

## ویژگیهای فیزیکوشیمیایی، تغذیه‌ای، بافتی و حسی کیک اسفنجی غنی شده با فیبر چغندر قند

پونه مرادی<sup>۱</sup>، محمد گلی<sup>۲\*</sup>، جواد کرامت<sup>۳</sup>

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

۲- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

۳- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ایران

(تاریخ دریافت: ۹۷/۰۹/۰۳ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۵/۱۴)

### چکیده

با وجود اثرات درمانی متعدد فیبرهای غذایی، مقدار فیبر موجود در رژیم غذایی به طور کلی پایین تر از میزان توصیه شده می‌باشد. هدف اصلی از این پژوهش افزودن فیبر چغندر قند به فرمولاسیون کیک اسفنجی و تعیین خواص شیمیایی، فیزیکی و حسی محصول می‌باشد. بنابراین، فیبر در سطوح مختلف ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد (وزنی / وزنی بر اساس آرد) در فرمولاسیون کیک جایگزین آرد شد. افزایش میزان فیبر منجر به افزایش خاکستر، فیبر خام، فیبر مغذی، تراکم حفرات، میزان رطوبت، سفتی و حجم کیک گردید. علاوه بر این، پوسته و مغز کیک تیره‌تر شد. سختی کیک افزایش یافت در حالی که پیوستگی کاهش یافت. هم‌چنین کیک‌های حاوی فیبر خواص حسی قابل قبولی داشتند. نتایج حاصل از پذیرش کلی که میانگینی از خصوصیات حسی بود، نشان داد که نمونه حاوی ۱۰ درصد فیبر چغندر، بیش‌ترین مقبولیت را در بین داوران چشایی ایجاد کرد. نتایج حاصل از سایر آزمون‌ها نشان داد که افزودن فیبر تا سطح ۱۰ درصد قابل قبول بود و تفاوت معنی‌داری با نمونه شاهد نداشت ( $P > 0/05$ ).

**کلید واژگان:** کیک اسفنجی، فیبر چغندر قند، ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، ارزیابی حسی

\* مسئول مکاتبات: mgolifood@yahoo.com

## ۱- مقدمه

جذب کلسیم را بهبود می‌بخشد. این فیبر به وضوح کلسترول بد<sup>۴</sup> را کاهش داده و در کاهش فشار خون نیز موثر است. ظرفیت نگهداری آب فیبر تفاله چغندر قند ۵-۳ برابر وزن آن در آب و ۲/۵-۱ برابر وزن آن در روغن می‌باشد. شرایط نگهداری فایبرکس (فیبر تفاله چغندر قند شرکت دانیسکو) به صورت خشک در رطوبت کمتر از ۶۵ درصد با طول عمر ۸ سال می‌باشد. نقش فیبرها از جمله فایبرکس در فرمولاسیون کیک شامل کاهش سفتی نامطلوب بافت، افزایش ظرفیت نگهداری آب، افزایش زمان ماندگاری، بهبود استحکام بافت، غنی‌سازی محصول نهایی، ایجاد بافت با چسبندگی کمتر و ایجاد حالت صمغی گزارش شد<sup>[۱۰]</sup>. از فیبر چغندر قند به علت داشتن هزینه پایین و افزایش مدت ماندگاری برای تقویت خصوصیات عملکردی محصولاتی چون کیک و کلوچه استفاده شد. فیبر چغندر قند به دلیل داشتن اثر آنتی‌اکسیدانی (جنتیسیک، فرولیک اسید<sup>۵</sup> و پیکوماریک اسید) از تند و تیز شدن کلوچه جلوگیری کرد و موجب افزایش ماندگاری این فرآورده شد<sup>[۱۲]</sup>. با افزایش سطح فیبر تفاله چغندر قند درصد بازدهی خمیر و نان، بازدهی حجم نان‌تست و بیاتی نان تولیدی کاهش یافت<sup>[۱۱]</sup>. افزودن تفاله چغندر قند به فرمولاسیون نان بربری موجب بهبود خواص مختلف نان از جمله افزایش میزان جذب آب خمیر، افزایش میزان حجم نان و افزایش میزان فیبر نان، نرمی و بهبود بافت شد و دانسیته و سفتی بافت نان کاهش یافت که این آثار همراه با به تاخیر انداختن بیاتی و بهبود وضعیت بافت نان و خواص تغذیه‌ای در مقایسه با نان معمولی بود. در مقادیر بالاتر تفاله، به دلیل تأثیر بر رنگ نان از پذیرش محصول کاسته شد که این مشکل با انجام فرآیند رنگبری تفاله برطرف شد<sup>[۸]</sup>. افزودن فیبر جو به کیک باعث افزایش چگالی خمیر و استحکام و حجم کیک اسفنجی گردید. پوسته و مغز کیک تیره‌تر شد. سختی و چسبندگی کیک افزایش یافت در حالی که انسجام و ارتجاع کاهش یافت البته تغییرات نامطلوبی مانند سختی و تیرگی کیک توسط ارزیاب‌های حسی در سطح ۳۰ درصد مشاهده شد در حالیکه افزودن فیبر جو در سطح کمتر از ۳۰ درصد باعث بهبود ویژگی‌های حسی در کیک شد<sup>[۱۴]</sup>. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی کیک اسفنجی غنی شده با نوعی کاکتوس مورد بررسی قرار گرفت<sup>[۱۵]</sup>.

