مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال پانزدهم، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۹، صفحات ۸۰-۷۱

تأثیر جایگزینی شورتنینگ با اتیل سلولز تقویت شده با آدیپیک اسید بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی کیک روغنی

لیلا عدیلی [۱]، لیلا روفه‌گری نژاد [۲]، مهناز طبیبی آذر [۳]، حامد همیشه کار [۴]، آیناز علیزاده [۵]

۱- دانشجوی دکتری تخصصی علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تبریز، تبریز، ایران
۲- نویسنده مسئول: دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تبریز، تبریز، ایران، پست الکترونیکی: l.roufegari@iaut.ac.ir
۳- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده تغذیه و علوم غذایی، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران
۴- دانشیار فارماسیوتیکس مرکز تحقیقات علوم کاربردی دارویی، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران
۵- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تبریز، تبریز، ایران

تاریخ دریافت: ۹۸/۱۰/۱۷ تاریخ پذیرش: ۹۹/۲/۴

چکیده

سابقه و هدف: با توجه به توجه جهانی مبنی بر کاهش میزان دریافت اسیدهای چرب ترانس طی سال‌های اخیر کاربرد اولئوژل‌ها به عنوان جایگزین روغن‌های ساختار یافته توجه ویژه‌ای را به خود جلب کرده است. در این راستا، هدف از مطالعه‌ی حاضر تولید اولئوژل اتیل سلولز تقویت شده با اسید آدیپیک و کاربرد آن به عنوان جایگزین شورتنینگ در کیک می‌باشد.

مواد و روش‌ها: ابتدا نمونه‌های اولئوژل با کاربرد اتیل سلولز در دو غلظت ۶ و ۲ درصد وزنی/وزنی و اسید آدیپیک در دو غلظت ۰ و ۴ درصد وزنی/وزنی تهیه شدند. سپس، اولئوژل‌های تولیدی به عنوان جایگزین ۵۰ درصد شورتنینگ در فرمولاسیون کیک مورد استفاده قرار گرفته و از نظر ویژگی های حسی، بافتی و پایداری به اکسیداسیون بررسی شدند.

یافته‌ها: نتایج حاصل نشان داد که جایگزینی ۵۰ درصد شورتنینگ با اولئوژل ترکیبی اتیل سلولز- اسید آدیپیک بر خلاف اولئوژل مبتنی بر اتیل سلولز باعث بهبود پروفایل بافتی کیک مخصوصاً سفتی آن گردید. میزان رطوبت، حجم مخصوص و تخلخل نمونه‌های کیک با جایگزینی ۵۰ درصد شورتنینگ توسط اولئوژل‌ها به طور معنی‌داری ($P< ۰/۰۵$) کاهش یافتند. همچنین نمونه‌ی کیک تهیه شده با اولئوژل اتیل سلولز- اسید آدیپیک کم‌ترین میزان عدد پر اکسید ($۰/۹۶\pm۰/۰۵$ $meqO_2/kg$) را در پایان مدت نگه‌داری ۹۰ روزه نشان داد. نزدیک‌ترین امتیاز حسی به امتیاز نمونه‌ی شاهد برای صفات حسی بو، طعم، بافت، رنگ و پذیرش کلی نیز به نمونه‌ی کیک تهیه شده با اولئوژل اتیل سلولز- اسید آدیپیک تعلق گرفت.

نتیجه گیری: با توجه به نتایج حاصل، اولئوژل ترکیبی اتیل سلولز- اسید آدیپیک دارای پتانسیل کافی برای کاربرد به عنوان جایگزین شورتنینگ در کیک و سایر محصولات نانوایی به منظور تولید محصولات غذایی سالم و در عین حال با کیفیت بالا می‌باشد.

واژگان کلیدی: اسید آدیپیک، اولئوژل، اتیل سلولز، کیک روغنی

• مقدمه

کیک به عنوان یک محصول غذایی مورد توجه بسیاری از مصرف‌کنندگان می‌باشد (۱). با این حال مصرف زیاد و طولانی مدت کیک به دلیل محتوای بالای اسیدهای چرب اشباع و ترانس در شورتنینگ مورد استفاده در فرمولاسیون کیک باعث بروز مشکلات سلامتی می‌شود (۳، ۲). به طوری که اسیدهای چرب اشباع با تولید کالری زیاد سبب بروز چاقی و بیماری‌های قلبی-عروقی می‌شوند (۴). اسیدهای چرب ترانس نیز باعث افزایش میزان تولید کلسترول می‌شوند (۵). سازمان جهانی بهداشت (WHO) حداکثر میزان مجاز تامین انرژی از اسیدهای چرب اشباع را ۱۰ درصد گزارش کرده است (۶). با این حال حذف یا کاهش میزان شورتنینگ در فرمولاسیون کیک به دلیل نقش آن در بهبود خواص ارگانولپتیک کیک می‌تواند اثرات نامطلوبی در کیفیت محصول نهایی داشته باشد (۷). بنابراین استفاده از اولئوژل‌ها به عنوان جایگزین روغن‌های ساختار یافته

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-06]

مثل شورتنینگ‌ها مورد توجه مطالعات اخیر قرار گرفته است (۸). اولئوژل، یک شبکه ژل مانند از روغن‌های مایع با استفاده از مولکول‌های ژل کننده یا بلوک‌های ساختاری با نام اولئوژلاتور است که می‌تواند خصوصیات رئولوژیکی، ویسکوالاستیسیتی، قابلیت پخش، سفتی و سایر ویژگی‌های مطلوب را در محصولات غذایی بدون حضور مقدار زیادی چربی اشباع ایجاد نماید (۹). اولئوژلاتورهای عمده به دو گروه اولئوژلاتورهای لیپیدی (واکس‌های گیاهی، منو و دی گلیسیرید، الکل‌ها یا استرهای اسیدهای چرب، فسفولیپیدها و فیتوسترول‌ها) و اولئوژلاتورهای بیوپلیمری (اتیل سلولز) تقسیم می‌شوند (۱۰).

