



## بررسی اثر عملکرد ژل جایگزین چربی بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و رئولوژیکی خمیر و بافت کیک کم‌کالری

زهران نظری<sup>۱</sup>، رضا کاراژیان<sup>۲\*</sup>، معصومه مهربان سنگ آتش<sup>۳</sup>، احمد احتیاطی<sup>۴</sup>

- ۱- گروه پژوهشی کیفیت و ایمنی مواد غذایی، پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی، جهاد دانشگاهی خراسان رضوی.  
ها، پژوهشکده بیوتکنولوژی صنعتی، جهاد دانشگاهی خراسان رضوی ۲- گروه بیوتکنولوژی صنعتی میکروارگانیسم.  
۳- گروه پژوهشی کیفیت و ایمنی مواد غذایی، پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی، جهاد دانشگاهی خراسان رضوی.  
۴- گروه پژوهشی کیفیت و ایمنی مواد غذایی، پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی، جهاد دانشگاهی خراسان رضوی.

### چکیده

### اطلاعات مقاله

#### تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۷/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۰۷

#### کلمات کلیدی:

ژل جایگزین چربی،

پرمیکس جایگزین چربی،

کیک کم‌کالری،

بهینه‌سازی.

DOI: 10.52547/fsct.19.122.211

DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.122.18.1

\* مسئول مکاتبات:

Reza\_karazhyan2002@yahoo.com

کیک از جمله محصولات است که در تهیه آن می‌توان جهت کاهش کالری از جایگزین چربی استفاده کرد. ژل جایگزین چربی ترکیبی است که دارای خواص عملکردی، ثبات، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی همانند چربی‌ها بوده ولی در هر گرم میزان کالری کمتری در مقایسه با چربی‌ها تولید می‌کند. ژل جایگزین چربی از ترکیب پرمیکس جایگزین چربیو آب تشکیل شده است. در پژوهش حاضر، پرمیکس جایگزین چربی حاویکنستاتره پروتئین آب‌پنیر، مالتودکسترین و اینولین بوده و غلظت‌های مختلف پرمیکس در خمیر کیک استفاده گردید. برای بهینه‌سازی فرمولاسیون از روش آماری سطح پاسخ استفاده شد و برای بررسی مدل و انتخاب فرمول بهینه از ویسکوزیته خمیر و سفتی بافت کیک استفاده گردید. در شرایط بهینه نتایج حاصل از ویسکوزیته خمیر، چگالی ویژه خمیر، حجم کیک و ارزیابی حسی با استفاده از نرم‌افزار SPSS بررسی گردید. متغیرهای آب، پرمیکس جایگزین چربی و چربی به‌صورت خطی و درجه دوم به ترتیب بر ویسکوزیته خمیر و سفتی بافت مؤثر بود، بین آب و پرمیکس جایگزین چربی اثر متقابل مشاهده گردید و اختلاف معنی‌داری بین ویسکوزیته خمیر و سفتی بافت اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده وجود نداشت. شرایط بهینه تولید به‌صورت ۷۰/۴۲ درصد آب، ۱/۵۰ درصد پرمیکس جایگزین چربی و ۱۰/۲۸ درصد چربی تعیین گردید. برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خمیر و کیک در شرایط بهینه با نمونه شاهد مقایسه گردید. نتایج نشان داد که ویسکوزیته و چگالی ویژه خمیر بهینه در مقایسه با شاهد بیشتر بود. حجم و محتوای رطوبتی کیک بهینه در مقایسه با نمونه شاهد بالاتر بود. از لحاظ سفتی بافت و رنگ تفاوت معنی‌داری بین کیک شاهد و بهینه وجود نداشت. ارزیابی حسی نمونه‌ها اختلاف معنی‌داری نشان نداد ( $p \leq 0.01$ ). نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که تولید کیک کم‌کالری با استفاده از ژل جایگزین چربی به‌عنوان جایگزین چربی می‌تواند میزان چربی را در حدود ۷۶ درصد مقدار اولیه آن، کاهش دهد بدون آن‌که تغییر کیفی نامطلوبی در محصول نهایی ایجاد کند.

## ۱- مقدمه

خمیر کیک، یک سیستم ماکرو امولسیون پیچیده است. برهمکنش مواد اولیه آن بر ویژگی‌های رئولوژیکی و فیزیکی خمیر رقیق تهیه شده، مؤثر است. همچنین ویژگی‌های رئولوژیکی و فیزیکی خمیر نقش مهمی در تعیین خصوصیات نهایی محصول بازی می‌کند. مهم‌ترین این ویژگی‌ها، دانسیته و ویسکوزیته خمیر می‌باشند [۱ و ۲]. کیک برای هوادهی مناسب وابستگی زیادی به چربی دارد. چربی در ایجاد ویژگی بافت و احساس دهانی کیک شرکت دارد. در واقع بدون ویژگی هوادهی مناسب چربی، کیک تولید نمی‌شود. بسیاری از ویژگی‌های چربی در هوادهی مناسب شرکت دارند و این هوادهی مطلوب، حتی به گازهای حجم دهنده (دی‌اکسید کربن) و بخار آب رها شده، اجازه پخش شدن در حین پخت را می‌دهد. در نتیجه محصول دارای حجم بیشتر، چگالی کمتر و بافتی مطلوب‌تر خواهد بود. هوادهی مناسب، وظیفه کریستال‌های چربی می‌باشد و باید کریستال‌ها از نوع، اندازه و شکل مناسبی برخوردار باشند. انواع مختلفی کریستال وجود دارد و فرم کریستالی که تشکیل می‌شود بستگی به دما و سرعت سرد کردن در زمانیکه چربی ذوب شده و شکل‌پذیر شده است دارد. فرم  $\beta$  به علت اندازه کوچک، همسانی و پایداری‌اش، مطلوب‌ترین نوع کریستال برای هوادهی است [۳]. به‌طور کلی کاهش چربی در سیستم غذایی بسیار پیچیده است. چربی، در ظاهر، بافت و قابلیت پذیرش محصول نقش دارد، بنابراین در اغلب فرآورده‌های غذایی کاهش یا حذف چربی باید همراه با افزودن ترکیباتی باشد که بتواند نقش‌های چربی را جهت تولید فرآورده قابل قبول تقلید کند [۴]. ژل جایگزین چربی ترکیبی است که کارایی و نقش یک چربی جامد که اثر نرم‌کننده در محصولات نانوائی را دارد می‌تواند نشان دهد. هدف از انجام این تحقیق تعیین میزان بهینه فرمولاسیون ژل پرمیکس جایگزین چربی شامل پرمیکس جایگزین چربی (FRP)، آب و چربی برای دستیابی به ژلی پایدار و ارزیابی آن جهت جایگزینی قسمتی از چربی موجود در فرآورده‌های پخت بود تا از این طریق بتوان مقدار چربی

محصول را تا حدود ۶۰-۸۰ درصد بدون تغییر در ویژگی‌های بافتی و رئولوژیکی نمونه با چربی کامل، کاهش داد.