در سال‌های اخیر با پیشرفت دانش بشری در زمینه تولید و تکنولوژی صنایع غذایی، تولید مواد غذایی عمل‌گرا<sup>۱</sup> یا فراسودمند با تغییر در ساختار اجزای فرآورده‌های غذایی از طریق افزودن ترکیبات سلامت بخش به مواد غذایی و غنی‌سازی فرآورده‌های غذایی مورد توجه قرار گرفته است<sup>[۱]</sup>. کیک اسفنجی نوعی کیک است که میزان تخم مرغ آن حداقل ۲۰ درصد وزن بدون مغز بوده و دارای ویژگی‌های مذکور در استاندارد خاص خود است<sup>[۲]</sup>. بر اساس تعریفی از ترول<sup>۲</sup> فیبر رژیمی شامل بقایای سلول‌های گیاهی است که توسط آنزیم‌های گوارشی انسان قابل هضم نمی‌باشد<sup>[۳-۵]</sup>. مصرف غذاهای سرشار از فیبر از طریق کاهش چاقی و کم کردن کلسترول خون از ایجاد بیماری‌های قلبی و عروقی جلوگیری می‌کند<sup>[۶]</sup>. غنی‌سازی محصولات با فیبر، علاوه بر تأثیر کیفیت کلی غذا از طریق تغییر در ویژگی‌های فیزیولوژیکی، بر ویژگی‌های حسی محصول نیز تأثیرگذار می‌باشد. از سوی دیگر استفاده از مقادیر مناسب فیبر رژیمی به خصوصیات نگهداری آب و بافت محصول کمک می‌کند<sup>[۷]</sup>. یکی از منابع فراوان ارزان قیمت فیبر، ضایعات کارخانجات فرآوری میوه و سبزی است. به طور عمده این ضایعات به مصرف غذای دام می‌رسند. از جمله ضایعات حاوی فیبر بالا می‌توان به تفاله چغندر قند<sup>۳</sup> اشاره نمود<sup>[۸-۹]</sup>. فیبر تفاله چغندر قند ترکیباتی منحصر به فرد و خصوصیتی عالی دارد که آن را برای مصرف در صنایع غذایی مختلف مناسب ساخته و به دلیل دارا بودن هر دو نوع فیبر محلول و غیر محلول پتاسیل بالایی در حفظ سلامتی دارد<sup>[۱۰-۱۱]</sup>. تفاله چغندر قند حاوی مقدار زیادی فیبر رژیمی کم انرژی و عاری از نشاسته و فیتات است. ظرفیت نگهداری آب این فیبر از فیبرهای غلات بالاتر می‌باشد و می‌توان از آن به عنوان ماده پرکننده در صنایع غذایی استفاده کرد. اسید فیتیک فیبر تفاله چغندر قند بسیار اندک است و مصرف آن در تولید غذاهای رژیمی در جذب آهن اختلال ایجاد نمی‌کند. اثرات مفید این فیبر بر کنترل میزان کلسترول خون و حفظ تعادل املاح معدنی در بدن انسان به اثبات رسیده است و اضافه کردن آن به رژیم غذایی بدون داشتن اثر تداخلی در جذب مواد معدنی دیگر،

4. LDL  
5. Gentisic  
6. Ferulic

1. Functional Foods  
2. Trowell  
3. Sugar beet pulp

هدف از این پژوهش به کارگیری فیبر چغندر قند در سطوح صفر تا ۳۰ درصد در فرمولاسیون کیک اسفنجی و بررسی ویژگیهای فیزیکوشیمیایی، تغذیه‌ای، بافتی و حسی در دوره نگهداری صفر تا ۴۰ روزه بود.

معادله ۱

$$\text{وزن اولیه کیسه} - (\text{وزن کروزه با پک بعد از سوزاندن} - \text{وزن کروزه با پک قبل از سوزاندن}) \times 100 = \text{درصد فیبر وزن نمونه}$$

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- مواد اولیه

مواد اولیه پایه کیک مورد استفاده در این تحقیق شامل: آرد نول (۲۹/۸٪)، روغن نباتی مایع آفتابگردان (۱۷/۰۲٪)، شکر سفید نقش جهان (۲۱/۵٪)، تخم مرغ تلاونگ (۲۱/۵٪)، داتم (۰/۳۵٪)، بیکنگ پودر (۰/۴٪)، وانیل (۰/۱۵٪)، شیر خشک (۰/۶٪)، پودر آب پنیر (۱/۲٪)، آب (۷/۴۸٪) بود. فیبر تجاری: فیبر چغندر قند از شرکت جی.آر.اس (JRS) آلمان با عاملیت شرکت کیمیا دارو خریداری شد.

### ۲-۲- آماده سازی خمیر کیک

روش مورد استفاده برای تهیه خمیر کیک مطابق روش عطایی (۱۳۹۲)، روش شکر خمیر بود به نحوی که ابتدا شکر و روغن به مدت ده دقیقه به وسیله هم‌زن برقی خانگی HA-KATOMO (3020) ساخت کشور ژاپن مخلوط شدند، سپس تخم مرغ و بعد از آن همه مواد پودری الک شده شامل مقادیر مختلف فیبر، افزوده شد و در آخرین مرحله آب اضافه شد. بعد از آماده سازی، خمیر در قالب کیک حاوی کاغذ روغنی توزین شد و آماده قرارگیری در فر پخت گردید. بعد از اتمام زمان پخت قالب حاوی کیک را به مدت ۱ ساعت در دمای محیط قرار داده تا خنک شد و از تعریق نمونه در بسته جلوگیری شد. در نهایت نمونه‌های کیک در بسته بندی‌های سلوفانی پیچیده شد و در دمای محیط نگهداری شد [۱۶].

### ۲-۳- آزمون‌های فیزیکوشیمیایی

جهت اندازه گیری رطوبت نمونه پودری از دستگاه ترازوی رطوبت سنج هالوزنی استفاده شد [۱۷]. پروتئین نمونه مطابق روش کلدال انجام شد [۱۸]. چربی نمونه‌ها طبق روش سوکسله اتومات با حلال پترولیوم اتر انجام شد [۱۹]. خاکستر نمونه با استفاده از کوره الکتریکی محاسبه شد [۲۰]. فیبر خام، به روش کیسه‌ای با دستگاه پکوفود اندازه گیری شد. جهت اندازه گیری فیبر مغذی از روش امیری استفاده شد [۲۱].

