

بررسی امکان تولید کیک صبحانه کم کالری با استفاده از فیبر سیب و صمغ گوار

سونیا رجبی¹، اکرم شریفی^{1*}

1- گروه مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشکده مهندسی صنایع و مکانیک، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران

(تاریخ دریافت: 98/02/16 تاریخ پذیرش: 98/09/17)

چکیده

در دهه‌های اخیر، شیوع چاقی و بیماری‌های ناشی از آن همچون بیماری‌های قلبی-عروقی، دیابت، فشار خون بالا و برخی از انواع سرطان‌ها، منجر به افزایش تقاضا برای محصولات کم‌کالری شده است. با این حال، حذف یا کاهش اجزای پرکالری فرمولاسیون‌های غذایی، ویژگی‌های ارگانولپتیک محصول نهایی را به گونه‌ای منفی تحت تاثیر قرار خواهد داد. هدف از پژوهش پیش‌رو، تولید کیک صبحانه کم‌کالری غنی از فیبر با ویژگی‌های مطلوب ارگانولپتیک بود. برای این منظور، سطوح مختلفی از فیبر سیب (0، 10 و 20%) و صمغ گوار (0، 5/0 و 1%) در فرمولاسیون کیک صبحانه قرار گرفت و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، بافتی، حسی و میکروبی آنها در مقایسه با نمونه شاهد بررسی شد. یافته‌ها نشان دادند که افزودن فیبر سیب به فرمولاسیون کیک صبحانه، با کاهش پروتئین و کربوهیدرات و افزایش فیبر فرآورده نهایی همراه بود ولی جایگزینی نسبی چربی با صمغ گوار تاثیر قابل ملاحظه‌ای روی چربی نداشت. بالاترین میزان سفتی در نمونه دارای بیشترین فیبر و بدون صمغ و کمترین میزان آن در نمونه دارای بیشترین صمغ و بدون فیبر مشاهده شد. همچنین، با گذشت زمان، سفتی تمامی نمونه‌ها به طور معنی‌داری افزایش یافت. فیبر و صمغ گوار هر دو باعث کاهش کالری کیک صبحانه شدند ولی تاثیر فیبر سیب به مراتب چشمگیرتر بود به گونه‌ای که کمترین کالری در تیمار حاوی بالاترین فیبر و صمغ مشاهده شد. نتایج ارزیابی حسی نشان داد که اختلاف آماری معنی‌داری در امتیاز طعم، بو و رنگ نمونه‌ها وجود نداشت؛ با این حال، امتیاز بافت و پذیرش کلی نمونه‌های حاوی فیبر بیشتر و صمغ کمتر، پایین‌تر از نمونه‌های دیگر بود. به دلیل امتیاز حسی بالاتر، فیبر بیشتر و همچنین کالری پایین‌تر نسبت به نمونه شاهد، نمونه حاوی 10% فیبر سیب و 1% صمغ گوار به عنوان تیمار برتر انتخاب شد.

کلیدواژگان: کیک صبحانه، کم‌کالری، فیبر سیب، صمغ گوار، فیزیکوشیمیایی، حسی

* مسئول مکاتبات: asharifi@qiau.ac.ir

1- مقدمه

به بازسازی بخش عمده‌ای از مطلوبیت بافتی و ارگانولپتیکی از دست رفته این محصولات می‌باشد [9]. به علاوه، افزودن فیبرهای رژیمی به فرمولاسیون‌های غذایی، به عنوان ترکیبات سلامت بخش، در ارتقای سلامت عمومی جامعه موثر خواهد بود [10]. فرآورده‌های غله‌ای به مقدار زیاد و به صورت روزانه مصرف می‌شود و از این رو، هدف مناسبی جهت افزودن فیبرهای رژیمی می‌باشند. مصرف غذاهای سرشار از فیبر از بروز بیماری‌های قلبی و عروقی جلوگیری می‌کند [11]. در سال‌های اخیر تفاله سیب به دلیل ارزش غذایی بالا و همچنین دارا بودن ترکیبات زیست فعال‌مورد توجه محققین قرار گرفته است. تفاله سیب منبع خوبی از فیبر با تعادل مناسب بین بخش‌های محلول و نامحلول می‌باشد. حضور ترکیبات زیست فعال مثل فلاونوئیدها، پلی فنول‌ها و کاروتن‌ها در تفاله سیب، از دیگر دلایل جذابیت استفاده از آن در فرمولاسیون‌های غذایی است [12].

یکی از ترکیباتی که از پتانسیل بالایی برای استفاده به عنوان جایگزین چربی برخوردار می‌باشد، صمغ گوار است. صمغ گوار از آسیاب آندوسپرم دانه گیاه *Cyamopsis tetragonoloba* بدست می‌آید. گالاتومانان که خود متشکل از زنجیره اصلی مانوز با پیوندهای $\beta(1 \rightarrow 4)$ و شاخه‌های جانبی گالاتوز یا پیوندهای $\alpha(1 \rightarrow 6)$ می‌باشد پلی‌ساکارید عمده‌ی تشکیل‌دهنده گوار (80%) می‌باشد [13]. بخش گالاتومانان گوار در بدن قابل هضم نیست و از این رو، به عنوان یک فیبر تغذیه‌ای در نظر گرفته می‌شود. صمغ گوار، علاوه بر ویژگی‌های سلامت‌افزایی که از ماهیت فیبری گالاتومانان ناشی می‌شود، به دلیل توانایی بالا در ایجاد ویسکوزیته در محلول‌های آبی، از کاربردهای تکنولوژیکی فراوانی در میوه‌ها و سبزیجات فرآوری‌شده، فرآورده‌های لبنی، فرآورده‌های نانویی و قنادی برخوردار می‌باشد [14]. بر پایه آنچه گفته شد، هدف از این پژوهش، تولید کیک صبحانه کم‌کالری با مقادیر مختلف فیبر سیب و صمغ گوار با ویژگی‌های مطلوب ارگانولپتیک بود.