## ۲- مواد و روش‌ها

مواد اولیه این تحقیق شامل آرد نول ۳۰٪ (رطوبت ۱۲/۶٪، خاکستر ۰/۵۶٪، گلوتن مرطوب ۲۶/۷٪، پروتئین ۹/۶۷٪، عدد زلنی ۲۱/۷٪، شکر ۲۵٪، چربی ۱۳/۲٪، آب ۱۸٪، اینورت ۲/۷٪، تخم مرغ ۱۲/۶٪، امولسیفایر ۱/۸٪، بیکنگ پودر ۹/۰٪) بودند که از فروشگاه‌های مواد غذایی تهیه شد. کنستانتره پروتئین آب‌پنیر (هیلمار ۸۰۱۰-امریکا)، مالتودکسترین (چین) و اینولین از شرکت پویاکابک تهیه شد.

### ۲-۱- تولید کیک

ابتدا تخم مرغ و شکر به مدت ۲ دقیقه با سرعت بالا مخلوط شده، سپس روغن، آب، امولسیفایر، قند اینورت و سایر ترکیبات خشک به‌جز آرد و بیکنگ پودر به مدت ۲ دقیقه با سرعت بالا هم زده شد. در مرحله آخر آرد و بیکنگ پودر اضافه شده به مدت ۱ دقیقه با دور پایین همزن (BOSCH، آلمان) مخلوط گردید. پس از اندازه‌گیری ویسکوزیته، خمیر تهیه شده توزین شد. سپس درون فر (ONIX، ایتالیا) با دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۷ دقیقه قرار گرفت و سپس نمونه‌ها به مدت نیم ساعت در دمای محیط قرار داده و خنک شدند. در نهایت نمونه‌های کیک تا زمان آزمایش در فیلم پلاستیکی بسته‌بندی و در دمای محیط نگهداری شدند. پخت نمونه‌ها و آزمون‌های فیزیکی، شیمیایی در سه تکرار انجام گرفت.

### ۲-۲- آماده‌سازی ژل

برای آماده‌سازی ژل از ترکیب WPC، مالتودکسترین و اینولین در نسبت‌های ثابت ۳:۴:۱۰ وزنی/وزنی استفاده شد (FRP). این تیمار بر اساس پیش تیمارهایی که قبلاً بررسی شده بود به دست آمد. FRP با روغن آفتابگردان با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه برای مدت یک دقیقه مخلوط شد. سپس آب به آن

اضافه شد و برای رسیدن به یک ژل یکنواخت و پایدار به مدت ۲ دقیقه دیگر مخلوط شد.

## ۲-۳- اندازه‌گیری ویژگی‌های آرد

رطوبت آرد با استفاده از روش AACC 44-15، خاکستر بر اساس روش AACC 08-01، گلوتن مرطوب با روش AACC 38-10، پروتئین با روش AACC 46-12 و عدد زلنی بر اساس روش AACC 56-60 اندازه‌گیری شد [۵].

## ۲-۴- اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکوشیمیایی

### خمیر

#### ۲-۴-۱- ویسکوزیته خمیر

ویسکوزیته خمیر به روش لاشمینارایان و همکاران (۲۰۰۷) با استفاده از ویسکومتر بروکفیلد مدل (DV2) امریکا اندازه‌گیری شد. بدین‌صورت که خمیر کیک به یک بشر ۱۰۰ میلی‌لیتر منتقل گردید و با اسپیندل شماره ۷، سرعت ۲۰ دور در دقیقه و در دمای اتاق، ویسکوزیته پس از ۱ دقیقه محاسبه شد [۶].

#### ۲-۴-۲- چگالی ویژه خمیر

از تقسیم وزن حجم مشخصی از خمیر کیک بر وزن همان حجم آب، به دست آمد.

## ۲-۴- اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکوشیمیایی

### کیک

#### ۲-۴-۱- تعیین رطوبت

برای محاسبه میزان رطوبت، از دستگاه رطوبت‌سنج مادون‌قرمز با استفاده از استاندارد AACC، شماره ۲۰۰۰، ۴۴-۱۶ استفاده گردید [۷].

#### ۲-۴-۲- اندازه‌گیری درصد خاکستر

جهت تعیین درصد خاکستر از روش استاندارد AACC 08-01 (2003) استفاده شد [۸].

#### ۲-۴-۳- اندازه‌گیری درصد چربی

برای تعیین درصد چربی از استاندارد AACC، 30-10 (2003) استفاده شد [۸].

#### ۲-۴-۴- تعیین افت وزن پخت

کاهش وزن خمیر پخته‌شده با استفاده از روش رودریگوز و همکاران (۲۰۱۲) طبق رابطه زیر انجام شد [۹].

$100 \times (\text{وزن آب اولیه} / \text{وزن کیک بعد از پخت} - \text{وزن کیک قبل از پخت}) = \text{کاهش وزن در حین پخت}$

#### ۲-۴-۵- تقارن و شاخص حجم کیک

نمونه کیک به‌صورت عمودی به دو قسمت مساوی بریده‌شده و قرینه بودن و شاخص حجم آن با استفاده از روش AACC 10-91 (1976) اندازه‌گیری شد [۱۰].

#### ۲-۴-۶- ارزیابی بافت به روش دستگاهی

برای تعیین خصوصیات بافت کیک (شامل سفتی<sup>۳</sup> و پیوستگی<sup>۴</sup>) از دستگاه بافت سنج و آزمون TPA بر اساس روش روندا و همکاران (۲۰۰۵) استفاده شد [۱۱]. در این آزمون قطعه‌ای ۲۰×۲۰×۲۰ میلی‌متر مکعب از مغز کیک توسط چاقوی برقی بریده‌شده و در زیر پروب دستگاه قرار گرفت، پروب استوانه‌ای مسطح به قطر خارجی ۳۵ میلی‌متر برای فشردن هر نمونه تا ۵۰٪ ارتفاع اولیه این (۲۰ میلی‌متر) با سرعت ۳۰ میلی‌متر بر دقیقه، نقطه شروع ۰/۰۵ نیوتن و سل اعمال نیروی ۵ کیلوگرم برای انجام این آزمون انتخاب شد. خصوصیات بافتی در روز تولید مورد ارزیابی قرار گرفت.

#### ۲-۴-۷- ارزیابی رنگ در پوسته و بافت

آنالیز رنگ بافت و پوسته کیک ۲ ساعت پس از پخت با استفاده از رنگ‌سنج هانتر لب انجام شد. یکی از سیستم‌هایی که به‌طور گسترده برای رنگ‌سنجی غذاها مورد استفاده قرار می‌گیرد سیستم L, a, b هانتر می‌باشد. در این سیستم سه بعد رنگی معرفی می‌شوند شامل:

L: نشان‌دهنده روشنایی رنگ بوده و از صفر برای سیاه تا ۱۰۰ برای سفید متغیر است.

a: نشان‌دهنده میزان سبز تا قرمز بودن یک رنگ است. مقدارش از مقادیر منفی a شروع و تا مقادیر مثبت a ادامه دارد. نقطه صفر آن رنگ خاکستری است.

b: نشان‌دهنده میزان آبی تا زرد بودن یک رنگ است. مقادیر آن از منفی تا مثبت بوده و نقطه صفر آن رنگ خاکستری می‌باشد.

3. Hardness

4. Cohesiveness

شاخص‌های رنگ نمونه‌های کیک پس از پخت با استفاده از دستگاه هانتز لب و به صورت ارزش‌های CIELAB شامل L (روشنی)، a (قرمزی-سبزی) و b (زردی-آبی) اندازه‌گیری شدند [۱۲].