اتیل سلولز به دلیل امکان اصلاح بافت به طور گسترده‌ای در تهیه اولئوژل‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد (۴). ژل‌های حاصل سیستم‌های برگشت‌پذیر حرارتی بوده و از دسته ژل‌های فیزیکی می‌باشند (۱۱). کاربرد اتیل سلولز به عنوان اولئوژلاتور در محصولات غذایی اثرات نامطلوبی بر خواص ارگانولپتیکی و محتوای کالری آن‌ها ندارد (۱۲). مطالعات متعددی در مورد تولید اولئوژل‌های مبتنی بر اتیل سلولز انجام گرفته (۱۴، ۱۳)، همچنین این نوع اولئوژل‌ها به عنوان جایگزین چربی در محصولاتی مانند نان (۱۲) و همبرگر (۴) مورد استفاده قرار گرفته است. با وجود مزایای ذکر شده، اولئوژل‌های مبتنی بر اتیل سلولز دارای معایبی از جمله پلاستیسیته و قابلیت جذب بالای آب و هوا در مقایسه با شورتنینگ‌های متداول می‌باشد (۱۵). ترکیب عوامل تقویت کننده ژلاسیون با اتیل سلولز می‌تواند راهکار مؤثری برای رفع این محدودیت‌ها باشد (۵ و ۱۶). آدیپیک اسید یک دی کربوکسیلیک اسید خطی محلول در آب می‌باشد که شکل ظاهری آن به صورت بلورهای سفید است (۱۷). این اسید 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 (۱۸). این اسید نقش مؤثری در هسته زایی و تشکیل کریستال داشته و دارای خواص اتصال دهندگی عرضی نیز می‌باشد (۱۹).

تاکنون در مطالعه‌ای از اسید آدیپیک در تهیه اولئوژل‌ها استفاده نشده و کاربرد اولئوژل‌های ترکیبی مبتنی بر اتیل سلولز در فرمولاسیون‌های محصولات غذایی مورد توجه قرار نگرفته است. بنابراین هدف از این مطالعه تولید اولئوژل مبتنی بر اتیل سلولز تقویت شده با اسید آدیپیک و کاربرد آن به عنوان جایگزین شورتنینگ در فرمولاسیون کیک می‌باشد.

• مواد و روش‌ها

مواد اولیه: اتیل سلولز، اسید آدیپیک (Tokyo Chemical Industry (TCI)، ژاپن) و روغن سویا خالص تهیه گردید. مواد خام مورد نیاز برای تهیه کیک از فروشگاه سطح شهر تبریز خریداری شد.

تهیه اولئوژل: ابتدا اتیل سلولز در دو غلظت ۶ و ۲ درصد وزنی/وزنی و آدیپیک اسید در دو غلظت ۰ و ۴ درصد وزنی/وزنی به روغن سویا اضافه شده (غلظت های ذکر شده از طریق انجام پیش‌تیمارها و آزمون‌های مربوطه انتخاب شد) و مخلوط حاصل تا حل شدن کامل روی همزن مغناطیسی (مدل IKA، RH basic2،ساخت کشور آلمان) تحت دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. سپس مخلوط حاصل به منظور تشکیل ساختار اولئوژل تا رسیدن به دمای اتاق با سرعت ۱درجه سانتی‌گراد بر دقیقه توسط حمام آب سرد (مدل JulaboMP-5، Seelbach، ساخت کشور آلمان)، خنک گردید. در نهایت دو نوع اولئوژل تهیه شده EC6% (تهیه شده با ۶ درصد وزنی/وزنی اتیل سلولز بدون آدیپیک اسید) و EC2%/AA4% (تهیه شده با ۲ درصد وزنی/وزنی اتیل سلولز و ۴ درصد وزنی/وزنی آدیپیک اسید) در یخچال با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت نگه‌داری و یک ساعت قبل از استفاده در فرمولاسیون کیک در دمای اتاق قرار گرفتند (۴).

تهیه کیک روغنی: نمونه‌های کیک بر اساس فرمولاسیون استاندارد که شامل آرد (۳۷/۵ ٪ وزنی/وزنی)، شکر (۲۰/۵٪)، شورتنینگ (۱/۲٪)، بیکینگ پودر (۰/۹٪)، نمک (۰/۰۵٪)، پودر سفیده تخم مرغ (۱/۲٪)، شیر خشک بدون چربی (۱/۸۵٪) و آب (۲۶٪) می‌باشد، تهیه گردید. سه نوع کیک شامل نمونه شاهد (تهیه شده با شورتنینگ تجاری)، نمونه حاوی اولئوژل EC6% و نمونه حاوی اولئوژل EC2%/AA4% تهیه شد. در نمونه‌های کیک تهیه شده با اولئوژل، ۵۰ درصد شورتنینگ با نمونه‌های اولئوژل جایگزین شد. ابتدا، مخلوط شورتنینگ و اولئوژل با شکر به مدت ۲ دقیقه زده شده و با آب مخلوط گردیدند. سپس، دیگر ترکیبات خشک به فرمولاسیون افزوده شد و در نهایت، ۱۰۰ گرم از خمیرهای کیک آماده شده در قالب های کاپ کیک ریخته شده و در فر با دمای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه پخته شدند (۲).

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-06]

بررسی پروفایل بافتی کیک: برای انجام آزمون پروفایل بافت TPA (Texture Profile Analyze) نمونه‌های کیک تولیدی، از دستگاه آنالیز کننده بافت (مدل TA.XT Plus، Stable Micro Systems Ltd.، ساخت کشور انگلیس) استفاده شد. برای انجام آزمون ابتدا هر یک از نمونه‌ها با استفاده از یک قالب، به شکل استوانه با ابعاد مشخص (۲۰۰ میلی‌متر قطر × ۲۰ میلی‌متر ارتفاع) برش خورده و سپس زیر پروب استوانه‌ای دستگاه با قطر ۲۵ میلی‌متر قرار گرفتند. سپس در دو سیکل رفت و برگشتی با سرعت ۱میلی‌متر بر ثانیه فشرده و سپس فشار زدایی شدند. پارامترهای ارزیابی شده در این آزمون شامل سفتی، انسجام، فنریت و قابلیت جویدن بود (۲۰).