کیک نوعی شیرینی با بافت و نرمی مخصوص است که به عنوان یک منبع کالری‌زا حد واسط نان و بیسکویت قرار دارد [1]. به طور کلی، آرد، روغن، شکر و تخم‌مرغ اجزای اصلی تشکیل‌دهنده فرمولاسیون بسیاری از کیک‌ها می‌باشند؛ با این حال، در برخی از انواع مختلف کیک‌ها، از موادی همچون نشاسته، کره و مایعاتی مثل شیر، آب یا آب‌میوه و سبزیجات مختلف و همچنین از حجم‌دهنده‌هایی مانند بیکنینگ پودر¹ نیز استفاده می‌شود [2]. این محصول پر انرژی بایستی دارای یک بافت متخلخل و اسفنجی متشکل از حفره‌های ریز با دیوارهای نازک باشد [3]. در واقع، خمیر کیک، یک امولسیون روغن در آب است که ذرات چربی به طور نامنظم در فاز آبی که شامل ذرات میسل‌های پلاسما‌ی زرده تخم‌مرغ، گرانول‌های زرده تخم‌مرغ و آرد هستند، پراکنده شده‌اند [4]. از این رو، چربی از نقشی کلیدی در شکل‌گیری ویژگی‌های بافتی و ارگانولپتیکی مورد انتظار از انواع مختلف کیک برخوردار می‌باشد. این در حالی است که در سال‌های اخیر، با توجه به شیوع چاقی و بیمارهای ناشی از آن همچون بیماری‌ها قلبی-عروقی، دیابت، فشار خون بالا و برخی از انواع سرطان‌ها، تقاضا برای محصولات کم‌کالری افزایش پیدا کرده است [5]. در محاسبات انرژی چربی دارای بالاترین فاکتور است، کاهش آن در فرمولاسیون غذاهای کم‌کالری، مورد توجه قرار گرفته است [6]. از سوی دیگر به دلیل نقش کلیدی چربی در کیک می‌بایست جایگزینی برای آن انتخاب شود تا علاوه بر کاهش کالری، ویژگی‌های بافتی و ارگانولپتیکی محصول را نیز دستخوش تغییرات ناخوشایند نکند [6]. هیدروکلوئیدها و فیبرهای رژیمی از انتخاب‌های اصلی جایگزینی چربی در فرآورده‌های مختلف غذایی از جمله کیک‌ها به شمار می‌روند [7، 8]. جذابیت اصلی این ترکیبات به عنوان جایگزین چربی، معمولاً به ویژگی‌های آبدوستی قابل ملاحظه آنها نسبت داده می‌شود. آب جذب شده بوسیله این ترکیبات، در غیاب یا حضور کم‌رنگ چربی، از طریق شبیه‌سازی نقش چربی، قادر

2- مواد و روش‌ها

2-1- مواد

23 درصد) توسط مخلوط‌کن با دور بالا به مدت 3 دقیقه کاملاً مخلوط شدند. سپس، روغن (10 درصد) و آب (17 درصد) به مخلوط اضافه شدند. در ادامه، آرد (36 درصد)، وانیل (0/1 درصد)، نمک طعام (0/3 درصد)، بیکنینگ پودر (1/2 درصد)، صمغ گوار در سه سطح (0، 0/5 و 1 درصد وزنی/وزنی جایگزین روغن موجود در فرمولاسیون) و فیبرسیب درختی در سه سطح (0، 10 و 20 درصد براساس وزنی/وزنی جایگزین آرد موجود در فرمولاسیون) به مخلوط افزوده شدند (جدول 1). پس از همگن کردن مخلوط به مدت 3 دقیقه، خمیر بدست آمده، به مدت 30 دقیقه در دمای 175 درجه سانتیگراد پخت شد. در نهایت نمونه‌های کیک پس از خنک شدن در بسته‌بندی‌های پلی‌اتیلن با درزبندی حرارتی بسته‌بندی شدند و جهت بررسی ویژگی‌های مورد نظر در دمای 4 درجه‌سنتی‌گراد نگهداری شد.

فیبر سیب از شرکت بهپارس (تهران، ایران) و صمغ گوار از شرکت ریحان گام پارسیان (گرگان، ایران) خریداری شدند. آرد گندم، بیکنینگ پودر، تخم‌مرغ، روغن و شکر از فروشگاه‌های محلی (قزوین، ایران) تهیه شدند. مواد شیمیایی مورد استفاده در این پژوهش شامل اسیدسولفوریک، سولفات مس، سیلیکاژل، اسیدکلریدریک، فنل‌فتالین، متیلن‌بلو، تاراتارات مضاعف سدیم و پتاسیم، دی‌پتاسیم اگزالات و هیدروکسیدسدیم، همگی از درجه آنالیتیکال برخوردار بودند و از شرکت مرک (آلمان) تهیه شدند.

2-2- روش تولید کیک صبحانه

تولید کیک صبحانه در این پژوهش به صورت قالبی انجام شد. در مرحله‌ی نخست، تخم‌مرغ (12/4 درصد) و شکر

Table 1 Treatments of this study

Treatments	Description
T ₀ (control)	Cake containing 0% apple fiber + 0% guar gum
T ₁	Cake containing 10% apple fiber + 0% guar gum
T ₂	Cake containing 20% apple fiber + 0% guar gum
T ₃	Cake containing 10% apple fiber + 0.5% guar gum
T ₄	Cake containing 20% apple fiber + 0.5% guar gum
T ₅	Cake containing 10% apple fiber + 1% guar gum
T ₆	Cake containing 20% apple fiber + 1% guar gum
T ₇	Cake containing 0% apple fiber + 0.5% guar gum
T ₈	Cake containing 0% apple fiber + 1% guar gum

چربی‌گیری شد. سپس، 3 گرم از نمونه بدون چربی درون کروسیبل دستگاه ریخته شد و 200 میلی‌لیتر اسید سولفوریک 0/255 نرمال به آن افزوده شد. عمل جوشاندن به مدت 30 دقیقه انجام شد و پس از طی این مرحله اسید به وسیله خلاء دستگاه تخلیه گردید. مجدداً به مواد داخل کروسیبل 200 میلی‌لیتر محلول سود 0/313 نرمال اضافه و به مدت 30 دقیقه جوشانده شد و سپس مخلوط حاصله تحت خلاء دستگاه تخلیه گردید. پس از آن مواد داخل کروسیبل چندین مرتبه با آب شستشو داده شد و در نهایت کروسیبل تا رسیدن به وزن ثابت در دمای 100 درجه سانتیگراد قرار گرفت. پس از توزین،

2-3- محاسبه میزان پروتئین

آزمون تعیین پروتئین به روش کلدال وبا پیروی از دستورالعمل استاندارد AACC شماره 12-64 انجام شد [15].

2-4- محاسبه میزان چربی

آزمون تعیین چربی به روش سوکسله و مطابق با دستورالعمل استاندارد AACC شماره 25-30 انجام شد [15].