## ۲-۴-۸-آزمون حسی (آزمون تفاوت)

به منظور ارزیابی درک تفاوت بین دو نمونه توسط آزمون‌های حسی از آزمون تفاوت استفاده می‌شود. در این آزمون دو نمونه متفاوت کیک کم‌کالری و کیک شاهد در یک مجموعه سه‌تایی به ارزیاب‌ها ارائه می‌گردد. از این آزمون برای مقایسه ارزیابی کیک کم‌کالری تهیه‌شده با کیک شاهد استفاده شد [۱۲].

## ۲-۵- تجزیه و تحلیل آماری

آنالیز نتایج در چهار بخش تجزیه واریانس، مدل‌سازی فرآیند و تعیین شرایط بهینه تولید و در نهایت پیش‌بینی مقادیر متغیر هدف ( $X_1$ : FRP، آب:  $X_2$ ، چربی:  $X_3$ ) در شرایط بهینه، به

کمک نرم‌افزار آماری دیزاین اکسپرت انجام گرفت. به منظور مقایسه میانگین‌ها و بررسی معنی‌دار بودن اختلاف بین آن‌ها، آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح معنی‌داری ( $P < 0.01$ ) مورد استفاده قرار گرفت. از آن جایی که مهم‌ترین ویژگی مؤثر در خصوصیات ماشین پذیری، ویسکوزیته خمیر و مهم‌ترین ویژگی مؤثر در کیفیت محصول نهایی، خصوصیات بافتی آن است، لذا در این بخش اثر متغیرهای مستقل بر تغییرات ویسکوزیته و سفتی بافت مورد بررسی قرار گرفت و در نهایت فرمول بهینه بر این اساس تعیین گردید. سطوح متغیرهای مستقل به صورت حقیقی و کدشده در جدول ۱ ارائه شده است. با توجه به مقادیر  $R^2$  و  $R^2$ -Adj مربوط به مدل درجه دوم که در جدول ۲ نشان داده شده است، مشاهده می‌شود که مدل خطی و چندجمله‌ای درجه دوم کاسته دارای مقادیر بالا و قابل قبولی است. جدول ۲ نیز نتایج حاصل از آنالیز واریانس مدل درجه دوم کاسته را نشان می‌دهد.

Table 1 Independent variables and their values

| Independent variables(%) | code  | -1 | 0    | +1  |
|--------------------------|-------|----|------|-----|
| FRP                      | $X_1$ | 1  | 1.75 | 2.5 |
| Water                    | $X_2$ | 60 | 70   | 80  |
| Fat                      | $X_3$ | 0  | 10   | 20  |

Table 2 Statistical analysis result of reduced second-order polynomial fitted model on the response data

| Test        | Model                                                                                     | Standard deviation | Average | $R^2$ | $R^2$ - adj | Lack of fit |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------|-------|-------------|-------------|
| Hardness(N) | $h = 1.32 + 0.15X_1 - 0.46X_2 + 0.38X_3 + 0.49X_2X_1 + 0.77X_1^2 + 0.53X_2^2 - 1.10X_3^2$ | 0.07               | 2.51    | 0.99  | 0.98        | 0.62        |
| Viscosity   | $v = 93301.71 - 19269.44X_1 + 31970.24X_2 + 7723.93X_3$                                   | 11052.19           | 63410   | 0.94  | 0.89        | 0.21        |

آب بیش از ۷۰ درصد، سبب اتصال رشته‌های آمیلوز به یکدیگر شده و بیاتی و درنتیجه منجر به افزایش سفتی بافت می‌شود. اوپراین و همکاران (۲۰۰۳) در تحقیق خود به بررسی تأثیر آب بر خواص رئولوژیکی خمیر و کیفیت بیسکویت حاصل از آن پرداختند و گزارش کردند تغییر در محتوای آب حتی به میزان ۱ درصد سبب ایجاد تغییرات قابل توجه در خصوصیات رئولوژیکی می‌گردد. با افزایش میزان آب چسبناکی خمیر بیشتر شده و محصول به دست آمده سفت‌تر می‌گردد که بیانگر افزایش در دانسیته، نیروی شکستن و فشردگی می‌باشد [۱۳].

## ۳- نتایج و بحث

### ۳-۱- بررسی اثر متغیرهای مستقل بر سفتی

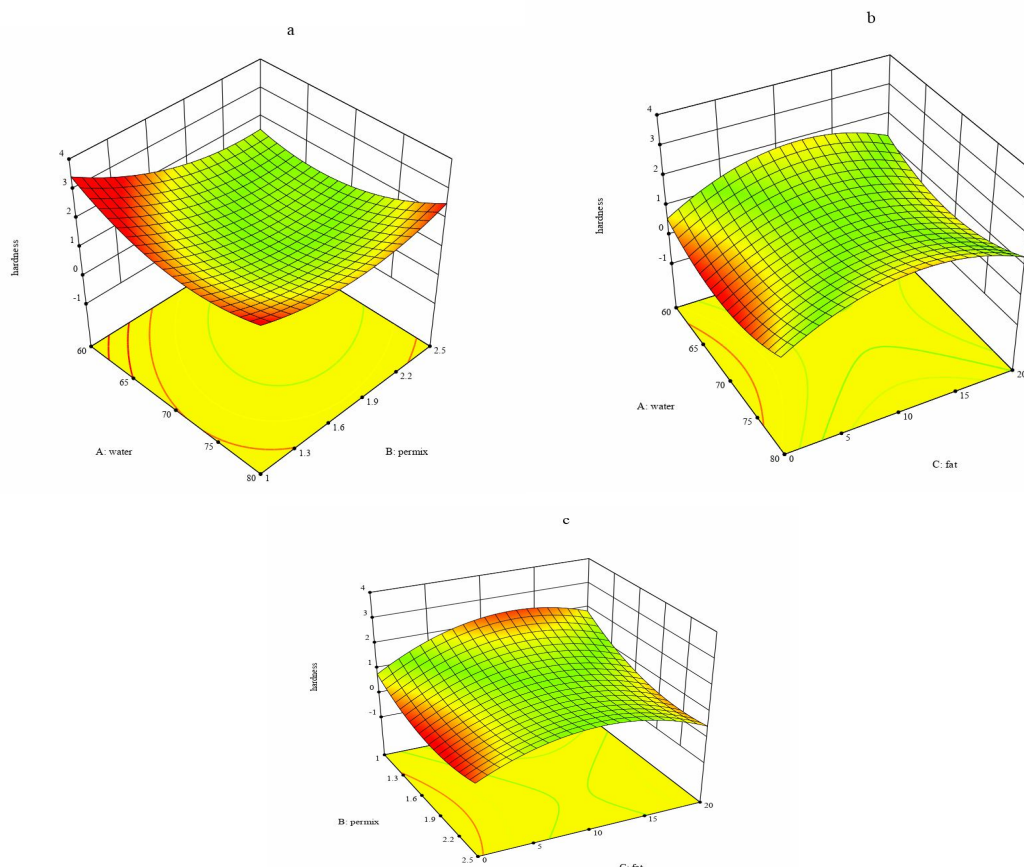
#### بافت کیک

با توجه به شکل ۱ (a) مشاهده می‌شود که با افزایش مقدار آب تا حدود ۷۰ درصد میزان سفتی بافت کاهش می‌یابد و چنانچه مقدار آب از این حد بیشتر شود، سفتی بافت با شیئی ملایم افزایش می‌یابد. با افزایش میزان آب تا ۷۰ درصد سفتی بافت کم می‌شود که به علت افزایش در محتوای رطوبتی کیک می‌باشد. مطابق با شکل ۱ مشاهده می‌شود که با افزایش میزان