اندازه‌گیری رطوبت: این آزمون بر اساس استاندارد AACC، ۲۰۰۰ شماره ۱۶-۴۴ انجام شد. برای این منظور، نمونه‌های کیک ۲ ساعت بعد از پخت در آون با دمای ۱۰۵-۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته و تا رسیدن به وزن ثابت خشک گردیدند (۲۱).

بررسی حجم مخصوص: به منظور اندازه‌گیری حجم مخصوص نمونه‌ها از روش جایگزینی حجم با دانه کلزا مطابق استاندارد AACC، ۲۰۰۰ شماره۱۰-۷۲ استفاده شد. برای این منظور از مرکز هندسی نمونه‌های کیک قطعه‌ای به ابعاد ۲ × ۲ سانتی‌متر بریده شده و حجم مخصوص آن تعیین گردید (۲۱).

بررسی میزان تخلخل: میزان تخلخل مغز نمونه‌های کیک با استفاده از تکنیک پردازش تصویر مورد ارزیابی قرار گرفت. ابتدا قطعه‌ای به ابعاد ۲ × ۲ سانتی‌متر از مغز نمونه‌ها تهیه شده و توسط اسکنر با وضوح ۶۰۰ پیکسل عکس‌برداری شد. تصویر تهیه شده در نرم افزار Image J قرار گرفت. جهت تبدیل تصاویرخاکستری 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 فعال کردن قسمت آنالیز نرم افزار محاسبه و به عنوان درصد تخلخل نمونه‌های کیک گزارش شد (۲۲).

بررسی پایداری اکسیداتیو: پایداری اکسیداتیو نمونه‌های کیک با اندازه‌گیری شاخص پراکسید در طول مدت نگه‌داری ۹۰ روزه مورد ارزیابی قرار گرفت. اندازه‌گیری شاخص پراکسید بر اساس استاندارد AOCS Cd، شماره ۵۳-۸ انجام گرفت (۲۳).

ارزیابی پارامترهای رنگی: از روش پردازش تصویر برای ارزیابی پارامترهای رنگی (L^*، a^* و b^*) پوسته و مغز نمونه‌های کیک استفاده شد. برای این منظور، نمونه‌ها در جعبه مخصوص عکس‌برداری قرارداده شد و تصاویر با استفاده از دوربین عکاسی با زاویه ۴۵ 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 استاندارد از کارت‌های استاندارد رنگ نیز با همان شرایط ذکر شده عکس‌برداری شد (۲۴).

ارزیابی حسی: ارزیابی حسی با قضاوت۲۰ ارزیاب نیمه آموزش دیده انجام گرفت. به منظور ارزیابی نمونه‌ها از آزمون ترجیحی بر مبنای نمره دهی (مقیاس نمره دهی از یک تا ۱۰) استفاده شده و پنج صفت حسی شامل بو، طعم، بافت، رنگ و پذیرش کلی مورد ارزیابی قرارگرفت (۱).

تجزیه و تحلیل آماری: تمامی آزمون‌ها در سه تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شدند. تحلیل و ارزیابی (ANOVA) با استفاده از مدل خطی (G.L.M) نرم افزار آماری SPSS و آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۹۵٪ برای تأیید وجود اختلاف بین میانگین‌ها انجام گرفت.

• یافته‌ها

بررسی پروفایل بافتی کیک: نتایج حاصل از بررسی پروفایل بافتی نمونه‌های کیک در جدول ۱ نشان داده شده است. بر اساس این نتایج، میزان سفتی نمونه‌های کیک با جایگزینی ۵۰ درصد شورتنینگ با اولئوژل EC6% به طور معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) افزایش یافت. با این حال، میزان سفتی کیک با جایگزینی شورتنینگ توسط اولئوژل EC2%/AA4% به طور معنی‌داری کاهش یافت. همچنین یک روند افزایشی در میزان فنریت نمونه‌های کیک با جایگزینی ۵۰ درصد شورتنینگ با نمونه‌های اولئوژل مشاهده شد. میزان فنریت در نمونه‌ی کیک تهیه شده با اولئوژل EC2%/AA4% پایین‌تر از مقدار آن در نمونه‌ی تهیه شده با اولئوژل EC6% بود. اما، تفاوت معنی‌داری در میزان انسجام نمونه‌های کیک با جایگزینی شورتنینگ توسط اولئوژل‌ها مشاهده نشد. علاوه بر این، میزان قابلیت جویدن نمونه‌های کیک با جایگزینی شورتنینگ توسط اولئوژل EC6% افزایش یافته، ولی با جایگزینی توسط اولئوژل EC2%/AA4% تفاوت معنی‌داری نشان نداد ($p>۰/۰۵$).

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-06]

جدول ۱. نتایج ارزیابی پروفایل بافتی نمونه‌های کیک

نمونه‌های کیک	سفتی (N)	فنریت (mm)	انسجام	قابلیت جویدن (J)
شاهد	۳/۴۸±۰/۲۴^{b}	۷/۱۴±۰/۳۴^{c}	۰/۶۰±۰/۰۰۵^{a}	۱۵/۱۳±۰/۲۱^{b}
EC6%	۴/۲۹±۰/۰۷^{a}	۸/۷۹±۰/۳۶^{a}	۰/۵۹±۰/۰۶^{a}	۲۱/۹۱±۳/۰۷^{a}
EC2%/AA4%	۲/۶۸±۰/۰۰۵^{c}	۷/۹۰±۰/۷۱^{b}	۰/۶۴±۰/۰۵^{a}	۱۳/۳۹±۰/۰۹^{b}