2-5- محاسبه میزان فیبر

آزمون تعیین فیبر با پیروی از استاندارد AACC شماره 10-32 انجام شد. برای این منظور، ابتدا نمونه به وسیله پترولیوم‌تر

مورد نظر قرار داده شد. در ادامه، پس برای احتراق نمونه، شیر کپسول سوخت (اکسیژن) باز شد و میزان حرارت حاصل از سوختن شدن نمونه از طریق سنسور حرارتی متصل به گالوانومتر محاسبه گردید. انرژی حاصله از طریق رابطه 2 محاسبه شد:

$$E = \frac{54.466 \times (D - 0.1)}{C}$$

C: وزن نمونه (گرم) D: عدد گالوانومتر 0/1: انرژی حاصل از سوختن فیتیله 466/54: انرژی حاصل از سوختن اسید بنزوتیک [16]

2-9- شمارش کلی کپک و مخمر

کیفیت میکروبی نمونه‌ها، با شمارش کپک و مخمرها مورد ارزیابی قرار گرفت. ابتدا، محیط کشت ساپروکستروز آگار تهیه و در اتوکلاو استریل شد. در ادامه، از نمونه‌های مورد آزمایش، توسط محلول رینگر رقت‌های سریالی تهیه شد. پس از اضافه کردن محیط کشت ساپروکستروز آگار به پلیت‌های حاوی 1 CC نمونه و تکان دادن آن‌ها، گرمخانه‌گذاری در انکوباتور 30 درجه سلسیوس به مدت 72 ساعت اعمال شد. در پایان، کلونی‌ها شمارش و میانگین دو پلیت از حاصل ضرب تعداد کلونی‌ها در عکس رقت محاسبه شد [17].

2-10- ارزیابی حسی

ارزیابی حسی نمونه‌های کیک، توسط یک پنل 20 نفره متشکل از مهندسين صنايع غذایی انجام شد. نمونه‌ها بر اساس طرح هدونیک 5 نقطه‌ای و از نظر ویژگی‌های طعم، عطر و بو، رنگ، بافت و پذیرش کلی مورد ارزیابی قرار گرفتند. بر این اساس و مطابق با فرم‌های کنترل کیفی تهیه شده از افراد خواسته شد به نمونه‌ها امتیاز 1 تا 5 داده شود که امتیازات بیانگر خوب و بد بودن نمونه‌ها به ترتیب، بسیار خوب (5 امتیاز)، خوب (4 امتیاز)، متوسط (3 امتیاز)، بد (2 امتیاز)، بسیار بد (1 امتیاز)، بود.

2-11- تجزیه و تحلیل آماری

آزمون براساس یک طرح کاملاً تصادفی با 9 تیمار در 3 تکرار طرح‌ریزی شد. برای بررسی اختلاف موجود بین میانگین‌ها، از

کروسبیل درون کوره 550 درجه سانتیگراد قرار گرفته و به خاکستر تبدیل شد. پس از سرد شدن، کروسبیل توزین گردید و میزان فیبر با استفاده از رابطه 1 به دست آمد.

$$F = \frac{(W_2 - W_1)}{M} \times 100 \quad (1)$$

که W_2 وزن کروسبیل حاوی نمونه پس از آون‌گذاری و W_1 وزن کروسبیل حاوی خاکستر پس از کوره‌گذاری، m وزن رابطه (2) نمونه بر حسب گرم F میزان فیبر کل است [15].

2-6- محاسبه میزان کربوهیدرات

میزان کربوهیدرات بوسیله روش دنیتروسالسیلیک اسید (DNS) اندازه‌گیری شد. در این روش، زمانی که محلول قلیایی 3 و 5 نیتروسالسیلیک اسید با قند احیاء‌کننده واکنش می‌دهد (مانند گلوکز، لاکتوز) به 3-آمینو-5-نیتروسالسیلیک اسید تبدیل می‌شود و رنگ معرف از زرد به نارنجی یا قرمز تغییر می‌کند که این تغییر رنگ بستگی به غلظت قند احیاء‌کننده دارد [15].

2-7- آزمون بافت سنجی

برای تعیین خصوصیات بافت کیک از دستگاه بافت‌سنج بروکفیلد مدل Tact Pro و طبق روش استاندارد AACC، شماره 30-74 استفاده شد. در این روش ابتدا یک سانتی‌متر از بالای کیک جدا شد تا سطح رویی کیک یکنواخت شود و سپس کیک در زیر پروب صفحه‌ای با ابعاد 40×40 میلی‌متر قرار گرفت و آزمون فشاری دو مرحله‌ای بر روی آن انجام شد. سرعت پروب 5 میلی‌متر بر ثانیه، فواصل زمانی 10 ثانیه و کمپرس 25% ارتفاع کیک انجام شد و ماکزیمم نیروی فشاری، ثبت شد [15].

2-8- محاسبه کالری

برای ارزیابی کالری تیمارهای کیک رژیمی و نمونه شاهد، مطابق با روش قندهاری یزدی و همکاران (1392) به وسیله بمب کالری‌متر (UK, Ballistic Gallenkamp) در 3 تکرار انجام گرفت. برای انجام این آزمون ابتدا نمونه‌ها به طور کامل همگن شده و سپس به مدت 24 ساعت در آون قرار داده (به دلیل به دست آوردن انرژی خام 100% ماده خشک) شدند. در مرحله بعد، 0/5 گرم از نمونه مورد نظر وزن شده و در محفظه

آنالیز واریانس یک طرفه و آزمون مقایسه میانگین دانکن در سطح معنی‌داری 5 درصد استفاده شد. تجزیه و تحلیل‌های آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه 21 انجام گردید.