## ۲-۴- آزمون بافت سنجی

جهت ارزیابی خواص بافتی مطابق روش عطایی از آزمون آنالیز نیم‌رخ بافت<sup>۱</sup>، تست برش و تست پانچ استفاده گردید. در طی ارزیابی از دستگاه سنجش بافت (Brookfield CT3) ساخت کشور امریکا، با سرعت ۰/۵ میلی‌متر بر ثانیه، میزان حساسیت ۶/۸ گرم استفاده شد. ابتدا نمونه‌های کیک در ابعاد ۳۶۳۶۳۰ میلی‌متر روی قسمت مشخص شده دستگاه قرار داده شد. در این آزمون نیروی فشردگی به میزان ۴۰ درصد روی قطعات کیک طی دو سیکل رفت و برگشت اعمال شد سپس نمودار مربوطه رسم و اطلاعات مربوط به بافت ذخیره گردید. در تست برش نیروی برش به میزان ۱۵ میلی‌متر اعمال شد این تست جهت ارزیابی مقاومت برشی نمونه‌ها صورت پذیرفت. در تست پانچ، نیروی پانچ به میزان ۱۰ میلی‌متر برای پانچ بافت مغز و پوسته روی قطعات کیک اعمال شد [۱۶].

## ۲-۵- اندازه گیری تخلخل بافت

با ایجاد برشی از کیک به ابعاد ۲۰×۲۰ میلی‌متر تهیه گردید. نمونه‌ها توسط اسکنر مدل Hp M 1530 MFP با وضوح 1200dpi اسکن شده و تصاویر توسط نرم افزار Image J ورژن r1/46 مورد ارزیابی قرار گرفت. اندازه میانگین، تعداد حفرات در یک واحد سطح و درصد تخلخل کیک محاسبه گردید [۲۲].

## ۲-۶- ارزیابی رنگ

مقادیر  $L^*$  (میزان روشنایی)،  $a^*$  (میزان قرمزی) و  $b^*$  (میزان زردی) اندازه گیری شد. دیگر پارامترها نظیر  $\Delta E$  (تغییر رنگ کلی) و BI (اندیس قهوه‌ای شدن) با استفاده از سه پارامتر اصلی ( $L^*$ ،  $a^*$ ،  $b^*$ ) تعیین گردید [۲۳].

1. Texture Profile Analysis
2. Lightness
3. Redness
4. Yellowness
5. Browning Index

بود و بر میزان چربی و پروتئین محصول تولیدی تاثیر معنی‌دار نداشت. میزان خاکستر، فیبر خام و فیبر مغذی با افزایش درصد جایگزینی افزایش یافت ( $P < 0.05$ ). نتایج آنالیز واریانس جدول (۲) نشان داد، افزودن فیبر چغندر قند به جای آرد گندم موجب افزایش معنی‌دار رطوبت فرمولاسیون حاوی فیبر چغندر قند با گذشت زمان نسبت به روز صفر گردید. کاهش معنی‌دار رطوبت در نمونه شاهد در روز ۴۰ نگهداری نسبت به روز صفر مشاهده گردید. ماریایابلواولگا<sup>۱</sup> (۱۹۹۹) گزارش کردند در محصولات حاوی فیبر در هنگام پخت، مقداری آب از ماتریکس ماده غذایی آزاد شده و به وسیله فیبر موجود در محصولی که دارای ظرفیت نگهداری آب بالایی است جذب گردید [۲۴]. راسل و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۰۱) گزارش کردند که افزایش جذب آب فیبرها به دلیل گروه‌های هیدروکسیل موجود در آنهاست که از طریق باندهای هیدروژنی واکنش متقابل با آب را افزایش می‌دهند [۲۵]. با افزودن فندق، درصد جذب آب خمیر به طور معنی‌داری افزایش یافت [۲۶]. با افزودن فیبر به آرد، به دلیل طبیعت هیدروفیلیک این پلیمرها، میزان جذب آب افزایش یافت [۲۷]. با توجه به آنالیز فیبرهای مختلف که توسط فروغی و همکاران (۱۳۹۱) و نیز عظیمی و همکاران (۱۳۹۲) انجام پذیرفت، فیبرهای رژیمی عمدتاً فاقد چربی و پروتئین بود و درصد خاکستر بین ۲ تا ۴ درصد بوده، که با توجه به میزان خاکستر پایین کیک اسفنجی شاهد (۱/۰۷٪)، افزودن فیبر رژیمی به فرمولاسیون توانست کیفیت این محصول را تحت تاثیر قرار دهد [۲۸-۲۹]. نتایج این تحقیق مشابه نتایج ال شرنوبی و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۱۲) بود که اثر افزودن فیبر گندم و پالم را بر خواص شیمیایی نان مورد مطالعه قرار دادند [۳۰]. طبق نتایج گزارش شده توسط کوهاج و همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۱۱)، بالا بودن میزان خاکستر فیبر نشان دهنده وجود املاح فراوان در این ترکیبات است [۳۱]. کیم و همکاران (۲۰۱۲) با افزودن فیبر انجیر هندی میزان فیبر محلول و نامحلول کیک اسفنجی را افزایش دادند [۱۵]. آلمیدا و همکاران<sup>۵</sup> (۲۰۱۳) افزایش رطوبت نان در اثر افزودن انواع مختلف فیبر را تایید نمودند [۳۱].

1. Maria-Isabel- Olga
2. Rosell et al
3. El-Sharnouby et al
4. Kohajdova et al
5. Almeida et al

$$\Delta E = \sqrt{(L-L^*)^2 + (q-a^*)^2 + (b-b^*)^2} \quad \text{معادله ۲}$$

$$x = \frac{(a + 1.75 L)}{(5.645L + a - 3.012b)} \quad \text{معادله ۳}$$

$$BI = \frac{[100(x-0.31)]}{(5.645L + a - 3.012b)} \quad \text{معادله ۴}$$

## ۷-۲- ارزیابی حسی

ارزیابی خواص حسی کیکها با استفاده از آزمون هدونیک ۵ نقطه ای صورت گرفت. در این آزمون فاکتورهای بافت، طعم، پس طعم، رنگ، بو، پذیرش کلی به طور جداگانه در مورد کیکهای ۵۰ گرمی) شاهد و کیکهای با فیبر چغندر قند در ۳ سطح ۱۰٪، ۲۰٪ و ۳۰٪ در روز اول تولید مورد بررسی قرار گرفت. به منظور افزایش دقت چشایی بین نمونه‌های مورد آزمون از آب استفاده شد. پس از انجام آزمایشات حسی از هریک از فرمولها بهترین فرمولاسیون انتخاب شد و به همراه نمونه‌شاهد در بسته‌بندی سلوفانی پیچیده شدو به مدت ۴۰ روز در دمای اتاق انبارداری گردید و در طی انبارداری آزمایشات اندازه درصد رطوبت، خواص بافتی و حسی در فواصل هر ۱۰ روز انجام گرفت.

