and safey food products.

Keywords: Adipic acid, Oleogel, Carnauba wax, Cake, Soybean oil

*Corresponding Author E-Mail Address: mahnaz_tabibiazar@yahoo.com

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-03]

[DOI: 10.52547/fsct.17.103.83]