با توجه به شکل ۱(b) در غلظت ۱ درصد FRP، میزان سفتی بافت ۲/۳ نیوتن بر سانتی مترمربع ثبت گردید و با افزایش آن تا میزان ۲/۵ درصد، میزان سفتی بافت به حدود ۱/۴ نیوتن بر سانتی متر مربع کاهش یافت. درواقع با افزایش ۲/۵ درصدی در غلظت FRP، مقدار سفتی بافت حدود ۴۰ درصد کاهش یافته است. اینولین و سایر ترکیبات موجود در ژل جایگزین چربی سبب افزایش جذب آب می شود و به علت وجود گروه های هیدروکسیل در ساختار خود سبب فعالیت متقابل آب با هیدروکلوئید از طریق پیوند هیدروژنی می شود. خلیل (۱۹۹۸) گزارش کرد کیک های حاوی جایگزین چربی بر پایه کربوهیدرات، قابلیت فشردگی و نرمی بیشتری نسبت به کیک شاهد داشت که به دلیل وجود صمغ در کیک حاوی جایگزین چربی است [۱۴]. بر اساس مدل مربوط به بافت، FRP با آب اثر متقابل دارد. همان گونه که در شکل ۱(b) مشاهده می شود با افزایش میزان FRP، کاهش قابل توجهی در سفتی بافت صورت گرفت. در مورد آب نیز تا سطح ۷۰ درصد چنین اثری مشاهده می شود اما اثر آن نسبت به FRP کمتر بود. از سوی دیگر با افزایش میزان آب بیش از ۷۰ درصد، سفتی بافت با شیب بسیار کم افزایش یافت. با توجه به شکل ۱(b) مشاهده می شود که هر چه غلظت FRP تا ۲/۵ درصد و آب تا ۷۰ درصد افزایش یابد، سفتی بافت کاهش می یابد. با توجه به شکل ۱(c)، میزان چربی در مقادیر کم با سفتی بافت رابطه مستقیم دارد ولی چنانچه میزان چربی از ۱۰ درصد بیشتر شود در این صورت میزان سفتی بافت کاهش می یابد. ازجمله وظایف چربی در خمیر کیک این است که اطراف ذرات نشاسته را احاطه کرده و مانع جذب آب توسط ذرات گردد که در نهایت مانع از گسترش شبکه گلوئنی شده و در نتیجه شاهد افزایش حجم و ایجاد ساختار ظریف و متخلخل در بافت خواهیم بود. همان طور که مشاهده می شود افزایش چربی تا محدوده ۱۰ درصد در جلوگیری از سفتی بافت نقشی ندارد، به این دلیل که این مقدار چربی در حدی نبوده که بتواند سطح ذرات آرد را بپوشاند و در نتیجه سفتی بافت رخ می دهد. از سوی دیگر در این محدوده میزان پیوندهای هیدروفوب بین روغن و بخش های هیدروفوب آمینواسیدها بیشتر خواهد بود بنابراین با افزایش میزان روغن سفتی بافت نیز افزایش می یابد. اوברاین

و همکاران (۲۰۰۳) از کنستانتتره پروتئین آب پنیر میکروکپسوله به عنوان جایگزین چربی استفاده کردند و نشان دادند که در نمونه های مذکور به علت عدم وجود چربی کافی، جذب آب توسط آرد سبب ایجاد سفتی خمیر و درن نتیجه افزایش سفتی محصول گردید [۱۳]. خلیل (۱۹۹۸) بیان کرد که چربی در سطوح پایین سبب ایجاد ساختار متراکم و در نتیجه سفت تر شدن بافت کیک می گردد [۱۴]. هوسین و همکاران (۲۰۱۱) بیان کردند چنانچه چربی از فرمولاسیون کیک به طور کامل حذف گردد سبب ایجاد ساختار سلولی غیریکنواخت و ایجاد سفتی در بافت می شود [۱۵]. لی و همکاران (۲۰۰۵) به این نتیجه رسیدند که با افزایش درصد جایگزینی چربی و کاهش چربی در فرمولاسیون کیک، بافت حاصل سفت تر می گردد. آن ها بیان داشتند جایگزینی چربی با آمیلودکسترین و بتا گلوکان یولاف تنها در سطح ۲۰ درصد سبب ایجاد کیک مشابه با کیک شاهد می گردد [۱۶].

مطابق شکل ۱(c) مشاهده می گردد چنانچه سطح چربی از ۱۰ درصد بیشتر شود، سفتی بافت با یک شیب نزولی کاهش می یابد زیرا این مقدار چربی، اطراف ذرات آن را احاطه کرده و مانع جذب آب توسط ذرات گردیده که در نهایت مانع از ایجاد سفتی در بافت می شود. از سوی دیگر چنانچه میزان چربی از ۱۰ درصد بیشتر شود این مقدار روغن بیشتر از مقدار لازم برای پیوندهای هیدروفوب است و در نتیجه بین لایه های پروتئینی قرار گرفته سبب لغزندگی بافت و نرمی آن شده و از میزان پیوندهای مختلف حتی پیوندهای سولفیدی نیز می کاهد در نتیجه نرمی بافت را در بر خواهد داشت. دادخواه و همکاران (۲۰۱۲) از سبوس برنج به عنوان جایگزین چربی در تهیه نوعی کیک کم چرب استفاده کردند. نتایج آن ها حاکی از این بود که جایگزینی چربی حداکثر تا ۴۰٪ میزان چربی فرمولاسیون می تواند منجر به تولید محصولی قابل قبول از نظر سفتی بافت، خصوصیات رئولوژیکی و سایر خصوصیات فیزیکوشیمیایی کیک کم چرب شود [۱۷]. فراری و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند میزان چربی نسبت به آب در تردی محصول تأثیر بیشتری دارد و هرچه میزان چربی در کیک افزایش یابد، کیک حاصل نرم تر خواهد بود البته این در حالی صادق است که میزان رطوبت نیز در محدوده مناسبی باشد [۱۸].



**Fig 1** The effectiveness of the response surface curves a) water and premix b) water and fat C) premix and fat on hardness of cake

### ۲-۳- بررسی اثر متغیرهای مستقل بر

#### ویسکوزیته خمیر

تأثیر متغیرهای مستقل بر ویسکوزیته خمیر در شکل ۲ نشان داده شده است. همان‌طور که شکل ۲(a) مشاهده می‌شود با افزایش مقدار آب، میزان ویسکوزیته به‌صورت درجه اول کاهش یافت. درواقع میزان ویسکوزیته با مقدار آب نسبت عکس دارد. با افزایش میزان آب به ۸۰ درصد مقدار ویسکوزیته به حدود ۷۴۱۳۲ سانتی پواز کاهش یافت. این در حالی بود که با افزایش مقدار FRP (شکل ۲b) مقدار ویسکوزیته به‌صورت درجه اول افزایش یافت، به‌عبارت دیگر میزان ویسکوزیته با افزایش مقدار FRP نسبت مستقیم دارد.