## ۸-۲- طرح‌های آزمایش و آماری

در این تحقیق به منظور مقایسه تاثیر جایگزینی فیبر چغندر قند با آرد گندم در چهار سطح جایگزینی (۰، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد) در کیک از طرح کاملاً تصادفی استفاده شد. تجزیه و تحلیل آماری به کمک نرم افزار SPSS، مقایسه میانگینها با آزمون Duncan در سطح احتمال ۹۵٪ صورت گرفت، رسم نمودارها نیز به کمک نرم افزار Excel انجام شد.

## ۳- نتایج و بحث

### ۳-۱- ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی کیک‌های

#### اسفنجی

نتایج آنالیز واریانس جدول (۱) نشان داد، تاثیر افزایش جایگزینی فیبر چغندر قند به جای آرد گندم موجب افزایش معنی‌دار فیبر خام (در سطح ۲۰ و ۳۰ درصد)، رطوبت و فیبر مغذی نسبت به نمونه شاهد گردید، میزان خاکستر (در سطح ۲۰ و ۳۰ درصد) نسبت به شاهد افزایش یافت که این افزایش (در سطح ۳۰ درصد) معنی‌دار

**Table 1** Comparing the chemical properties of sponge cake in different levels of sugar-beet fiber(0-30%)

30	20	10	0	Sugar-beet fiber%
14.99±0.16 <sup>a</sup>	14.72±0.17 <sup>a</sup>	14.93±0.02 <sup>a</sup>	14.22±0.02 <sup>b</sup>	Moisture (%)
2.12±0.13 <sup>a</sup>	1.46±0.47 <sup>ab</sup>	1.08±0.07 <sup>b</sup>	1.07±0.07 <sup>b</sup>	Ash (%)
23.11±0.22 <sup>a</sup>	23.40±0.06 <sup>a</sup>	23.50±0.17 <sup>a</sup>	23.16±0.16 <sup>a</sup>	Fat (%)
12.52±0.02 <sup>a</sup>	12.42±0.08 <sup>a</sup>	12.43±0.20 <sup>a</sup>	12.51±0.12 <sup>a</sup>	Protein (%)
3.19±0.02 <sup>a</sup>	2.44±0.15 <sup>b</sup>	1.35±0.04 <sup>c</sup>	1.40±0.01 <sup>c</sup>	Crude fiber (%)
0.81±0.01 <sup>a</sup>	0.42±0.02 <sup>b</sup>	0.17±0.01 <sup>c</sup>	0.05±0.01 <sup>d</sup>	Dietary fiber (%)

Means ± SD in each row with different superscripts indicate significant difference ( $P < 0.05$ )

**Table 2** Comparing the moisture content of sponge cake in different levels of sugar-beet fiber(0 and 10%) during 40-day shelf life

Time ( Day)					Sugar-beet fiber%
40	30	20	10	0	
11.56±0.44 <sup>b</sup>	13.97±0.03 <sup>a</sup>	13.81±0.18 <sup>a</sup>	14.17±0.17 <sup>a</sup>	14.22±0.02 <sup>a</sup>	0
13.22±0.15 <sup>a</sup>	12.71±0.16 <sup>b</sup>	12.39±0.07 <sup>b</sup>	12.49±0.17 <sup>b</sup>	11.55±0.12 <sup>c</sup>	10

Means ± SD in each row with different superscripts indicate significant difference ( $P < 0.05$ )

محیط در پی انجام این واکنش جلوگیری کرده، هم‌چنین به علت جاذب الرطوبه بودن، رطوبت در حد مناسبی جهت این واکنش حفظ شده و انجام این واکنش در حد بالایی صورت گرفته که باعث تیره‌تر شدن رنگ کیک شده است [۳۵]. طبق تحقیقات گولارت و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۱۲) به طور کلی در پوسته کیک به علت آنکه دمای سطح کیک به ۱۵۰ درجه سلسیوس می‌رسد، تغییر رنگ حاصل بیشتر ناشی از واکنش‌های مایلارد و کاراملیزاسیون است که منجر به تولید رنگ قهوه‌ای تا سیاه و افزایش شاخص قهوه‌ای می‌گردد اما در مغز و بافت داخلی کیک که معمولاً دما به ۱۰۰ درجه سلسیوس نمی‌رسد بنابراین تغییر رنگ با شدت کمتری انجام پذیرفته و عمدتاً تحت تاثیر فرمولاسیون و مواد تشکیل دهنده کیک است از این رو به خاطر شدت کمتر فرایند قهوه‌ای شدن در مغز کیک، تغییر رنگ ایجاد شده به صورت رنگ زرد است که معنی‌دار شدن شاخص زردی مغز کیک، گواه این موضوع است [۳۶]. بر طبق نتایج گومز و همکاران (۲۰۰۳) افزودن انواع مختلف فیبر به نان، موجب افزایش معنی‌دار تغییرات کلی رنگ (شاخص  $\Delta E$ ) پوسته و مغز محصول نسبت به نمونه شاهد گردید [۳۷]. سودها و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۰۷) گزارش نمودند در اثر افزودن فیبر به بیسکویت، شاخص روشنایی محصول کاهش یافته و در مقابل تغییرات کلی رنگ (شاخص  $\Delta E$ ) افزایش معنی‌داری یافت [۳۸].

این نتایج مشابه نتایج بدست آمده توسط مارتینز- سرور<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۱۱) بود که بیان کردند با افزایش غلظت فیبر کاکائو در فرمول مافین شاخص روشنایی کاهش یافت [۳۹].