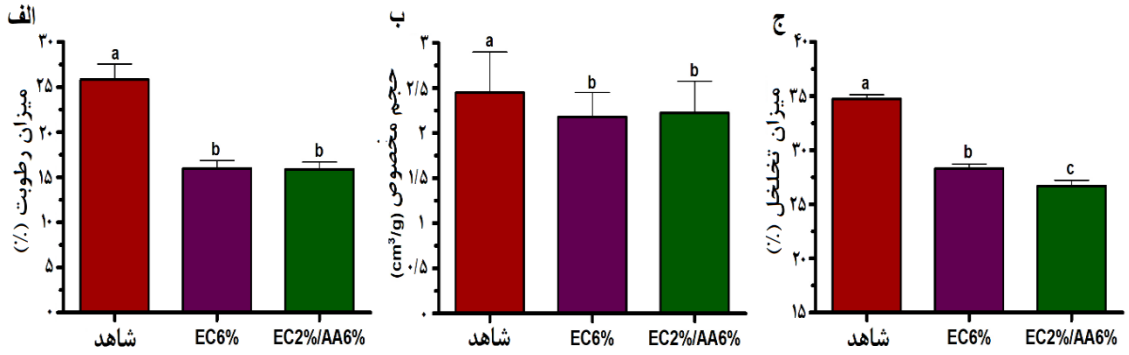
حروف متفاوت نشان دهنده‌ی وجود اختلاف معنی‌دار درسطح اطمینان ۵ درصد آزمون دانکن؛ EC: اتیل سلولز، AA: اسید آدیپیک

اندازه‌گیری رطوبت: نتایج حاصل از اندازه‌گیری میزان رطوبت نمونه‌های کیک در نمودار الف شکل ۱ نشان داده شده است. بر اساس این نتایج، میزان رطوبت نمونه‌های کیک با جایگزینی ۵۰ درصد شورتنینگ با اولئوژل‌ها به طور معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) کاهش یافت. با این حال تفاوت معنی‌داری بین مقادیر رطوبت نمونه‌های کیک تهیه شده با اولئوژل‌ها مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$).

بررسی حجم مخصوص: مقادیر اندازه‌گیری شده حجم مخصوص نمونه‌های کیک در نمودار ب شکل ۱ نشان داده شده است. بر اساس این نتایج، مقدار حجم مخصوص نمونه‌ی کیک شاهد $۲/۴۵±۰/۴۵ cm^3/g$ بود. جایگزینی ۵۰ درصد شورتنینگ با نمونه‌های اولئوژل به طور معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) مقادیر حجم مخصوص نمونه‌های کیک را کاهش داد. ولی اختلاف معنی‌داری بین مقادیر حجم مخصوص نمونه‌های کیک تهیه شده با اولئوژل‌های مختلف مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$).

بررسی میزان تخلخل: نتایج حاصل از بررسی میزان تخلخل نمونه‌های کیک در نمودار ج شکل ۱ نشان داده شده است. مطابق این نتایج، میزان تخلخل نمونه شاهد ۳۴/۷۵±۰/۳۸ درصد بود، که این مقدار با جایگزینی ۵۰ درصد شورتنینگ با اولئوژل‌های EC6% و EC2%/AA4% به ترتیب به مقادیر ۲۸/۳۲±۰/۴۱ و ۲۶/۷۱±۰/۵۳ درصد کاهش یافت.

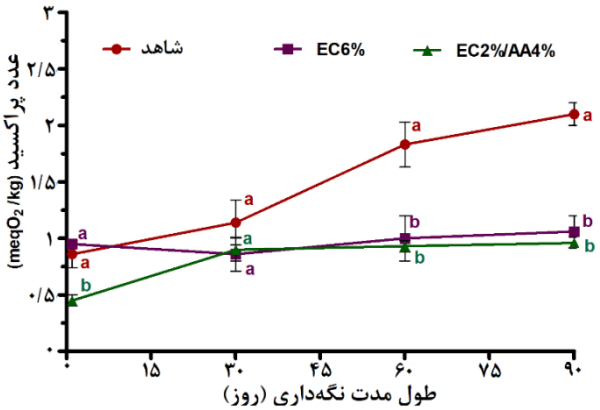
بررسی پایداری اکسداتیو: نتایج حاصل از عدد پراکسید نمونه ها درطول مدت نگهداری ۹۰ روز در نمودار شکل۲ نشان داده شده است. عدد پر اکسید نمونه‌ی شاهد در روز اول نگه‌داری $۰/۸۶±۰/۱۲ meqO_2/kg$ بود. با جایگزینی ۵۰ درصد شورتنینگ توسط اولئوژل EC6% اختلاف معنی‌داری در میزان عدد پراکسید در روز اول نگه‌داری مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$). با این حال جایگزینی ۵۰ درصد شورتنینگ با اولئوژل EC2%/AA4% باعث کاهش معنی‌دار ($p<۰/۰۵$) عدد پر اکسید در روز اول گردید، که مقدار آن $۰/۴۵±۰/۰۵ meqO_2/kg$ بود. میزان عدد پراکسید همه‌ی نمونه‌های کیک در طول مدت نگه‌داری ۹۰ روزه روند افزایشی نشان دادند، که البته این 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 نگه‌داری ۹۰ روزه مربوط به نمونه‌ی تهیه شده با اولئوژل EC2%/AA4% با مقدار $۰/۹۶±۰/۰۵ meqO_2/kg$ بود.



شکل ۱. مقادیر رطوبت (الف)، حجم مخصوص (ب) و تخلخل (ج) نمونه‌های کیک.