درواقع تقریباً با ۲/۵ برابر شدن مقدار FRP، میزان ویسکوزیته نیز حدود ۲ برابر افزایش یافته است. افزایش در ویسکوزیته خمیر در اثر افزودن FRP، به علت ظرفیت اتصال به آب بالای ترکیبات تشکیل‌دهنده FRP می‌باشد. درواقع با اتصال ترکیبات موجود در FRP با مقدار قابل‌توجهی آب، ویسکوزیته خمیر بالاتر می‌رود. خلیل (۱۹۹۸) خواص رئولوژیکی و حرارتی سیستم خمیر را بررسی نمود و نشان داد که افزودن متیل سلولز سبب افزایش جذب آب و در نتیجه افزایش ویسکوزیته خمیر می‌شود. همچنین گزارش کرد که با افزایش میزان جایگزین چربی بر پایه کربوهیدرات در تهیه کیک با چربی کاهش یافته، ویسکوزیته افزایش یافته است [۱۴].

همان‌طور که در شکل ۲ (c) مشاهده می‌شود با افزایش میزان چربی، مقدار ویسکوزیته با شیب کم به‌صورت خطی افزایش یافت و در اثر افزودن ۲۰ درصد چربی، ویسکوزیته با سرعت کمی افزایش می‌یابد و بیانگر این نکته است که تأثیر چربی بر ویسکوزیته نسبت به دو متغیر دیگر کمتر بوده و عمده‌ترین دلیل عدم تأثیر این پارامتر بر ویسکوزیته، مقدار کم چربی در فرمولاسیون می‌باشد. از آنجایی که گلبول‌های چربی، هوا را به دام می‌اندازند در ماتریکس خمیر و طی فرایند مخلوط کردن، محصولی با ویژگی‌های رئولوژیکی مطلوب به دست می‌آید، همچنین چربی خاصیت امولسیفایری داشته و با مقدار زیادی آب در خمیر باند می‌شود که باعث بهبود و نرمی بافت می‌شود [۱۹].

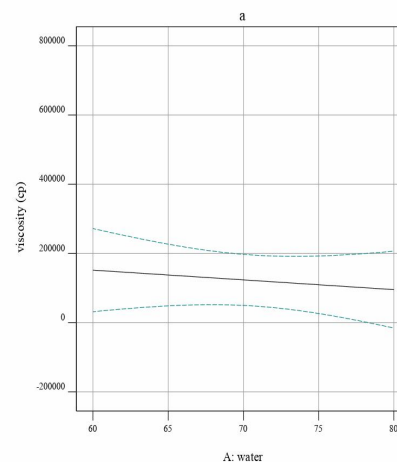
### ۳-۳- بهینه یابی

شرایط بهینه برای فرمولاسیون FRP جهت تهیه کیک کم‌کالری با استفاده از متغیرهای مستقل آب، FRP و چربی بر روی پارامترهای مورداندازه‌گیری با استفاده از تکنیک بهینه‌سازی عددی<sup>۵</sup> نرم‌افزار Design Expert بررسی شد. بدین منظور، ابتدا اهداف بهینه‌سازی را مشخص کرده و سپس سطوح پاسخ‌ها و متغیرهای مستقل تنظیم شد. برای این منظور مقدار سفتی بافت در حداقل، مقدار ویسکوزیته خمیر در حداکثر و همچنین متغیرهای مستقل در حالت *in range* انتخاب شدند. پس از بهینه یابی نهایی، مقادیر پاسخ‌ها شامل سفتی بافت کیک و ویسکوزیته خمیر به ترتیب برابر ۲۰/۴۵۰ نیوتن و ۶۳۸۰۰ سانتی‌پواز بود. در شرایط بهینه مقادیر متغیرهای مستقل شامل میزان آب، FRP و چربی به ترتیب ۷۰/۴۲، ۱/۵۰ و ۱۰/۲۸ درصد به دست آمد (جدول ۳).

Factor Coding: Actual

viscosity (cp)  
— 95% CI Bands

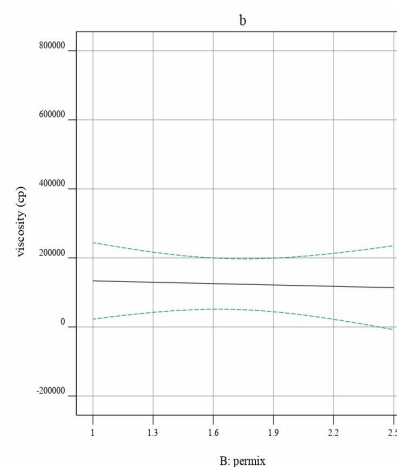
X1 = A: water

Actual Factors  
B: permix = 1.75  
C: fat = 10

Factor Coding: Actual

viscosity (cp)  
— 95% CI Bands

X1 = B: permix

Actual Factors  
A: water = 70  
C: fat = 10

Factor Coding: Actual

viscosity (cp)  
— 95% CI Bands

X1 = C: fat

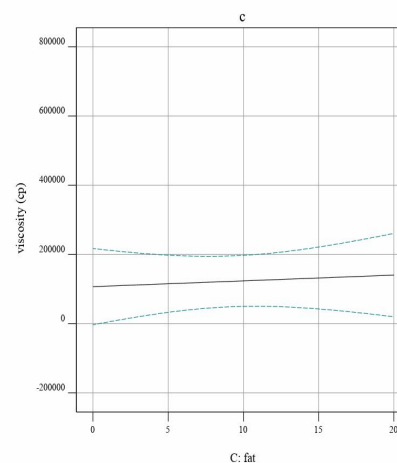
Actual Factors  
A: water = 70  
B: permix = 1.75

Fig 2 The effectiveness of the perturbation curves  
a) water b) permix c) fat on viscosity

**Table 3** Optimal levels of variables and actual and predicted values of hardness and viscosity

| Water % | FRP(%) | Fat (%) | Hardness (N/cm <sup>2</sup> ) |           | viscosity |           |
|---------|--------|---------|-------------------------------|-----------|-----------|-----------|
|         |        |         | Actual                        | Predicted | Actual    | Predicted |
| 70.42   | 1.50   | 10.28   | 2.413                         | 2.450     | 63400     | 63800     |

\* (significant difference at  $P < 0.01$ )

می‌باشد [۲۰]. دادخواه و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند که پودر سبوس جو دوسر و کتان به ایجاد ویسکوزیته بالا و قدرت اتصال به آب به‌عنوان جایگزینی مناسب برای چربی می‌باشد [۱۷]. تأثیر جایگزینی چربی کیک با مالتودکسترین بر ویسکوزیته خمیر و سفتی بافت کیک نهایی توسط لاشمیناریان و همکاران (۲۰۰۶) مورد بررسی قرار گرفت و نشان دادند که با جایگزینی کامل مالتودکسترین، میزان ویسکوزیته خمیر به‌طور قابل‌توجهی کاهش یافت، اما نمونه‌های با ۸۰ درصد جایگزینی چربی، ویسکوزیته خمیر افزایش یافته و کیک نهایی قابل قبولی به دست آمد [۶].