1. Gularte et al  
2. Sudha et al  
3. Martinez et al

### ۲-۳- تاثیر جایگزینی فیبر چغندر قند بر ارزیابی رنگ کیک‌های اسفنجی

نتایج آنالیز واریانس جدول (۳) نشان داد، با افزایش درصد جایگزینی فیبر چغندر قند به جای آرد گندم، شاهد کاهش معنی‌دار شاخص روشنایی و قرمزی، نسبت به نمونه شاهد بودیم. شاخص قهوه‌ای در سطح ۲۰ و ۳۰ درصد جایگزینی نسبت به نمونه شاهد به طور معنی‌دار افزایش یافت و بر شاخص زردی پوسته تاثیر معنی‌داری نداشت. شاخص روشنایی با افزایش جایگزینی به طور معنی‌داری کاهش یافت و شاخص قهوه‌ای با افزایش درصد جایگزینی به طور معنی‌دار افزایش یافت و شاخص  $\Delta E$  با افزایش درصد جایگزینی افزایش یافت. افزودن مقادیر مختلف فیبر چغندر قند به جای آرد گندم، موجب کاهش معنی‌دار شاخص روشنایی و هم‌چنین افزایش معنی‌دار شاخص قرمزی و زردی نسبت به نمونه شاهد گردید و بر شاخص قهوه‌ای مغز محصول تولیدی تاثیر معنی‌داری نداشت ( $P > 0.05$ ). طبق نتایج شکرالهی و همکاران (۱۳۹۴) رنگ محصول از مهمترین فاکتورهای پذیرش محصولات فیبردار می‌باشد. عوامل زیادی بر رنگ این محصولات تاثیرگذار می‌باشد. فیبرهای با رنگ روشن‌تر (مانند فیبر مغز هسته و نواحی داخلی گیاهان) رنگ روشن‌تری داشته و عمدتاً برای محصولات نانویی کاربرد دارند [۳۳]. راسل و همکاران (۲۰۰۹) شاخص روشنایی را برای ۱۱ فیبر تجاری بررسی کردند که از این تعداد ۱۰ عدد از آن‌ها در محدوده ۸۸/۵ - ۸۰/۵۵ بودند [۳۴]. طبق تحقیقات گومز و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۰۷) رنگ پوسته کیک از واکنش مایلارد تاثیر می‌پذیرد. این واکنش تحت تاثیر pH و رطوبت می‌باشد. فیبر به عنوان بافر عمل کرده و از کاهش pH

1. Gomez et al

**Table 3** Comparing the color parameters of sponge cake (crust and crumb) in different levels of sugar-beet fiber (0-30%)

	30	20	10	0	Sugar-beet fiber (%)	
Cake crust	29.29±0.08 <sup>d</sup>	33.33±0.15 <sup>c</sup>	35.60±0.14 <sup>b</sup>	41.18±0.08 <sup>a</sup>	L*	
	9.24±0.07 <sup>c</sup>	9.62±0.03 <sup>c</sup>	12.29±0.11 <sup>b</sup>	18.09±0.54 <sup>a</sup>	a*	
	13.16±0.01 <sup>a</sup>	13.15±0.11 <sup>a</sup>	13.17±0.08 <sup>a</sup>	13.43±0.01 <sup>a</sup>	b*	
	14.36±0.08 <sup>a</sup>	10.05±0.14 <sup>b</sup>	9.51±0.18 <sup>b</sup>	-	E Δ	
	91.98±0.02 <sup>a</sup>	91.84±0.01 <sup>b</sup>	91.01±0.01 <sup>c</sup>	91.00±0.01 <sup>c</sup>	BI	
Cake Crumb	54.10±0.60 <sup>d</sup>	59.17±0.28 <sup>c</sup>	64.83±0.05 <sup>b</sup>	72.38±0.32 <sup>a</sup>	L*	
	3.63±0.04 <sup>a</sup>	2.72±0.03 <sup>b</sup>	1.11±0.02 <sup>c</sup>	-1.06±0.05 <sup>d</sup>	a*	
	23.48±0.01 <sup>a</sup>	22.84±0.11 <sup>b</sup>	21.34±0.20 <sup>c</sup>	13.29±0.03 <sup>d</sup>	b*	
	20.80±0.46 <sup>a</sup>	16.98±0.66 <sup>b</sup>	13.03±0.52 <sup>b</sup>	-	E Δ	
	71.17±0.02 <sup>a</sup>	71.18±0.01 <sup>a</sup>	71.18±0.01 <sup>a</sup>	71.19±0.03 <sup>a</sup>	BI	

Means ± SD in each row with different superscripts indicate significant difference ( $P < 0.05$ )

کم‌ترین میزان سختی مربوط به سطح ۱۰ درصد فیبر چغندر قند و نمونه شاهد بود. با افزایش سطح فیبر مورد استفاده در محصول پیوستگی تمامی نمونه‌ها نسبت به شاهد به طور معنی‌دار کاهش یافت. ارتجاعیت تیمارهای حاوی فیبر با افزایش درصد جایگزینی کاهش یافت ( $P < 0.05$ ). نتایج آنالیز واریانس جدول (۵) نشان داد، سختی نمونه شاهد با گذشت زمان نگهداری نسبت به روز صفر به طور معنی‌دار کاهش یافت. در روزهای ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ام پس از تولید، سختی تیمار حاوی چغندر قند به طور معنی‌دار نسبت به نمونه شاهد کاهش یافت. تیمارهای شاهد و چغندر قند در روز صفر، دارای بیشترین میزان سختی در آزمون تجزیه نیم‌رخ بافت بودند. با افزایش زمان نگهداری سختی تمامی نمونه‌ها ابتدا کاهش و سپس افزایش یافت. در تست برش با گذشت زمان سختی کلیه تیمارها نسبت به روز صفر به طور معنی‌دار کاهش یافت. در تمامی روزهای ماندگاری سختی شاهد