حروف متفاوت نشان‌دهنده‌ی وجود اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۵ درصد آزمون دانکن ؛EC: اتیل سلولز، AA: اسید آدیپیک

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-06]

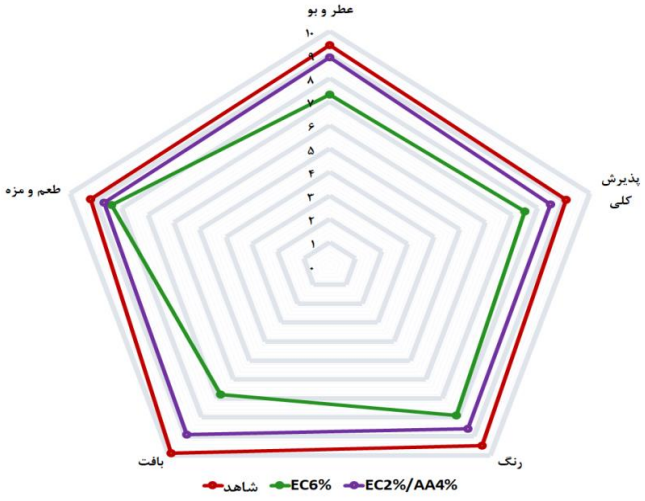


شکل ۲. میزان عدد پراکسید نمونه‌های کیک در طول مدت نگه‌داری ۹۰ روز

حروف متفاوت نشان‌دهنده‌ی وجود اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۵ درصدآزمون دانکن ؛EC: اتیل سلولز، AA: اسید آدیپیک

ارزیابی پارامترهای رنگی: جدول ۲ نتایج حاصل از ارزیابی پارامترهای رنگی پوسته و مغز نمونه‌های کیک را نشان می‌دهد. با جایگزینی ۵۰ درصد شورتنینگ توسط نمونه‌های اولئوژل میزان پارامتر رنگی L^* پوسته و مغز نمونه‌های کیک به ترتیب روند کاهشی و افزایشی نشان داد. کم‌ترین میزان L^* پوسته و بیشترین میزان L^* مغز به نمونه‌ی تهیه شده با اولئوژل EC2%/AA4% تعلق گرفت. همچنین مقادیر پارامترهای a^* و b^* پوسته و مغز نمونه‌های کیک با جایگزینی شورتنینگ با نمونه‌های اولئوژل به ترتیب روند افزایشی و کاهشی نشان دادند. ولی اختلاف معنی‌داری بین مقادیر پارامترهای a^* و b^* نمونه‌های تهیه شده با اولئوژل‌ها مشاهده نشد.

ارزیابی حسی: نتایج حاصل از ارزیابی حسی نمونه‌های کیک در نمودار شکل ۳ ارائه شده است. نتایج حاصل نشان داد که خصوصیات حسی نمونه‌های کیک تهیه شده با اولئوژل‌ها قابل قبول هستند. به طوری که، نزدیک‌ترین مقبولیت حسی برای صفات ارزیابی شده به مقبولیت حسی نمونه شاهد مربوط به نمونه‌ی کیک تهیه شده با اولئوژل EC2%/AA4% بود.



شکل ۳. نتایج ارزیابی حسی نمونه‌های کیک.EC: اتیل سلولز، AA: اسید آدیپیک

جدول ۲. پارامترهای رنگی نمونه‌های کیک

	نمونه‌های کیک	L^*	a^*	b^*
پوسته	شاهد	۵۸/۴۶±۰/۴۱^a	۹/۲۳±۰/۲۳^b	۲۹/۷۶±۰/۲۳^a
	EC6%	۴۸/۲۳±۰/۳۷^b	۱۵/۶۲±۰/۵^a	۲۲/۴۸±۰/۲۹^b
	EC2%/AA4%	۴۵/۲۳±۰/۳۷^c	۱۵/۶۲±۰/۵^a	۲۲/۷۰±۱/۴۷^b
مغز	شاهد	۷۲/۲۸±۰/۱۷^c	-۲/۱۵±۰/۰۱^a	۳۰/۵۰±۰/۳۰^a
	EC6%	۷۵/۱۳±۰/۱۴^b	-۰/۶۲±۰/۰۶^b	۲۷/۵۴±۳/۴۷^b
	EC2%/AA4%	۸۸/۷۶±۰/۳۲^a	-۰/۵۱±۰/۲۱^b	۲۵/۳۸±۰/۵۳^b

حروف متفاوت نشان‌دهنده‌ی وجود اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۵ درصد آزمون دانکن؛ EC: اتیل سلولز، AA: اسید آدیپیک

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-06]

• بحث

بررسی پروفایل بافتی کیک: سفتی بافت به عنوان یک شاخص بیات شدن در محصولات نانوایی بوده و با پذیرش مصرف کننده رابطه غیر مستقیمی دارد (۱). این شاخص با حجم مخصوص کیک مرتبط است به طوری که هر چه میزان حباب های هوای وارد شده به خمیر بیشتر باشد، می توان انتظار پایین بودن حجم مخصوص و کاهش سفتی را داشت (۲۰). محققان کاهش توانایی حفظ حباب های هوا و در نتیجه افزایش سختی در کیک های تهیه شده با اولئوژل را بیان کرده اند (۳). همچنین به افزایش میزان سفتی با جایگزینی شورتنینگ با اولئوژل‌های واکس کارنوبا (۲۰)، واکس کاندلیلا (۲) و واکس زنبور عسل (۳) اشاره شده است. اما با توجه به این که آدیپیک اسید با دارا بودن دو عامل کربوکسیلیک اسید می تواند به عنوان یک اتصال دهنده عرضی قوی عمل کند به نظر می رسد استفاده از آن در تهیه اولئوژل نیز توانسته است ساختار سه بعدی همراه با اتیل سلولز ایجاد نماید که قادر به حفظ بالای حباب های گاز در خمیر بوده و به کاهش سفتی در مقایسه با کیک تهیه شده توسط اولئوژل اتیل سلولز بیانجامد. بنابراین اثر کاهشی اولئوژل تهیه شده با ترکیب اتیل سلولز و آدیپیک اسید بر میزان سفتی نمونه‌های کیک نشان دهنده‌ی اثر بهبود دهندگی آدیپیک اسید بر پروفایل بافتی کیک می‌باشد. میزان فنریت نمونه ها با جایگزینی اولئوژل در فرمول کیک، افزایش نشان داد که این مسئله می تواند در ارتباط با حضور کریستال های اضافی در شورتنینگ ها باشد که از اتصالات عرضی در شبکه گلوتن ممانعت می کنند. در صورتی که در خمیرهای تهیه شده با اولئوژل مقادیر اتصالات عرضی پروتئین ها در خمیر بالا می باشد که منتهی به افزایش فنریت می شود (۳). همچنین در راستای نتایج پارامتر انسجام، مطالعات گذشته گزارش کرده‌اند که افزودن اولئوژل تأثیری بر میزان انسجام کیک ندارد (۲۰، ۱). از سویی دیگر با توجه به این که زمان و نیروی لازم برای جویدن محصولات غذایی رابطه‌ی مستقیمی با میزان سفتی آن‌ها دارد (۱). بنابراین، نتایج مشاهده شده برای پارامتر قابلیت جویدن می‌تواند به تغییرات حاصل در میزان سفتی نمونه‌های کیک با افزودن اولئوژل‌ها مرتبط باشد.