### ۳-۴-۳- شاخص حجم و تقارن کیک

همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود حجم کیک حاوی ژل جایگزین چربی در مقایسه با شاهد بیشتر بوده است که علت آن می‌تواند ویسکوزیته بالاتر خمیر باشد که منجر به نگهداری بهتر حباب‌های هوا طی پخت و شکل‌گیری ساختار نهایی کیک حاوی ژل جایگزین چربی، نسبت به نمونه شاهد گردیده است. هر چه سلول‌های هوای بیشتری طی فرایند مخلوط کردن، وارد خمیر شود حجم کیک حاصل بیشتر خواهد شد. ویسکوزیته پایین سبب کاهش نگهداری سلول‌های هوا در بافت شده و در نتیجه باعث کاهش حجم کیک می‌گردد. رودریگز و همکاران (۲۰۱۲) از اینولین به‌عنوان جایگزین چربی در کیک استفاده کردند و نشان دادند که ویسکوزیته بالاتر خمیر سبب افزایش به دام انداختن هوا در خمیر شده، تخلخل افزایش می‌یابد و منجر به تولید کیک با حجم بالاتر می‌گردد [۹]. هوسین و همکاران (۲۰۱۱) از اینولین به‌عنوان جایگزین چربی در تهیه کیک استفاده کردند و نشان دادند که کیک حاوی اینولین ۲۵ درصد دارای حجم بالاتری در مقایسه با شاهد است [۱۵]. آلدومور (۲۰۱۳) گزارش کرد که یکی از دلایل کلرینه کردن آرد مورد استفاده جهت تهیه کیک، کاهش دمای ژلاتیناسیون نشاسته آرد می‌باشد که باعث افزایش سرعت

با مقایسه نتایج واقعی و پیش‌بینی شده مشخص گردید که اختلاف معنی‌داری بین این نتایج وجود ندارد و مدل تعیین شده به‌خوبی می‌تواند برای تولید کیک کم‌کالری استفاده شود ( $p < 0.01$ ).

### ۳-۴-۴- مقایسه خصوصیات فیزیکوشیمیایی

#### خمیر و کیک حاوی ژل جایگزین چربی و

##### نمونه شاهد

#### ۳-۴-۱- چگالی ویژه خمیر

جدول ۴ میانگین مقدار چگالی ویژه نمونه کیک شاهد و بهینه را نشان می‌دهد و همان‌طور که مشاهده می‌شود نمونه بهینه دارای چگالی ویژه خمیر بالاتری در مقایسه با نمونه شاهد است که علت آن، میزان آب بالاتر و میزان چربی کمتر در فرمولاسیون آن می‌باشد. لی و همکاران (۲۰۰۵) از بتاگلوکان به‌عنوان جایگزین چربی در کیک استفاده کردند. آن‌ها نیز گزارش کردند که با افزایش درصد جایگزینی، چگالی ویژه خمیر افزایش می‌یابد [۱۶].

#### ۳-۴-۲- ویسکوزیته خمیر

مقدار هوای موجود در خمیر به ویسکوزیته بستگی دارد و ویسکوزیته پایین سبب کاهش نگهداری حباب‌های هوا و در نهایت منجر به کاهش حجم کیک حاصل می‌گردد. همان‌طور که مشاهده می‌شود ویسکوزیته خمیر بهینه در مقایسه با شاهد بالاتر است در نتیجه می‌تواند سبب افزایش حجم کیک حاصل گردد. رودریگز و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند که هرچه ویسکوزیته خمیر کیک بالاتر باشد در این صورت به دام انداختن هوا در خمیر بیشتر شده و حجم کیک حاصل و تخلخل آن نیز افزایش می‌یابد [۹]. کالینگا و میسرا (۲۰۰۹) نشان دادند که هرچه درصد جایگزینی چربی با بتاگلوکان بیشتر شود ویسکوزیته خمیر نیز افزایش می‌یابد که بیانگر به دام انداختن حباب هوای بیشتر و افزایش حجم کیک



شکل‌گیری کیک و در نتیجه باعث کاهش افت حجم در طی پخت می‌گردد [۲۱]. شاخص تقارن بیانگر این است که کیک از نقطه مرکزی آن حجیم‌شده است. مطابق با جدول ۴ شاخص تقارن کیک در نمونه بهینه بالاتر از نمونه شاهد است. در واقع هرچه حجم کیک بیشتر باشد، مرکز آن دارای ارتفاع بیشتری خواهد بود در نتیجه شاخص تقارن نیز بالاتر است. گومز و همکاران (۲۰۰۷) اثر افزودن ۱٪ از صمغ‌های کاراگینان، آلژینات، لوکاست، گوار، زانتان و پکتین را بر کیفیت و ماندگاری کیک کم‌کالری مورد بررسی قراردادند و گزارش کردند که کیک کم‌کالری حاوی ۱٪ پکتین دارای شاخص تقارن مشابه شاهد بوده و کیک کم‌کالری حاوی ۱٪ زانتان و لوکاست دارای شاخص تقارن بالاتر از شاهد بود [۲۲].

### ۳-۴-۴- رطوبت

ترکیبات آب‌دوست دارای تمایل بالا برای اتصال به آب هستند و در نتیجه سبب حفظ رطوبت می‌شوند. طبق جدول ۴ میزان رطوبت کیک بهینه در مقایسه با نمونه شاهد، بیشتر بود. در فرمولاسیون بهینه میزان رطوبت کیک افزایش یافته است که علت آن وجود ترکیبات تشکیل‌دهنده ژل جایگزین چربی می‌باشد که در ساختارشان دارای گروه هیدروکسیل فراوان می‌باشند و مقدار جذب آب بالایی دارند. این خاصیت کاربردی سبب افزایش رطوبت می‌شود.

### ۳-۴-۵- سفتی بافت

از آنجایی که گلبول‌های چربی، هوا را به دام می‌اندازند، در ماتریکس خمیر و طی فرایند مخلوط کردن، محصولی حجیم، با بافتی نرم طی فرایند پخت به دست می‌آید، همچنین چربی خصوصیت امولسیفایری داشته و با مقدار زیادی آب در خمیر باند می‌شود که باعث بهبود و نرمی بافت می‌شود [۲۳]. کربوهیدرات‌ها دارای خواص اتصال به آب می‌باشند و ساختار شبه ژلی ایجاد می‌کند بنابراین می‌توانند شبیه چربی عمل کند و سبب ایجاد احساس دهانی مطلوب گردند. با توجه به نتایج جدول ۴ مشاهده می‌شود که ژل جایگزین چربی، به علت ایجاد ساختار ژلی در مرحله آماده‌سازی، می‌تواند عملکردی مشابه چربی داشته باشد و به همین علت بافت شاهد و بهینه از لحاظ آماری با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ( $p < 0.01$ ) ندارند.

### ۳-۴-۶- افت وزن پخت

همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود افت وزن پخت در نمونه شاهد در مقایسه با بهینه بالاتر بود که علت آن ویسکوزیته بالاتر خمیر حاوی ژل جایگزین چربی می‌باشد. به‌طوری‌که ترکیبات موجود در ژل جایگزین چربی با آب واکنش داده و سبب کاهش انتشار آب می‌گردد و منجر به ماندگاری آب در سیستم می‌شود. رودریگز (۲۰۱۳) بیان کرد که کاهش ویسکوزیته در خمیر سبب تحرک حباب‌ها می‌گردد. در نتیجه انتشار گاز به سطح خارجی و تبخیر آب بیشتر صورت می‌گیرد [۲۴].