### ۳-۳- تاثیر جایگزینی فیبر چغندر قند بر

#### ویژگی‌های بافت سنجی نمونه‌های کیک اسفنجی

نتایج آنالیز واریانس جدول (۴) نشان داد که با افزایش درصد جایگزینی فیبر چغندر قند بجای آرد گندم، طی آزمون تجزیه نیم‌رخ بافت، سختی نمونه حاوی فیبر در سطوح ۲۰ و ۳۰ درصد به طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافت. سختی نمونه چغندر قند با افزایش سطح جایگزینی افزایش یافت. سطح ۳۰ درصد فیبر چغندر قند دارای بیشترین میزان سختی بود. همچنین کم‌ترین میزان سختی مربوط به نمونه با سطح ۱۰ درصد و نمونه شاهد بود. با افزایش سطح فیبر چغندر قند بجای آرد گندم طی آزمون نفوذ، سختی کلیه تیمارها به طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافت. با افزایش درصد جایگزینی فیبر چغندر قند بجای آرد گندم طی آزمون برش میزان سختی نمونه حاوی فیبر ۲۰ درصد چغندر قند به طور معنی‌دار بیشتر از نمونه شاهد بود.

گومز و همکاران (۲۰۱۱) طی بررسی سختی بافت با آزمون برش در طی دوره نگهداری، میزان سختی تمامی نمونه‌ها (شاهد و فرموله شده) ابتدا کاهش و سپس افزایش یافت که این موضوع می‌تواند به دلیل از بین رفتن انسجام دیواره منافذ بافت و انتقال رطوبت از شبکه پروتئینی به شبکه نشاسته‌ای باشد. از طرف دیگر در بررسی سختی بافت با آزمون نفوذ در طی دوره نگهداری، مشاهده شد که میزان سختی تمامی نمونه‌ها (شاهد و فرموله شده) ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت که این موضوع می‌تواند به دلیل خروج رطوبت در ابتدا و سپس تضعیف شبکه گلوتهی باشد [۴۱]. بر طبق نتایج صالحی‌فر و فدایی نوغانی (۱۳۹۲) با افزودن فیبر رژیمی به عنوان یک جزء فراسودمند به نان، حجم محصول کاهش و سفتی آن افزایش یافت [۴۲]. سودها و همکاران (۲۰۰۷) گزارش نمودند با افزایش درصد فیبرهای مختلف در فرمولاسیون بیسکویت، سفتی بافت بیسکویت افزایش معنی‌داری یافت [۳۸]. گومز و همکاران (۲۰۰۸) اعلام نمودند که در اثر افزودن فیبر آرد نخودچی، سفتی کیک تولیدی افزایش یافت [۴۳]. کیم و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که به طور کلی فاکتور پیوستگی و ارتجاعیت بافت به مقاومت داخلی ساختار ماده غذایی بستگی دارد. کاهش این فاکتور می‌تواند به علت ضعیف شدن شبکه گلوتهی باشد [۱۵]. کاون<sup>۱</sup> (۲۰۰۳) گزارش داد در طول زمان نگهداری، این شبکه ضعیف شده و مقاومت داخلی ساختار کیک کاهش یافته و به دنبال آن پیوستگی و ارتجاعیت بافت کیک نیز افت کرد [۴۴]. این نتایج مشابه نتایج گومز و همکاران (۲۰۰۸) بود که اثر فیبر آرد نخودچی را بر پیوستگی و ارتجاعیت کیک مورد بررسی قرار دادند [۴۳].

2. Kweon et al

به طور معنی‌دار کمتر از تیمار حاوی فیبر چغندر قند بود. بیشترین سختی مربوط به تیمار چغندر قند در روز صفر و کمترین میزان سختی مربوط به شاهد در روز ۲۰ ام پس از تولید بود. سختی کلیه تیمارها در ابتدا کاهش و سپس افزایش یافت. در تست نفوذ با گذشت زمان سختی نمونه شاهد و چغندر قند به طور معنی‌داری نسبت به روز صفر افزایش پیدا کرد. در تمامی روزها سختی نمونه چغندر قند به طور معنی‌داری بیشتر از شاهد بود. سطح ۱۰ درصد فیبر چغندر قند در روزهای ۲۰، ۳۰ و ۴۰ ام پس از تولید دارای بیش‌ترین میزان سختی در تست نفوذ بود. کمترین میزان این ویژگی مربوط به تیمار شاهد در روز صفر بود. با افزایش زمان نگهداری، سختی نمونه شاهد افزایش یافت. با گذشت زمان پیوستگی تمام نمونه‌ها به طور معنی‌داری نسبت به روز صفر کاهش یافت. در روز صفر، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ ام پس از تولید، پیوستگی نمونه‌های حاوی فیبر به طور معنی‌داری کمتر از نمونه شاهد بود. تیمار شاهد در روز صفر دارای بیش‌ترین میزان پیوستگی بود. پیوستگی نمونه شاهد با گذشت زمان نگهداری کاهش یافت. ارتجاعیت نمونه شاهد و حاوی فیبر چغندر قند در روزهای ۲۰، ۳۰ و ۴۰ ام پس از تولید به طور معنی‌داری نسبت به روز صفر کاهش یافت. در تمامی روزها ارتجاعیت نمونه حاوی فیبر چغندر قند به طور معنی‌داری کمتر از نمونه شاهد بود ( $P < 0.05$ ). مطابق نتایج لی و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۰۵) به طور کلی فاکتور سختی تلفیقی از میزان مقاومت مغز و پوسته در اثر فشردگی است. از طرف دیگر استحکام کیک ارتباط مستقیمی با دانسیته و ارتباط غیر مستقیمی با حجم کیک دارد و هر چه دانسیته افزایش یابد، استحکام و مقاومت کیک نیز بیشتر شده و لذا میزان سختی نیز افزایش می‌یابد [۴۰]. همچنین طبق تحقیقات