3- نتایج و بحث

3-1- نتایج آزمون‌های فیزیکوشیمیایی

نتایج مقایسه میانگین پروتئین نمونه‌ها در جدول 2 ارائه شده است. بر پایه این یافته‌ها، تفاوت معنی‌داری بین میزان پروتئین نمونه‌های حاوی غلظت‌های مختلف گوار مشاهده نشد. این در حالی بود که با افزایش سطح فیبر سیب، مقدار پروتئین در نمونه‌های کیک تولیدی کاهش پیدا کرد به طوری که میزان پروتئین نمونه شاهد، T₇ (حاوی 0% فیبر سیب + 0/5% صمغ گوار) و T₈ (حاوی 0% فیبر سیب + 1% صمغ گوار) به طور معنی‌داری بالاتر از نمونه‌های دیگر بود ($P < 0.05$). پائین‌ترین میزان پروتئین در نمونه‌های T₂ (حاوی 20% فیبر سیب + 0% صمغ گوار)، T₄ (حاوی 20% فیبر سیب + 0/5% صمغ گوار) و T₆ (حاوی 20% فیبر سیب + 1% صمغ گوار) ملاحظه شد. مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره 2553، میزان پروتئین کیک‌های روغنی با احتساب ضریب پروتئین 5/7 می‌بایست کمینه 7 درصد وزنی بر مبنای ماده خشک باشد که در تمامی نمونه‌های مورد بررسی در محدوده استاندارد قرار داشت [18]. علت کاهش جزئی پروتئین به لحاظ کمی در نمونه‌های کیک را می‌توان به دلیل افزوده شدن فیبر نسبت داد که جایگزین وزنی آرد شده است. به عبارت دیگر زیاد بودن مقدار پروتئین در نمونه‌ی شاهد به دلیل حضور بیشتر پروتئین گلوتن در آرد مصرفی و رقت آن در تیمارهای حاوی فیبر می‌باشد. در یافته‌هایی مشابه، لی و جو¹ (2007) در ارتباط با بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی نان‌های غنی شده با پودر کدو تنبل مشاهده کردند که افزایش مقدار کدو تنبل از 5 به 15%، سبب کاهش میزان پروتئین در نمونه‌های تولیدی نسبت به نمونه شاهد شد [19]. مهدیان و همکاران (1392) نیز عنوان داشتند که با افزایش سطوح مصرف فیبر تفاله چغندر قند، میزان پروتئین در نان‌های تست تولیدی نسبت به نمونه شاهد کاهش یافته است [20]. کاهش پروتئین محصول نهایی در

پژوهش‌هایی در ارتباط با افزودن پودر انبه به بیسکوئیت [21] و پودر موز به نان تست [22] نیز گزارش شده است. نتایج مقایسه میانگین میزان چربی نمونه‌های کیک حاوی غلظت‌های مختلف فیبر سیب و صمغ گوار (جدول 2) نشان داد که بالاترین میزان چربی متعلق به نمونه شاهد (فاقد فیبر سیب و صمغ گوار)، T₁ (کیک حاوی 10% فیبر سیب + 0% صمغ گوار) و T₂ بوده است و پائین‌ترین میزان چربی در تیمارهای T₅ (حاوی 10% فیبر سیب + 1% صمغ گوار) و T₆ مشاهده شد ($P < 0.05$). در تحقیق حاضر از آنجایی که صمغ گوار جایگزین چربی در فرمولاسیون شده است، بیشترین کاهش چربی در نمونه‌های حاوی بیشترین مقادیر صمغ مشاهده شد. نتایج حاصل از تحقیق شریعت منش و شریفی (1397) نشان داد افزایش میزان پودر ژل آلوه‌ورا جایگزین‌شده، از میزان چربی موجود در فرمولاسیون کیک در مقایسه با نمونه شاهد کاست. پایین‌ترین سطح چربی مربوط به نمونه حاوی 13/12 درصد پودر آلوه‌ورا و بالاترین آن مربوط به نمونه شاهد بود [23].

نتایج مقایسه میانگین فیبر نمونه‌های مختلف کیک در جدول 2 نشان‌دهنده شده است. آنگونه که قابل پیش‌بینی بود، با افزایش نسبت فیبر سیب در فرمولاسیون، میزان فیبر نمونه‌ها به طور معنی‌داری افزایش یافت ($P < 0.05$) به طوری که بالاترین میزان فیبر در نمونه‌های T₂، T₄ و T₆ و کمترین میزان فیبر در نمونه شاهد و نمونه‌های T₇ و T₈ ملاحظه شد ($P < 0.05$).

یافته‌های حاصل از اندازه‌گیری میزان کربوهیدرات نمونه‌ها (جدول 2) نشان داد که میزان کربوهیدرات نمونه شاهد و نمونه‌های T₇ و T₈ به طور معنی‌داری بالاتر از نمونه‌های دیگر بود ($P < 0.05$). پایین‌ترین میزان کربوهیدرات نیز در نمونه‌های T₂، T₄ و T₆ مشاهده شد ($P < 0.05$) تفاوت‌های مشاهده شده را می‌توان به تفاوت در میزان نشاسته (کربوهیدرات) نمونه‌ها نسبت داد. در واقع، نمونه‌های محتوی مقادیر بالاتر فیبر، به دلیل جایگزینی بیشتر نشاسته، کربوهیدرات کمتری داشته‌اند. مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره 2553، میزان قندهای ساده کیک‌های روغنی می‌بایست کمینه 25 درصد وزنی بر مبنای ماده خشک باشد که در تمامی نمونه‌های مورد بررسی در محدوده استاندارد قرار داشت [18].

Table 2 Physicochemical evaluation results of breakfast cake.

carbohydrate(%)	Fiber(%)	Fat(%)	Protein(%)	Treatments
43.56±0.30 ^b	1.10±0.30 ^g	17.40±0.06 ^a	11.55±0.30 ^a	T ₀
36.57±0.12 ^d	10.20±0.12 ^f	17.31±0.16 ^a	10.50±0.12 ^b	T ₁
31.57±0.12 ^e	20.80±0.12 ^a	17.22±0.37 ^{ab}	9.10±0.12 ^c	T ₂
36.57±0.12 ^d	10.80±0.12 ^e	16.99±0.06 ^b	10.50±0.12 ^b	T ₃
31.46±0.92 ^c	20.10±0.92 ^c	16.93±0.16 ^b	9.27±0.92 ^c	T ₄
37.57±0.30 ^c	11.18±0.30 ^d	16.45±0.06 ^c	10.41±0.30 ^b	T ₅
30.78±0.12 ^c	20.43±0.12 ^b	16.30±0.16 ^c	9.10±0.12 ^c	T ₆
44.25±0.12 ^a	1.00±0.12 ^g	17.01±0.06 ^b	11.31±0.12 ^a	T ₇
44.35±0.12 ^a	1.02±0.12 ^g	16.40±0.16 ^c	11.37±0.12 ^a	T ₈

Different lowercase letters stand for significant differences between treatments ($p < 0.05$).