اندازه‌گیری رطوبت: مرطوب بودن یکی از شاخص‌های مطلوب در محصولات نانوایی از جمله کیک می‌باشد که در نهایت موجب نرم شدن کیک می‌شود (۲۵). پروتئین آرد گندم قابلیت اتصال بالایی با آب دارد، اما به دلیل اتصال گروه های هیدروکسیل آزاد اتیل سلولز به پروتئین آرد و ایجاد اتصالات بین مولکولی با آن، از قابلیت اتصال پروتئین آرد با آب ممانعت نموده و در نتیجه باعث کاهش رطوبت محصول نهایی می‌گردد (۱۴، ۴).

بررسی حجم مخصوص: حجم مخصوص کیک را می‌توان به عنوان شاخصی برای ارزیابی مقدار هوای تثبیت شده در کیک در نظر گرفت. (۳). در این راستا، فاکتورهای متعددی از جمله ویسکوزیته خمیر، نسبت آمیلوز به آمیلوپکتین، حضور ترکیبات فعال سطحی و تجمع پروتئین‌ها در اثر حرارت بر میزان حجم مخصوص کیک مؤثر می‌باشد (۲). با توجه به این که اولئوژل‌های تولیدی حاوی اتیل سلولز به عنوان یک ترکیب هیدورکلوئیدی می‌باشد، افزودن این اولئوژل‌ها به کیک باعث افزایش بیش از حد ویسکوزیته می‌شود. ویسکوزیته بالاتر، ظرفیت پذیرش گاز در حین هم زدن خمیر را کاهش می‌دهد. همچنین ظرفیت حفظ حباب‌های هوا با حذف نقش حفاظتی اسیدهای چرب اشباع به دلیل جایگزینی شورتنینگ با اولئوژل‌ها کاهش می‌یابد. بنابراین این دو عامل ذکر شده باعث کاهش حجم مخصوص نمونه‌های کیک حاوی اولئوژل می‌گردد. مطابق این نتایج، Pehlivanoglu و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که جایگزینی شورتنینگ با اولئوژل باعث کاهش حجم مخصوص نمونه‌های کیک به دلیل کاهش ظرفیت حفظ هوا شده است (۱).

بررسی میزان تخلخل: تخلخل یکی از پارامترهای مهم بافت محصولات نانوایی بوده و اشاره به ساختار منافذ مغز محصولات غذایی دارد (۱). به طورکلی میزان تخلخل تحت تأثیر تعداد حفرات موجود در مغز بافت کیک و همچنین نحوه توزیع و پخش این حفرات می‌باشد. به طوری که هر چه تعداد حفرات و سلول‌های گازی بیشتر بوده و توزیع و پخش آن‌ها یکنواخت‌تر صورت گرفته باشد، میزان تخلخل محصول نهایی بیشترخواهد بود (۲، ۱). میزان تخلخل رابطه‌ی مستقیمی با میزان حجم مخصوص محصول دارد. با توجه به مطالب ذکر شده، کاهش میزان تخلخل نمونه‌های کیک با افزودن اولئوژل‌ها می‌توان به دلیل افزایش بیش از حد ویسکوزیته باشد که در نتیجه آن بافت خمیر کیک جهت پذیرش بخشی از حباب‌های هوای ورودی در طی فرآیند همزدن و همچنین پخش یکنواخت آن دچار اختلال شده و به موجب آن میزان

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-06]

تخلخل محصول نهایی کاهش یافته است. علاوه بر این پدیده، Demirkesenو همکاران (۲۰۱۹) اثر کاهشی جایگزینی شورتنینگ با اولئوژل بر میزان تخلخل کیک را به حذف اثر محافظتی کریستال‌های اسیدهای چرب اشباع بر حباب‌های هوای مغز بافت کیک نسبت داده‌اند (۳)؛ به طوری که 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 باعث کاهش میزان تخلخل کیک می‌گردد. همچنین مطالعات دیگری نیز یافته‌های مشابهی مبنی بر کاهش میزان تخلخل بافت کیک با جایگزینی شورتنینگ توسط اولئوژل‌های واکس سبوس برنج، واکس کاندلیلا و واکس زنبور عسل گزارش کرده‌اند (۲).

بررسی پایداری اکسیداتیو: پایداری اکسیداتیو بالای نمونه‌های کیک تهیه شده با اولئوژل‌ها مخصوصا اولئوژل ترکیبی اتیل سلولز/آدیپیک اسید را می توان با پدیده‌ی به دام افتادن روغن سویا در شبکه کریستالی اولئوژل‌ها و شکل‌گیری شبکه شبه جامد سخت توجیه کرد، که باعث محدودیت واکنش اکسیداسیون می‌گردد (۵). در این راستا، Oh و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کرده‌اند که اولئوژل‌های مبتنی بر هیدورکلوئیدها به دلیل بافت سفت‌تر و محدودیت تحرک روغن در این شبکه، دارای پایداری اکسیداتیو بالایی می‌باشند و اولئوژل‌های بر پایه استرهای سلولز به طور معنی‌داری میزان اکسیداسیون روغن سویا را کاهش می‌دهند (۲۶).