**Table 4** Comparison of physicochemical properties of cakes containing fat substitute gel and control

| Weight loss*             | Hardness* | Moisture*                 | Cake symmetry(mm)*        | Cake volume index*         | Viscosity(cp)            | Specific density of dough* |           |
|--------------------------|-----------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|-----------|
| 18.45 <sup>a</sup> ±0.76 | 6.13±2.76 | 17.37 <sup>b</sup> ± 0.56 | 66.00 <sup>b</sup> ±3.04  | 98.04 <sup>b</sup> ±2.54   | 44500 <sup>b</sup> ±4700 | 0.96 <sup>a</sup> ±0.08    | Control   |
| 17.76 <sup>b</sup> ±0.23 | 6.86±2.75 | 18.73 <sup>a</sup> ± 2.02 | 73.24 <sup>a</sup> ± 2.49 | 109.00 <sup>a</sup> ± 3.67 | 66500 <sup>a</sup> ±900  | 1.15 <sup>a</sup> ±0.05    | Optimized |

\*The calculated values are the average of three repetitions

Results are given as the mean values. Values followed by different letters are statistically different ( $p \leq 0.01$ )

### ۳-۴-۷- رنگ پوسته و بافت

یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های حسی، رنگ است (جدول ۵). قهوه‌ای شدن به علت انجام واکنش مایلارد و به مقدار جزئی کاراملیزاسیون انجام می‌شود. رنگ نمونه شاهد و بهینه از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری  $p < 0.01$  ندارند که نشان دهنده

توانایی خوب جایگزینی چربی با ژل جایگزین چربی است. کوشر و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند که جایگزینی چربی با ۲۵٪ پلی دکستروز در فرمولاسیون کیک، شاخص زردی (b) مشابه با شاهد داشت [۲۵].

**Table 5** Comparison of the crust and crumb color of the cake

|           | Crumb      |           |            | Crust      |           |            |
|-----------|------------|-----------|------------|------------|-----------|------------|
|           | L*         | a*        | b*         | L*         | a*        | b*         |
| Control   | 74.65±1.23 | 4.01±0.03 | 24.76±0.34 | 72.76±1.08 | 3.54±0.34 | 23.56±0.56 |
| Optimized | 76.43±1.34 | 4.96±0.76 | 25.44±0.86 | 74.65±1.45 | 4.23±0.67 | 24.34±2.09 |

\*The calculated values are the average of three repetitions

### ۳-۴-۸- آنالیز شیمیایی کیک

مقایسه میانگین داده‌ها در جدول ۶ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود میزان رطوبت کیک حاوی ژل جایگزین چربی به‌طور معنی‌داری بیشتر از شاهد است. میزان

چربی در کیک بهینه نسبت به شاهد کمتر است و از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری وجود دارد که به دلیل کاهش چربی در فرمولاسیون کیک بهینه می‌باشد. میزان خاکستر و پروتئین در کیک شاهد و بهینه تفاوت معنی‌داری ندارد ( $p < 0.01$ ).

**Table 6** physicochemical parameters of control and optimized cake

| Fat (%)                  | Ash (%)                 | Moisture (%)             |           |
|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------|
| 21.85 <sup>a</sup> ±0.07 | 1.07 <sup>a</sup> ±0.09 | 17.37 <sup>b</sup> ±0.56 | Control   |
| 7.55 <sup>b</sup> ±0.07  | 1.09 <sup>a</sup> ±0.08 | 18.73 <sup>a</sup> ±2.02 | Optimized |

\*The calculated values are the average of three repetitions

Results are given as the mean values. Values followed by different letters are statistically different ( $p \leq 0.01$ )

### ۳-۴-۹- نتایج حاصل از بررسی ارزیابی حسی

برای تعیین وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین کیک کم‌کالری تهیه‌شده با کیک شاهد از آزمون سه‌تایی استفاده شد، به این صورت که نمونه‌ها با رمزهای عددی سه‌تایی به همراه برگه ارزیابی در اختیار ارزیاب‌ها قرار گرفت. تعداد کل ارزیاب‌ها ۲۰ نفر و تعداد پاسخ‌های صحیح ۸ بود. به این معنی که از ۲۰ ارزیاب شرکت‌کننده، ۸ ارزیاب قادر به تشخیص تفاوت بوده و ۱۲ ارزیاب موفق به تشخیص تفاوت نشدند. اختلاف معنی‌داری در سطح آماری ( $p < 0.01$ ) بین نمونه بهینه تولیدی و نمونه شاهد وجود نداشت، به عبارت دیگر برای معنی‌داری تفاوت بین دو نمونه در این سطح احتمال، از بین ۲۰ ارزیاب حداقل باید ۱۳ نفر قادر به تشخیص تفاوت باشند.

معنی‌داری بین دو تیمار مشاهده نشد. افت وزن مرحله پخت در کیک شاهد بالاتر از کیک بهینه بود. در آنالیز شیمیایی کیک بهینه و شاهد مشخص گردید میزان خاکستر در دو تیمار تفاوت معنی‌داری ندارد ولی میزان رطوبت در تیمار بهینه در مقایسه با شاهد بیشتر است. میزان چربی نیز به‌طور چشمگیری در کیک بهینه کاهش یافت. ارزیابی حسی بیانگر این مطلب بود که در سطح معنی‌داری ۱ درصد بین تیمار شاهد و بهینه اختلاف وجود ندارد. در نهایت با توجه به نتایج به‌دست‌آمده می‌توان گفت، این امکان وجود دارد که با استفاده از ژل جایگزین چربی، میزان چربی به‌کاررفته در فرمول کیک را ۷۶ درصد کاهش داد و محصولی با خصوصیات فیزیکوشیمیایی مشابه با نمونه شاهد، اما با کالری کمتر تولید کرد.

## ۵- منابع

- [1] Casimir C. A. Fat Replacers. Food technology. 1998 vol. 52, NO. 3
- [2] Jia, C. Kim, Y.S. Huang, G. (2008). Sensory and instrumental assessment of Chinese
- [3] Chung, H.G. Min, D.B. 2010. Functional foods, cardiovascular disease and diabetes.
- [4] Bath, D. Shelke, K. Hoseney, R. (1992). Fat replacers in high ratio layer cakes. Cereals Foods Word, 37.