1. Lee et al

**Table 4** Comparing the textural properties of sponge cake in different levels of sugar-beet fiber(0-30%)

Springiness(mm)	Cohesiveness	Hardness (g)			Sugar-beet fiber%
		Punching (g)	Cutting (g)	TPA (g)	
12.04±0.40 <sup>a</sup>	0.50 ±0.09 <sup>a</sup>	121.50 ±10.61 <sup>c</sup>	258.00 ±31.82 <sup>bc</sup>	716.5±3.54 <sup>c</sup>	0
9.01 ±0.79 <sup>bc</sup>	0.15 ±0.05 <sup>c</sup>	163.50 ±4.24 <sup>b</sup>	223.50±5.66 <sup>c</sup>	805.25±58.34 <sup>c</sup>	10
8.86 ±0.30 <sup>cd</sup>	0.19 ±0.01 <sup>c</sup>	306.50 ±29.70 <sup>a</sup>	363.50±29.70 <sup>a</sup>	3801.75 ±609.88 <sup>b</sup>	20
7.12 ±1.47 <sup>d</sup>	0.22 ±0.01 <sup>bc</sup>	288.75 ±23.69 <sup>a</sup>	300.50±7.78 <sup>b</sup>	4555.25±218.14 <sup>a</sup>	30

Means ± SD in each column with different superscripts indicate significant difference ( $P<0.05$ )

**Table 5** Comparing the textural properties of sponge cake in different levels of sugar-beet fiber(0 and 10%) during 40-day shelf life

Springiness(mm)	Cohesiveness	Hardness(g)			Sugar-beet fiber% Time(Day)
		Punching (g)	Cutting (g)	TPA (g)	
12.51±0.19 <sup>ab</sup>	0.51±0.05 <sup>a</sup>	90.5±7.07 <sup>j</sup>	251.8±18.7 <sup>g</sup>	1129.5±23.33 <sup>a</sup>	00
11.15±0.33 <sup>cd</sup>	0.36±0.02 <sup>bc</sup>	140.7±15.91 <sup>ghi</sup>	358.8±34.2 <sup>a</sup>	1121.0±41.0 <sup>a</sup>	10
12.12±0.01 <sup>abc</sup>	0.37±0.03 <sup>bc</sup>	123.5±4.95 <sup>i</sup>	186.5±27.5 <sup>k</sup>	1005.5±32.53 <sup>b</sup>	100
10.48±1.00 <sup>de</sup>	0.27±0.02 <sup>def</sup>	197.7±6.72 <sup>cde</sup>	263.8±36.4 <sup>fg</sup>	983.0±74.6 <sup>c</sup>	10
10.95±0.35 <sup>d</sup>	0.32±0.00 <sup>cd</sup>	129.0±24.75 <sup>hi</sup>	136.0±2.8 <sup>m</sup>	857.0±7.42 <sup>e</sup>	200
8.48±0.46 <sup>gh</sup>	0.17±0.01 <sup>gh</sup>	249.2±6.01 <sup>a</sup>	283.0±18.38 <sup>ef</sup>	721.5±81.32 <sup>g</sup>	10
10.88±0.14 <sup>d</sup>	0.26±0.04 <sup>def</sup>	142.0±13.44 <sup>ghi</sup>	163.3±1.7 <sup>l</sup>	741.5±25.10 <sup>f</sup>	300
9.73±0.38 <sup>ef</sup>	0.16±0.00 <sup>gh</sup>	222.0±2.83 <sup>abc</sup>	309.2±8.84 <sup>cd</sup>	712.5±27.58 <sup>g</sup>	10
10.79±0.23 <sup>de</sup>	0.21±0.01 <sup>gh</sup>	160.0±12.73 <sup>fg</sup>	229.8±25.8 <sup>i</sup>	997.0±92.28 <sup>b</sup>	400
9.13±1.24 <sup>gh</sup>	0.16±0.01 <sup>gh</sup>	236.2±26.52 <sup>ab</sup>	325.5±8.49 <sup>b</sup>	900.5±71.06 <sup>d</sup>	10

Means ± SD in each column with different superscripts indicate significant difference ( $P<0.05$ )

### ۳-۴- تاثیر جایگزینی فیبر چغندر قند بر تخلخل

#### کیک های اسفنجی

است. تخلخل تمامی نمونه‌ها با افزایش سطح فیبر کاهش یافت که متعاقباً این موضوع باعث افزایش سختی کیک شد. با کاهش تخلخل کیک، میانگین سایز حفرات کاهش و تراکم حفرات افزایش یافت که این نتایج در این تحقیق مشاهده گردید [۴۵]. کیم و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که کاهش تخلخل از طرفی منجر به کاهش پیوستگی بافت کیک گردیده است و ارتجاعیت کیک، رابطه مستقیمی با حفرات هوای داخل کیک داشت که متعاقباً با کم شدن حفرات و تخلخل، ارتجاعیت محصول نیز کاهش یافت [۱۵]. نتایج گومز و همکاران (۲۰۰۳) و هم‌چنین پومرانز و همکاران<sup>۱</sup> (۱۹۷۷) مشابه نتایج این تحقیق بود که کاهش تخلخل و حجم مخصوص نان را در اثر افزودن انواع مختلف فیبر گزارش نمود [۳۷ و ۴۶]. آلمیدا و همکاران (۲۰۱۳) کاهش حجم مخصوص و تخلخل نان را در اثر افزودن فیبر سبوس گندم، فیبر صمغ دانه لوکاست، فیبر ذرت و فیبر نشاسته

نتایج آنالیز واریانس جدول (۶) نشان داد که با افزایش درصد جایگزینی، تخلخل تمامی نمونه‌ها نسبت به شاهد به طور معنی‌دار کاهش یافت. با افزایش درصد جایگزینی میانگین سایز حفرات تمامی نمونه‌ها نسبت به شاهد به طور معنی‌داری کاهش یافت. با افزایش درصد جایگزینی، سایز حفرات تیمارها به طور معنی‌دار کاهش یافت. هم‌چنین با افزایش درصد جایگزینی، تراکم حفرات تمامی نمونه‌ها به طور معنی‌دار بیشتر از شاهد بود. با افزایش درصد جایگزینی تراکم حفرات تیمارها به طور معنی‌دار افزایش یافت ( $P<0.05$ ). مطابق نتایج شکرالهی و همکاران (۱۳۹۴) تخلخل محصولات فیبری عمدتاً به عواملی مانند اندازه ذرات، شکل و ترکیبات شیمیایی فیبرهای مورد استفاده وابسته بود [۳۳]. هینان و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۱۰) گزارش کردند که فیبرهای اضافه شده تاثیر معنی‌داری بر شاخص‌های تخلخل کیک فرموله شده گذاشته

1. Pomeranz et al

1. Heenana et al



مقاوم به حرارت تایید نمودند [۳۲].