ارزیابی پارامترهای رنگی: خصوصیات رنگی محصولات غذایی تأثیر مهمی بر مقبولیت و مشتری پسندی آن‌ها دارند. تاکنون مطالعه‌ای در زمینه کاربرد اولئوژل‌های مبتنی بر اتیل سلولز در فرمولاسیون کیک انجام نگرفته است، ولی اولئوژل‌های مبتنی بر واکس‌های گیاهی در فرمولاسیون کیک استفاده شده‌اند. در این راستا، مطالعات گذشته گزارش کرده‌اند که جایگزینی شورتنینگ با اولئوژل‌های واکس کارنوبا (۱)، واکس کاندلیلا (۲) و واکس زنبور عسل (۳) باعث افزایش مقادیر L^* و کاهش مقادیر a^* و b^* پوسته و مغز نمونه‌های کیک شده است. تفاوت بین نتایج مشاهده شده در مطالعه حاضر و نتایج گزارش شده توسط مطالعات گذشته می‌تواند به محتوای بالای گروه‌های آلدهیدی و کربونیلی در اتیل سلولز در مقایسه با واکس‌های گیاهی مرتبط باشد، که منجر به بروز واکنش میلارد بین این گروه‌ها و گروه‌های آمینی پروتئین‌ها شده در نتیجه باعث کاهش میزان L^* پوسته و افزایش میزان a^* نمونه‌های کیک می‌گردد. همچنین میزان بالای پارامتر L^*مغز نمونه کیک تهیه شده با اولئوژل ترکیبی اتیل سلولز/آدیپیک اسید را می‌توان با افزایش میزان کریستالیزاسیون با افزودن اسید آدیپیک به فرمولاسیون اولئوژل توجیه کرد که باعث افزایش انکسار نور تابشی و روشنایی بیشتر اولئوژل تولیدی می‌گردد.

ارزیابی حسی: نتایج حاصل از این ارزیابی نشان داد که جایگزینی شورتنینگ با نمونه‌های اولئوژل مخصوصا اولئوژل ترکیبی اتیل سلولز/آدیپیک اسید تأثیر منفی معنی‌داری بر پارامترهای حسی کیک ندارد. نتایج مشابهی توسط Pehlivanoglu و همکاران (۲۰۱۸) گزارش شده است که براساس آن جایگزینی شورتنینگ با اولئوژل مبتنی بر واکس کارنوبا در فرمولاسیون کیک تأثیر نامطلوبی بر خصوصیات حسی نمونه‌ها نداشت (۱).

نتیجه گیری

نتایج حاصل نشان داد که جایگزینی ۵۰ درصد شورتنینگ با اولئوژل ترکیبی اتیل سلولز/ آدیپیک اسید باعث بهبود پروفایل بافتی کیک مخصوصاً سفتی آن گردید. میزان رطوبت، حجم مخصوص و تخلخل نمونه‌های کیک با جایگزینی ۵۰ درصد شورتنینگ توسط اولئوژل‌ها به طور معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) کاهش یافتند. همچنین نمونه‌ی کیک تهیه شده با اولئوژل اتیل سلولز/ آدیپیک اسید کم‌ترین میزان عدد پر اکسید را در پایان مدت نگه‌داری ۹۰ روزه نشان داد. نزدیک‌ترین امتیاز حسی به امتیاز نمونه‌ی شاهد برای صفات حسی بو، طعم، بافت، رنگ و پذیرش کلی نیز به نمونه‌ی کیک تهیه شده با اولئوژل ترکیبی اتیل سلولز/ آدیپیک اسید تعلق گرفت. با توجه به نتایج حاصل از کل آزمون‌های انجام گرفته می‌توان گفت که اولئوژل ترکیبی اتیل سلولز/ آدیپیک اسید گزینه‌ی مناسبی برای کاربرد در کیک و سایر محصولات نانوایی به عنوان جایگزین شورتنینگ می‌باشد، که امید بخش تولید محصولات غذایی سالم و در عین حال با کیفیت بالا می‌باشد.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-06]

References

1. Pehlivanoglu H, Ozulku G, Yildirim RM, Demirci M, Toker OS, & Sagdic O. Investigating the usage of unsaturated fatty acid-rich and low- calorie oleogels as a shortening mimetics in cake.Journal of Food Processing and Preservation 2018;42(6): 346-352.

2. Oh IK, Amoah C, Lim J, Jeong S, & Lee S. Assessing the effectiveness of wax-based sun flower oil oleogels in cakes as a shortening replacer.LWT - Food Science and Technology 2017; 86: 430–437.

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

4. Gómez-estaca J, Herrero AM, Herranz B, Álvarez MD, Jiménez-colmenero F, & Cofrades S. (2019). Characterization of ethyl cellulose and beeswax oleogels and their suitability as fat replacers in healthier lipid pâtés development.Food Hydrocolloids 2019; 87: 960–969.

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

6. Da Silva TLT, Chaves KF, Fernandes GD, Rodrigues JB, Bolini HMA, & Arellano DB. Sensory and Technological Evaluation of Margarines with Reduced Saturated Fatty Acid Contents Using Oleogel Technology. Journal of the American Oil Chemists' Society 2018; 95(6): 673–685.

7. Wijarnprecha K, Vries Ade, Santiwattana P, Sonwai S, & Rousseaub D. Microstructure and rheology of oleogel-stabilized water-in-oil emulsions containing crystal-stabilized droplets as active fillers.LWT - Food Science and Technology 2019; 115: 108058.

8. Fayaz G, Amir S, Goli H, Kadivar M, Valoppi F, Barba L, Cristina M. Potential application of pomegranate seed oil oleogels based on monoglycerides, beeswax and propolis wax as partial substitutes of palm oil in functional chocolate spread. LWT - Food Science and Technology 2017; 86: 523–529.