## ۴- نتیجه‌گیری

استفاده از ژل جایگزین چربی (آب، FRP و چربی به ترتیب در سطوح ۷۰/۴۲، ۱/۵۰ و ۱۰/۲۸ درصد) باعث افزایش ویسکوزیته گردید. در تیمار بهینه حجم نمونه‌های کیک تولیدی در مقایسه با شاهد بیشتر شد و از لحاظ رنگ پخته و بافت کیک شاهد و بهینه، تفاوت معنی‌داری بین فاکتورهای L، a و b بین دو تیمار وجود نداشت. محتوای رطوبتی کیک بهینه در مقایسه با شاهد بالاتر بود و از لحاظ سفتی بافت، اختلاف

- Evaluation of low calorie cake. *Am. J. Food Technol.* 6:827-834.
- [16] Lee, S. S. Kim, and G. E. Inglett. 2005. Effect of shortening replacement with oatrim on the physical and rheological properties of cakes. *Cereal Chem.* 82:120-124.
- [17] Dadkhah, A. M. Hashemiravan, and M. Seyedain-Ardebili. 2012. Effect of shortening replacement with nutrim oat bran on chemical and physical properties of shortened cakes. *Ann. Biol. Res.* 3:2682-2687.
- [18] Ferrari, I. C. Alamprese, M. Mariotti, M. Lucisano, and M. Rossi. 2013. Optimization of cake fat quantity and composition using response surface Methodology. *Int. J. Food Sci. Technol.* 48:468-476.
- [19] O'Sullivan, M. G. (2019). Nutritional optimization through reductions of salt, fat and sugar using sensory and consumer driven techniques. In R. Vasilios (Ed.)
- [20] Kalinga, D. and V. K. Mishra. 2009. Rheological and physical properties of low fat cakes produced by addition of cereal glucan concentrates. *J. Food Proc. Preserv.* 33:384-400.
- [21] Al-Dmoor, H. M. 2013. Cake flour: functionality and quality. *Eur. Sci. J.* 9: 168-180.
- [22] Gomez, M. F. Ronda, P. A. Caballero, C. A. Blanco, and C. M. Rosell. 2007. Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes. *Food Hydrocolloid.* 21:167-173.
- [23] O'Sullivan, M. G. (2019). Nutritional optimization through reductions of salt, fat and sugar using sensory and consumer driven techniques. In R. Vasilios (Ed.), *Reformulation as a strategy for developing healthier food products: Challenges and recent developments*. Springer.
- [24] Rodríguez-garcía, J. A. Puig, A. Salvador, and a. I. Hernando. 2013. Functionality of Several Cake Ingredients: A Comprehensive Approach. *Czech J. Food Sci.* 31:355-360.
- [25] Kocer, D. Z. Hicsasmaz, A. Bayindirli, and S. Katnas. 2007. Bubble and pore formation of the high-ratio cake formulation with polydextrose as a sugar-and fatreplacer. *J. Food Eng.* 78:953-964.
- [5] AACC. 1991. Approved methods of the AACC. Method 10-91. American Association of Cereal Chemists, St Paul, MN.
- [6] Lakshminarayan, S. M. V. Rathinam, and L. KrishnaRau. 2006. Effect of maltodextrin and emulsifiers on the viscosity of cake batter and on the quality of cakes. *J. Sci. Food Agric.* 86:706-712.
- [7] AACC. 2000. Approved methods of the AACC. Moisture content Method 44-16. American Association of Cereal Chemists, St Paul, MN.
- [8] AACC. 2003. Approved Methods of AACC. Method 08-03, 30-10. American Association of Cereal Chemists, St Paul, MN.
- [9] Rodriguez-Garcia, J. A. Puig, A. Salvador, and I. Hernando. 2012. Optimization of a sponge cake formulation with inulin as fat replacer: structure, physicochemical, and sensory properties. *J. Food Sci.* 77:C189-C197.
- [10] AACC. 1976. Approved methods of the AACC. Template Method 10-91. American Association of Cereal Chemists, St Paul, MN.
- [11] Ronda, F. Gomez, M. Blanco, C. A. & Caballero, P. A. 2005. Effects of polyols and nondigestible oligosaccharides on the quality of sugar-free sponge cakes. *Food Chemistry*, 90(4), 549-555.
- [12] Paintsil, Y. P. 2008. Sensory and Rheological Properties of Reduced-Fat Rock Buns and Mango Pie Containing a Papaya (*Carica papaya*)-Derived Fat Replacer. Kwame Nkrumah University of Science and Technology, Kumasi, Ghana.
- [13] O'Brien, C. M. D. Chapman, D. P. Neville, M. K. Keogh, and E. K. Arendt. 2003. Effect of varying the microencapsulation process on the functionality of hydrogenated vegetable fat in shortdough biscuits. *Food Res. Int.* 36:215-221.
- [14] Khalil, A. H. 1998. The influence of carbohydrate-based fat replacers with and without emulsifiers on the quality characteristics of lowfat cake. *Plant Food. Human Nutr.* 52:299-313.
- [15] Hussien, E. A. A. E. El-Beltagy, and A. M. Gaafar. 2011. Production and quality



## Evaluation of the effect of fat replacer gel on physicochemical and rheological properties of low-calorie cake dough and texture

Nazari, Z.<sup>1</sup>, Karazhian, R.<sup>2\*</sup>, Mehraban sangh atash, M.<sup>3</sup>, Ehtiati, A.<sup>4</sup>

1. Department of Food quality and safety, Iranian Academic Center for Education Culture and Research (ACECR), Mashhad, Iran.
2. Department of industrial biotechnology on microorganisms, Iranian Academic Center for Education Culture and Research (ACECR), Mashhad, Iran.
3. Department of Food quality and safety, Iranian Academic Center for Education Culture and Research (ACECR), Mashhad, Iran.
4. Department of Food quality and safety, Iranian Academic Center for Education Culture and Research (ACECR), Mashhad, Iran.

### ABSTRACT

Cakes are one of the products in which fat substitutes can be used to reduce calories. Fat replacer Gel (FRG) is a compound that has the same functional properties, stability, physical and chemical properties as fats, but produces fewer calories per gram than fats. The fat replacement gel is composed of a combination of fat, fat substitute premix (FRP) and water. Fat replacer premix containing WPC, maltodextrin and inulin, and different concentrations of premix were used in the cake batter. The response surface statistical method was used to optimize the formulation and the dough viscosity and cake hardness were used to evaluate the model and select the optimal formula. Under optimal conditions, the results of dough viscosity, specific dough density, cake volume and sensory evaluation were evaluated using SPSS software. The variables of water, FRP and fat were linearly and quadratically affected by dough viscosity and hardness, respectively. Interaction was observed between water and FRP and there was no significant difference between dough viscosity and measured and predicted hardness. Optimal production conditions were determined as 70.42% water, 1.50% FRP and 10.28% fat. Some physical and chemical properties of dough and cake were compared with the control sample under optimal conditions. The results showed that the viscosity and specific density of the optimal dough were higher than the control. The optimal cake volume and moisture content was higher compared to the control sample. There was no significant difference between control and optimal cake in terms of hardness and color. Sensory evaluation of the samples did not show a significant difference ( $p \leq 0.05$ ). The results of this study showed that the production of low-calorie cake using fat replacer gel (FRG) as a fat substitute can reduce the amount of fat by about 76% of its initial amount, without causing undesirable quality changes in the final product.

### ARTICLE INFO

#### Article History:

Received 2021/ 09/ 28  
Accepted 2021/ 12/ 28

#### Keywords:

Fat replacer gel,  
Fat replacer premix,  
Low calorie cake,  
Optimization.

**DOI:** 10.52547/fsct.19.122.211

**DOR:** 20.1001.1.20088787.1401.19.122.18.1

\*Corresponding Author E-Mail:  
[Reza\\_karazhyan2002@yahoo.com](mailto:Reza_karazhyan2002@yahoo.com)