(T₀: control, T₁: Cake containing 10% apple fiber + 0% guar gum, T₂: Cake containing 20% apple fiber + 0% guar gum, T₃: Cake containing 10% apple fiber + 0.5% guar gum, T₄: Cake containing 20% apple fiber + 0.5% guar gum, T₅: Cake containing 10% apple fiber + 1% guar gum, T₆: Cake containing 20% apple fiber + 1% guar gum, T₇: Cake containing 0% apple fiber + 0.5% guar gum, T₈: Cake containing 0% apple fiber + 1% guar gum)

به طوری که نمونه‌های محتوی مقادیر بالاتر فیبر، به دلیل جایگزینی بیشتر نشاسته، کالری کمتری را ایجاد نموده‌اند. همچنین نمونه‌های محتوی مقادیر بالاتر صمغ گوار، به دلیل جایگزینی بیشتر روغن، کالری کمتری را ایجاد نموده‌اند. سایر محققین به نتایج مشابهی در مورد افزودن پودر ژل آلوه‌ورا به کیک دست یافتند. کاهش میزان کالری کیک‌های تیمار شده با پودر ژل آلوه‌ورا در اثر کاهش میزان چربی فرمولاسیون و به علت غنی بودن پودر ژل آلوه‌ورا از فیبر بود [23].

شکل 2، یافته‌های بدست آمده از بررسی سفتی بافت نمونه‌های کیک حاوی غلظت‌های مختلف فیبر سیب و صمغ گوار را نشان می‌دهد. بالاترین میزان نیرو در نمونه T₂ (دارای بیشترین فیبر و بدون صمغ) و کمترین میزان سختی در نمونه T₈ (دارای بیشترین صمغ و بدون فیبر) مشاهده شد. همچنین، با گذشت زمان، میزان نیرو بر حسب نیوتن (سفتی) برای تمامی نمونه‌ها به طور معنی‌داری افزایش یافت ($P < 0.05$). بیاتی یا سفت شدن بافت محصولات صنایع پخت در طول مدت زمان نگهداری، فرآیند پیچیده‌ای است که عوامل متعددی نظیر رترورگراداسیون آمیلوپکتین، آرایش مجدد پلیمرها در ناحیه آمورف، کاهش مقدار رطوبت و یا توزیع رطوبت بین ناحیه آمورف و کریستالی در آن دخیل است [24]. وجود گروه‌های هیدروکسیل در ساختار صمغ و فعالیت متقابل این

شکل 1، نتایج حاصل از اندازه‌گیری کالری نمونه‌های کیک محتوی مقادیر مختلف فیبر سیب و صمغ گوار را به تصویر کشیده است. بر پایه این یافته‌ها، بالاترین میزان کالری به نمونه شاهد (فاقد فیبر سیب و صمغ گوار) و پس از آن، به ترتیب به نمونه‌های T₇ و T₈ تعلق داشت ($P < 0.05$). پایین‌ترین میزان کالری در تیمارهای T₅ و T₆ مشاهده شد ($P < 0.05$). تفاوت در میزان کالری نمونه‌های مختلف را می‌توان به تفاوت در میزان نشاسته (کربوهیدرات) آنها نسبت داد.

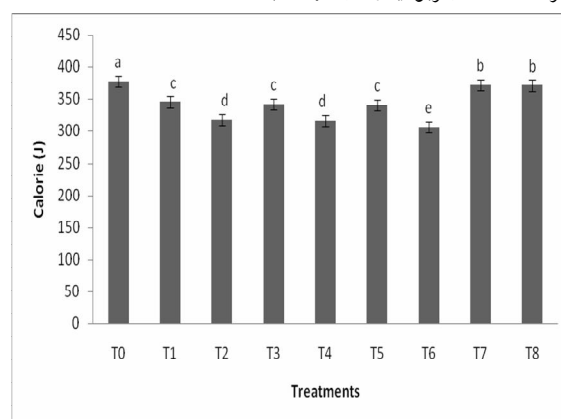


Fig 1 Calorie of the cake samples containing different amounts of apple fiber and guar gum. Different lowercase letters stand for significant differences between treatments ($p < 0.05$).

حاصل حاوی فیبر در مقایسه با نمونه شاهد توسط محققین گزارش شد [28].

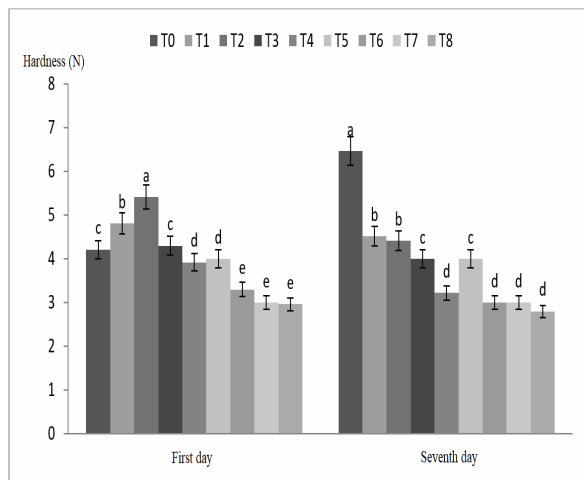


Fig 2 Hardness of the cake samples containing different amounts of apple fiber and guar gum. Different lowercase letters stand for significant differences between treatments ($p < 0.05$).

3-2- نتایج شمارش کپک و مخمر کیک

در تحقیق حاضر جمعیت کپک و مخمر برای تمامی تیمارهای مورد بررسی با توجه با اینکه در رقت 10^1 کمتر از 10cfu/g تخمین زده شد [29]، عدد 0 گزارش شد.

3-3- نتایج آزمون ارزیابی حسی

نتایج ارزیابی ویژگی‌های حسی نمونه‌های کیک تولیدی با سطوح مختلف فیبر سیب و صمغ گوار، در شکل 3 نشان داده شده است. حضور مقادیر مختلف فیبر سیب و یا صمغ گوار منجر به تأثیر معنی‌داری در ویژگی‌های حسی مانند طعم، عطر و بو و رنگ نشده است. در ارتباط با پارامتر طعم، به نظر می‌رسد که حتی طعم نمونه‌های حاوی فیبر به مقدار جزئی از نمونه شاهد بهتر بوده است. نجفی و همکاران (1396) در بررسی تأثیر افزودن پودر پوست پرتقال به عنوان منبع فیبری بر روی نمونه‌های مافین [30] و نور ازبیه و همکاران در ارزیابی خصوصیات حسی کیک اسفنجی غنی شده با فیبر انبه [31]، بهبود طعم را در نتیجه حضور منبع فیبری گزارش کردند. مشاهده شده است که حضور منابع فیبری مانند فیبر انبه و پودر کدو تنبل [19] باعث بهبود مطلوبیت عطر و بوی محصولات آردی می‌شود. اما، در ارتباط با رنگ این محصولات، پژوهش‌هایی مانند پژوهش مجذوبی و همکاران (2018) که به