9. Lim J, Jeong S, Oh IK, & Lee S. Evaluation of soybean oil-carnauba wax oleogels as an alternative to high saturated fat frying media for instant fried noodles.LWT - Food Science and Technology 2017; 84: 788–794.

10. Wijarnprecha K, Aryusuk K, Santiwattana P, Sonwai S, & Dérick R. Structure and rheology of oleogels made from rice bran wax and rice bran oil. Food Research International 2018;112: 199–208.

11. Gravelle AJ, Barbut S, Quinton M, & Marangoni AG. Towards the development of a predictive model of the formulation-dependent mechanical behaviour of edible oil-based ethylcellulose oleogels.Journal of Food Engineering 2014; 143: 114–122.

12. Ye X, Li P, Lo YM, & Fu H. Development of Novel Shortenings Structured by Ethylcellulose Oleogels.Journal of Food Science 2019; 84(6): 1456–1464.

13. Davidovich-pinhas M, Barbut S, & Marangoni AG. The role of surfactants on ethylcellulose oleogel structure and mechanical properties.Carbohydrate Polymers 2015; 127: 355–362.

14. Gravelle AJ, Zetzl AK, Barbut S, & Marangoni AG. Influence of solvent quality on the mechanical strength of ethylcellulose oleogels. Carbohydrate Polymers 2016; 135: 169–179.

15. Singh A, Auzanneau F, & Rogers MA. Advances in edible oleogel technologies – A decade in review.Food Research International 2017; 97: 307–317.

16. Lee MC, Tan C, & Abbaspourrad A. Combination of internal structuring and external coating in an oleogel-based delivery system for fi sh oil stabilization. Food Chemistry 2019; 277: 213–221.

17. Wohlgemuth K, Ruether F, & Schembecker G. Sonocrystallization and crystallization with gassing of adipic acid.Chemical Engineering Science 2010; 65(2): 1016–1027.

18. Falamarzpour P, Behzad T, & Zamani A. Preparation of Nanocellulose Reinforced Chitosan Films, Cross-Linked by Adipic Acid. International Journal of Molecular Sciences 2017; 18(2): 396-420.

19. Raja R, Vedhavalli D, Nathan PK, & Patra S. Growth and Characterization of Adipic Acid Doped Single Crystal. Int J Cur Res Rev 2017; 9(10): 95–98.

20. Kim JY, Lim J, Lee J, Hwang H, & Lee S. Utilization of Oleogels as a Replacement for Solid Fat in Aerated Baked Goods: Physicochemical, Rheological, and Tomographic Characterization. Journal of Food Science 2017; 82(2): 445–452.

21. AACC. Approved Methods. 10th Ed. Minnesot: American Association of Cereal Chemists; 2000.

22. Haralick RM, Shanmugam K, and Dinstein I. Textural features for image classification. IEEE Transactions of ASAE 1973; 45 (6): 1995-2005.

23. Zhang K, Wang W, Wang X, Cheng S, Zhou J, Wu Z, & Li Y. 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 2019; 99(8): 4063–4071.

24. Amjadi S, Emaminia S, Nazari M, Davudian SH, Roufegarinejad L, & Hamishehkar H. Application of Reinforced ZnO Nanoparticle-Incorporated Gelatin Bionanocomposite Film with Chitosan Nanofiber for Packaging of Chicken Fillet and Cheese as Food

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-06]

Models.Food and Bioprocess Technology 2019; 12(7): 1205–1219.

25. Mert B, & Demirkesen I.Reducing saturated fat with oleogel / shortening blends in a baked product. Food Chemistry 2016; 199: 809–816.

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

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-06]

Effects of Shortening Replacement with Reinforced Ethyl Cellulose-Based Oleogels with Adipic Acid on Physicochemical and Sensory Characteristics of Cakes

Adili L[1], Roufegarinejad L[2], Tabibiazar M[3] , Hamishehkar H[4], Alizadeh A[5]*

1- PhD, Department of Food Science and Technology, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran

*2- *Corresponding author: Associated Prof, Dept. of Food Science and Technology, Islamic Azad University, Tabriz Branch,Tabriz, Iran, Email: l.roufegari@iaut.ac.ir*

3- Department of Food Science and Technology, Faculty of Nutrition and Food Science, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran

4-Drug Applied Research Center, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran

5- Associated Prof, Dept. of Food Science and Technology, Islamic Azad University, Tabriz Branch, Tabriz, Iran

Received 7 Jan, 2020 **Accepted 23 Apr, 2020**

Background and Objectives: In recent years, use of oleogels as replacers of structured oils has received much attentions due to the health concerns. The objective of the present study was preparation of reinforced ethyl cellulose-based oleogels with adipic acid as replacers of shortening in cakes.

Materials & Methods: First, oleogel samples were prepared using ethyl cellulose (at two various concentrations of 6 and 2% w/w) and adipic acid (at two various concentrations of 0 and 4% w/w). Then, prepared oleogels were used as replacers for 50% of shortening in the cake formulation.

Results: Replacement of 50% shortening with ethyl cellulose/adipic acid oleogels improved texture profile of the cakes, especially its hardness. Values of moisture, specific volume and porosity in cake samples significantly decreased by replacement of 50% shortening with oleogels ($p < 0.05$). Additionally, formulated cakes by ethyl cellulose/adipic acid oleogel showed lowest peroxide values (0.96 meqO_2/kg ±0.05) at the end of a 90-day storage. The nearest sensory scores for odor, taste, texture, and color and overall acceptance to scores of control sample were associated to the formulated cakes with ethyl cellulose/adipic acid oleogels.

Conclusion: In conclusion, ethyl cellulose/adipic acid oleogels include high potentials as replacers of shortening in cakes and other bakery products to develop healthier and higher quality food products.

Keywords: Adipic acid, Oleogel, Ethyl cellulose, Cake

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-06]