گروه‌ها با آب از طریق پیوند هیدروژنی، سبب افزایش جذب آب می‌شود؛ صمغ به علت محبوس کردن آب در ساختار خود خواص جریانی مشابه چربی را ایجاد می‌کند و در نتیجه سبب نرمی بافت می‌گردد. از سوی دیگر صمغ این توانایی را دارد که با رشته‌های آمیلوز پیوند برقرار کرده و مانع از اتصال رشته-های آمیلوزی به یکدیگر (ترتوگراداسیون) شود [25]. آشوینی¹ و همکاران بیان کردند که هیدروکلونیدها سبب افزایش ظرفیت اتصال به آب در محیط آبی نشاسته می‌گردند. این واقعیت بیانگر کنترل تحرک آب بوده و یکی از فاکتورهای مهم در جلوگیری از بیاتی نشاسته و سفتی بافت می‌باشد [26]. آنها به این نتیجه رسیدند که استفاده از صمغ عربی و هیدروکس پیرویل متیل سلولز به عنوان جایگزین تخم مرغ در کیک سبب کاهش سفتی کیک و بهبود بافت آن گردید. دلیل موثر بودن صمغ‌ها در نرمی بافت، حفظ و نگهداری رطوبت در بافت کیک و جلوگیری از مهاجرت رطوبت و انتقال آن به رشته‌های نشاسته و کریستاله شدن آنها می‌باشد اما در غلظت‌های بالاتر و با گذشت زمان ممکن است به دلیل ایجاد ویسکوزیته بالا در خمیر، ایجاد شبکه گلوتهنی قوی و در نتیجه ایجاد بافت سفت‌تر در کیک گردند [26]. گوآردا² و همکاران (2004) اثر بهبود دهنده‌گی آلزینات سدیم، گزانتان، کاپا-کاراگینانو HPMC بر کیفیت نان‌تازهو کاهشفرآیند بیاتی را نیز مورد مطالعه قرار دادند. آنها دریافتند که هر هیدروکلونید بسته به خواستگاه، تأثیر متفاوتی داشت. در حالیکه تمامی هیدروکلونیدها نرخ از دست دادن رطوبت مغز نان را در طول نگهداری کاهش می‌دادند، آلزینات سدیم و HPMC تأثیر بیشتری در به تأخیر انداختن بیاتی داشتند [27].

در ارتباط با تأثیر فیبر سیب بر میزان سفتی، مشاهده شد که بر خلاف روز نخست، در روز هفتم نمونه‌های حاوی فیبر و بدون صمغ (T7 و T8) دارای سفتی کمتری نسبت به نمونه شاهد بودند. در واقع، حضور فیبر باعث کاهش بیاتی طی دوره نگهداری شده است. موحد و همکاران، (2014) در بررسی تأثیر فیبر پودر موز بر خواص کیفی نان تست بیان نمودند که پودر موز به عنوان یک منبع غنی از فیبرهای محلول و نامحلول در به تأخیر انداختن بیاتی موثر بوده است [22]. در ارزیابی خواص کیفی نانهای تست غنی شده با آرد سیب زمینی به عنوان منبع فیبری جدید و صمغ زانتان، کاهش بیاتی نانهای

1. Ashwini
2. Guarda

زانتان نسبت به نمونه شاهد دارای میزان تخلخل بیشتری است [35]. تاثیر منفی حضور فیبر (در نبود یا حضور کم رنگ صمغ) بر بافت، در پذیرش کلی محصول نیز پدیدار شد. نتایج مقایسه میانگین نمونه‌ها نشان داد پائین‌ترین امتیاز پذیرش کلی متعلق به نمونه‌های T_1 ، T_2 و T_4 بود و اختلاف آماری معنی داری بین دیگر تیمارها ملاحظه نشد ($p > 0.05$).

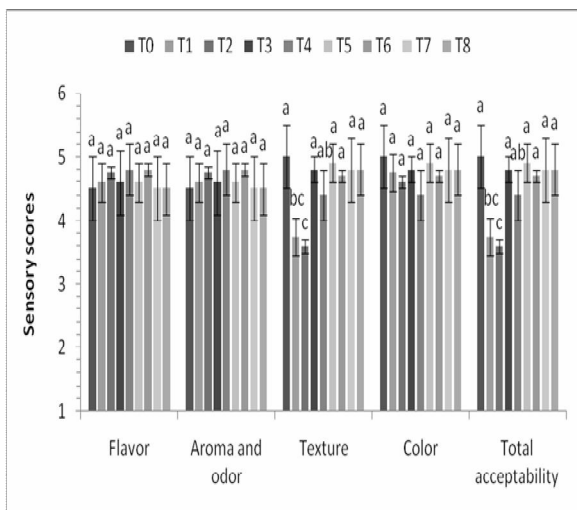


Fig 3 Sensory scores of the cake samples containing different amounts of apple fiber and guar gum
Different lowercase letters stand for significant differences between treatments ($p < 0.05$).

4- نتیجه‌گیری کلی

یافته‌های این پژوهش نشان داد که جایگزینی نسبی آرد مورد استفاده در فرمولاسیون کیک با فیبر سیب، باعث کاهش پروتئین و کربوهیدرات محصول و افزایش قابل ملاحظه فیبر آن شد ولی میزان چربی را تحت تاثیر قرار نداد. در نقطه مقابل، جایگزین کردن بخشی از روغن فرمولاسیون با صمغ گوار منجر به تغییر معنی‌داری در پروتئین، چربی و فیبر کیک صبحانه نشد ولی بالطبع با کاهش چربی محصول همراه بود. با توجه به جایگزین شدن بخشی از اجزای پرکالری فرمولاسیون کیک با فیبر سیب و صمغ گوار، بیشترین کاهش کالری در نمونه حاوی بالاترین سطح از این دو جز مشاهده شد. فیبر سیب باعث افزایش سفتی و صمغ گوار باعث کاهش آن شد که به نوبه خود، به ترتیب، کاهش و افزایش پذیرش مصرف‌کنندگان را در پی داشت. البته در ارتباط با سایر ویژگی‌های حسی از جمله طعم، بو و رنگ، تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌های مختلف مشاهده نشد. با در نظر گرفتن

بررسی تاثیر فیبر جوی دوسر بر خواص کیفی کیک پرداختند، تاثیر منفی فیبر بر رنگ محصول به دلیل سفتی بافت و تیرگی متعاقب پوسته، مشاهده شده است [32]. در پژوهش جاری نیز، مطلوبیت رنگ نمونه‌های حاوی فیبر به میزان جزئی کمتر از نمونه شاهد بود که البته از لحاظ آماری فاقد اهمیت بود. مقصودلو و همکاران (1395) در بررسی تاثیر جایگزینی بخشی از آرد با فیبر نشاسته مقاوم بر ویژگی‌های کیفی کیک اسفنجی بیان نمودند که تغییرات قابل توجهی در رنگ کیک‌ها با یکدیگر مشاهده نگردید [33]. تاثیر منفی حضور فیبر بر ویژگی‌های حسی در مورد بافت کاملاً چشمگیر بود به گونه‌ای که پائین‌ترین امتیاز بافت به نمونه‌های T_1 ، T_2 و T_4 تعلق گرفت. این در حالی است که بین سایر نمونه‌ها و نمونه شاهد اختلاف آماری معنی‌داری ملاحظه نشد ($p > 0.05$). اینطور به نظر می‌رسد که نمونه‌های محتوی مقادیر بالاتر فیبر به دلیل حجم و میزان تخلخل پائین‌تر امتیاز بافت خوبی کسب ننموده‌اند. از سوی دیگر، حضور صمغ گوار باعث بهبود کیفیت بافت نمونه‌های فیبر شده است به گونه‌ای که نمونه‌های حاوی 1 درصد صمغ گوار (در هر دو سطح فیبر سیب) فاقد تفاوت معنی‌دار آماری با نمونه شاهد بوده‌اند. این مهم، در ارتباط با نمونه حاوی 0/5 صمغ گوار و 10 درصد فیبر سیب (T_3) نیز مشاهده شد. در ارتباط با نمونه حاوی 0/5 صمغ گوار و 20 درصد فیبر سیب (T_4)، اگرچه دارای مطلوبیت بافت کمتری نسبت به نمونه شاهد بود ولی به گونه معنی‌داری دارای بافت بهتری نسبت به همتای فاقد صمغ خود (T_2) بود. زامبرانو¹ و همکاران (2004) در بررسی استفاده از صمغ زانتان و گوار برای تولید کیک‌های کم‌کالری بیان نمودند که کیک‌های تولید شده با استفاده از صمغ زانتان از نظر مقبولیت بافت در مقایسه با نمونه‌های دیگر بهتر بودند [34]. مطلوبیت بیشتر نمونه‌های حاوی صمغ نسبت به نمونه شاهد، به دلیل ویژگی صمغ‌ها در نگهداری رطوبت بافت و در نتیجه نرمی و ایجاد احساس خامه مانند در دهان می‌باشد. افزودن مقادیر مناسب هیدروکلوئید می‌تواند منجر به کیفیت مناسب‌تر خمیر و احتمالاً شکل‌گیری مناسب‌تر حباب‌های هوا در کیک شود به طوری که منجر به تخلخل و تردی مناسب کیک گردد و از طرفی از گسستگی آسان ساختار نمونه جلوگیری شود [35]. تورابی² و همکاران (2008) گزارش کردند که کیک حاوی

1. Zambrano
2. Turabi

- combination baking conditions of chestnut-rice breads. *International journal of food science & technology*, 46(9), 1809-1815.
- [12] Masoodi, F. A., & Chauhan, G. S., 1998. Use of apple pomace as a source of dietary fiber in wheat bread. *Journal of Food Processing and Preservation*, 22(4), 255-263.
- [13] Mudgil, D., Barak, S., Khatkar, B.S., 2014. Guar gum: processing, properties and food applications—A Review. *Journal of Food Science and Technology*, 51:409-418.
- [14] Mudgil, D., Barak, S., & Khatkar, B. S., 2017. Texture profile analysis of yogurt as influenced by partially hydrolyzed guar gum and process variables. *Journal of food science and technology*, 54(12), 3810-3817.
- [15] Anonymous, AACC. 2003. Approved Method of Analysis of the American Association of Cereal Chemist (10th ed). American Association of Cereal Chemistry, Inc., St Paul
- [16] Ghandehari Yazdi, A., Hojjatolleslami, M., Keramat, J. & Jahadi, J., 2013. "Study on the effect of replacing sucrose with Sucralose-Maltodextrin on the rheological properties and the amount of calories in Ghotab-A traditional confectionary." *Innovative Food Technologies*, 1(2), 49-58.
- [17] Fawole, M. O., & Oso, B. A., 2001. Laboratory manual of Microbiology: Revised edition spectrum books Ltd. *Ibadan*, 127.
- [18] Anonymous. 2006. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. No 2553. 3rd revision. Cake- Specification and test methods [In Persian].
- [19] Lee, S. M., & Joo, N., 2007. The optimization of muffin with the addition dried sweet pumpkin powder. *Journal of the Korean Dietetic Association*, 13(4), 368-378.
- [20] Mahdian, E., Ahmadzadeh, S. and Movahed, S., 2013. Effect of sugar beet fiber on physicochemical properties of toast bread. 2th National Congress of Food Science and Technology. [In Persian]
- [21] Aslam, H. K. W., Raheem, M. I. U., Ramzan, R., Shakeel, A., Shoaib, M., & Sakandar, H. A., 2014. Utilization of mango waste material (peel, kernel) to enhance dietary fiber content and antioxidant properties of biscuit. *Journal of Global Innovations in Agricultural and Social Sciences*, 2(2), 76-81.
- [22] Movahed, S., Zharfi, S. & Ahmadi Chenarbon, H., 2014. Investigation of

معیارهایی مانند محتوای فیبر، میزان کالری، و نمره ارزیابی حسی، نمونه حاوی 10% فیبر سیب و 1% صمغ گوار به عنوان نمونه بهینه کیک صبحانه کم کالری برگزیده شد.

5- منابع

- [1] Manley, D., 1998. *Biscuit, Cookie and Cracker Manufacturing Manuals: Manual 1: Ingredients* (Vol. 1). Woodhead Publishing.
- [2] Anonymous. 1992. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. No 2553. Cake- Specification and test methods [In Persian].
- [3] Manley, D., 2000. *Technology of biscuits, crackers and cookies*. Woodhead Publishing Ltd.
- [4] Manley, D., 2001. *Biscuit, cracker and cookie recipes for the food industry*. Elsevier.
- [5] Danesh, E., Goudarzi, M., & Jooyandeh, H., 2018. Transglutaminase-mediated incorporation of whey protein as fat replacer into the formulation of reduced-fat Iranian white cheese: physicochemical, rheological and microstructural characterization. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12(4), 2416-2425.
- [6] McClements, D. J., 2015. Reduced-fat foods: the complex science of developing diet-based strategies for tackling overweight and obesity. *Advances in Nutrition*, 6(3), 338S-352S.
- [7] Turabi, E., Sumnu, G., & Sahin, S., 2008. Rheological properties and quality of rice cakes formulated with different gums and an emulsifier blend. *Food hydrocolloids*, 22(2), 305-312.
- [8] Akoh, C. C., 1998. Fat replacers. *Food technology (USA)*.
- [9] Jooyandeh, H., Goudarzi, M., Rostamabadi, H., & Hojjati, M., 2017. Effect of Persian and almond gums as fat replacers on the physicochemical, rheological, and microstructural attributes of low-fat Iranian White cheese. *Food science & nutrition*, 5(3), 669-677.
- [10] Maphosa, Y., & Jideani, V. A., 2016. Dietary fiber extraction for human nutrition—A review. *Food Reviews International*, 32(1), 98-115.
- [11] Demirkesen, I., Sumnu, G., Sahin, S., & Uysal, N., 2011. Optimisation of formulations and infrared-microwave

- revision. Specification and test methods for volume and semi volume breads. [In Persian].
- [30] Najafi, Z., Movahed, S. & Ahmadi Chenarbon, H., 2017. Effect of citrus fiber replacement to oil and egg on some physico-chemical and organoleptic properties of muffin. *Iranian Food Technology and Research Journal*, 13 (4), 458-468. [In Persian]
- [31] Noor Aziah, A. A., Lee Min, W., & Bhat, R., 2011. Nutritional and sensory quality evaluation of sponge cake prepared by incorporation of high dietary fiber containing mango (*Mangifera indica* var. Chokanan) pulp and peel flours. *International journal of food sciences and nutrition*, 62(6), 559-567.
- [32] Majzoubi, M., Farahnaky, A., Hedayati, S., Habibi, M., & Ghiasi, F., 2018. Effects of commercial oat fiber on characteristics of batter and sponge cake. *Journal of Agriculture Science and Technology*, 17, 99-107.
- [33] Maghsoudlou, Y., Motamedzadegan, A. and CheraghpourKhonakdar, M., 2012. Effect of wheat bran on baking quality and shelf-life of Barbari. 2th National Congress of Food Safety, 2 (2), 65-73. [In Persian]
- [34] Zambrano, F., Despinoy, P., Ormenese, R. C. S. C., & Faria, E. V., 2004. The use of guar and xanthan gums in the production of 'light' low fat cakes. *International journal of food science & technology*, 39(9), 959-966.
- [35] Turabi, E., Sumnu, G., & Sahin, S., 2008. Rheological properties and quality of rice cakes formulated with different gums and an emulsifier blend. *Food hydrocolloids*, 22(2), 305-312.
- Rheological of Dough and Organoleptical Properties of Toast Breads Containing Banana Flour. *Iranian Food Technology and Research Journal*, 9 (4), 359-365. [In Persian]
- [23] Shariatmanesh, M., Sharifi, A., 2019. Optimization of functional cake formulation using Aloe veragel powder, *Journal of Food Science and Technology of Iran*. Vol. 15, No. 83, 2018 [In Persian]
- [24] Rodríguez-García, J., Sahi, S. S., & Hernando, I., 2014. Optimizing mixing during the sponge cake manufacturing process. *Cereal Foods World*, 59(6), 287-292.
- [25] Sudha, M. L., Baskaran, V., & Leelavathi, K., 2007. Apple pomace as a source of dietary fiber and polyphenols and its effect on the rheological characteristics and cake making. *Food chemistry*, 104(2), 686-692.
- [26] Ashwini, A., Jyotsna, R., & Indrani, D., 2009. Effect of hydrocolloids and emulsifiers on the rheological, microstructural and quality characteristics of eggless cake. *Food Hydrocolloids*, 23(3), 700-707.
- [27] Guarda, A., Rosell, C. M., Benedito, C., & Galotto, M. J., 2004. Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents. *Food hydrocolloids*, 18(2), 241-247.
- [28] Movahed, S., KhalatbariMohseni, G. & Ahmadi Chenarbon, H., 2017. Effect of potato flour and Xanthan hydrocolloid on rheological properties of dough and quality of toast bread. *Journal of Food Science and Technology*, 66 (14), 85-94. [In Persian]
- [29] Anonymous. 1999. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. No 2338. 3rd

Feasibility Study of producing low calorie breakfast cake using apple fiber and guar gum

Rajabi, S. ¹, Sharifi, A. ^{1*}

1. Department of Food Science and Technology, Faculty of Industrial and Mechanical Engineering, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran

(Received: 2019/05/06 Accepted: 2019/12/08)

Over the recent decades, prevalence of obesity and obesity-related comorbidities such as coronary heart disease, diabetes, hypertension and certain types of cancer has resulted in growing demands for low-calorie foods. However, removal or reduction of high-calorie ingredients from food formulations adversely affect the sensory properties of the final product. The purpose of this study was to develop a low-calorie fiber-enriched breakfast cake with desirable organoleptic properties. To this end, different amounts of apple fiber (0, 10 and 20%) and guar gum (0, 0.5, and 1%) were incorporated into the formulation of a breakfast cake, and the physicochemical, textural, microbial and sensory properties of the resultant samples were investigated in comparison with the control sample. The findings showed that inclusion of apple fiber in formulation of breakfast cake was accompanied by decrease in protein and carbohydrate contents but the fat content was not affected significantly. Conversely, partially substitution of fat with guar gum did not influenced the aforementioned three parameters. While the highest hardness was obtained for the sample with the highest fiber and the least gum (sample T2), the lowest compression resistance was recorded for the sample containing the most gum and the least fiber (sample T2). Moreover, the storage duration had an increasing effect of the hardness of all the samples. Apple fiber and guar gum both decreased the calorie of the product but the former had a more pronounced effect, so that the sample with the highest fiber and gum (sample T6) showed the lowest calorie. The results of sensory evaluation revealed that the samples did not significantly differ in terms of taste, odor and color scores; however, the samples incorporated with higher apple fiber and lower guar gum had lower texture and total acceptance scores. Due to the higher sensory scores, greater fiber content and lower calorie comparing to control sample, the sample T5 (10% apple fiber + 1% guar gum) was selected as the best treatment.

Keywords: Breakfast cake, Low-calorie, Apple fiber, Guar gum, Physicochemical, Sensory

* Corresponding Author E-Mail Address: asharifi@qiau.ac.ir