**Table 6** Comparing the prosity characterizations of sponge cake in different levels of sugar-beet fiber (0-30%)

Cell Density (Number of cavities in square milimeters)	Average Size (mm)	Area (%)	Sugar-beet fiber%
3.33 ±0.28 <sup>d</sup>	0.055 ±0.004 <sup>a</sup>	18.98 ±2.32 <sup>a</sup>	0
3.96 ±0.03 <sup>c</sup>	0.048 ±0.006 <sup>b</sup>	16.36 ±1.73 <sup>b</sup>	10
4.26 ±0.01 <sup>b</sup>	0.033 ±0.011 <sup>c</sup>	13.16 ±0.14 <sup>c</sup>	20
6.70 ±0.35 <sup>a</sup>	0.028 ±0.002 <sup>d</sup>	8.65 ±0.44 <sup>d</sup>	30

Means ± SD in each column with different superscripts indicate significant difference ( $P < 0.05$ )

داری بر طعم تیمارهای شاهد و حاوی فیبر چغندر قند نداشت. کیک اسفنجی حاوی ۱۰ درصد فیبر چغندر قند (در روز ۴۰ ام پس از تولید) طی دوره نگهداری دچار افت معنی دار در شاخص پس طعم نسبت به روز صفر شد اما گذشت زمان تاثیر معنی داری بر شاخص پس طعم محصول نداشت. در روز ۴۰ ام پس از تولید، شاخص پس طعم نمونه حاوی فیبر چغندر قند کاهش معنی داری نسبت به نمونه شاهد داشت. گذشت زمان تاثیر معنی داری بر شاخص رنگ، بو و پذیرش کلی کلیه محصولات تولیدی نداشت ( $P < 0.05$ ). بر طبق نتایج سودها و همکاران (۲۰۰۷) با افزایش درصد فیبرهای مختلف (گندم، برنج، جو و جو دوسر) در فرمولاسیون بیسکویت، مطلوبیت کلی بیسکویت رژیمی تولید شده کاهش معنی داری داشت [۳۸]. گومز و همکاران (۲۰۰۳) نیز نتایج مشابهی را برای کاهش مطلوبیت نانهای حاوی انواع مختلف فیبر رژیمی نسبت به نمونه شاهد گزارش نمودند [۳۷].

### ۳-۵- تاثیر جایگزینی فیبر چغندر قند بر ارزیابی

#### حسی نمونه های کیک اسفنجی

نتایج آنالیز واریانس جدول (۷) نشان داد افزودن مقادیر مختلف فیبر چغندر قند به فرمولاسیون کیک اسفنجی موجب کاهش معنی دار شاخص رنگ (در سطح ۲۰ و ۳۰ درصد)، بافت، طعم و پذیرش کلی با افزایش درصد جایگزینی نسبت به نمونه شاهد گردید و شاخص پس طعم با افزایش درصد جایگزینی نسبت به شاهد کاهش یافت که این کاهش در سطح ۲۰ و ۳۰ درصد معنی دار بود. اما بر روی بوی محصول تولیدی تاثیر معنی داری نداشت. شاخص پس طعم با افزایش درصد جایگزینی فیبر کاهش یافت ( $P < 0.05$ ). بر اساس ارزیابی حسی انجام شده در طی زمان بر نمونه های کیک بصورت نتایج آنالیز واریانس جدول (۸)، نشان داد کیک اسفنجی شاهد و ۱۰ درصد فیبر چغندر قند (در روز ۴۰ ام پس از تولید) طی دوره نگهداری دچار افت معنی دار در شاخص بافت نسبت به روز صفر شد. گذشت زمان تاثیر معنی-

**Table 7** Comparing the sensory evaluations of sponge cake in different levelsof sugar-beet fiber(%) (rating up to 5)

0	10	20	30	Sugar-beet fiber%
3.50 ±0.21 <sup>b</sup>	3.21 ±0.30 <sup>b</sup>	3.57 ±0.26 <sup>b</sup>	4.85 ±0.09 <sup>a</sup>	Texture
3.50 ±0.32 <sup>b</sup>	3.50 ±0.30 <sup>b</sup>	3.78 ±0.18 <sup>b</sup>	4.71 ±0.15 <sup>a</sup>	Flavor
2.78 ±0.50 <sup>c</sup>	3.27 ±0.21 <sup>bc</sup>	3.85 ±0.37 <sup>ab</sup>	4.64 ±0.21 <sup>a</sup>	After taste
3.21 ±0.34 <sup>b</sup>	3.50 ±0.32 <sup>b</sup>	4.35 ±0.19 <sup>a</sup>	4.71 ±0.15 <sup>a</sup>	Color
3.64 ±0.29 <sup>a</sup>	3.78 ±0.28 <sup>a</sup>	3.71 ±0.29 <sup>a</sup>	4.50 ±0.23 <sup>a</sup>	Odor
3.71 ±0.29 <sup>b</sup>	3.57 ±0.21 <sup>b</sup>	3.78 ±0.15 <sup>b</sup>	4.85 ±0.14 <sup>a</sup>	Overall acceptance

Means ± SD in each row with different superscripts indicate significant difference ( $P < 0.05$ )

**Table 8** Comparing the sensory evaluations of sponge cake in different levels of sugar-beet fiber (0 and 10%) during 40-day shelf life (rating up to 5)

Overall acceptance	Odor	Color	After taste	Flavor	Texture	Time (Day)	Sugar-beet fiber %
4.64±0.50 <sup>a</sup>	3.92±0.26 <sup>a</sup>	4.07±0.18 <sup>a</sup>	3.64±0.32 <sup>a</sup>	4.50±0.15 <sup>a</sup>	3.92±0.28 <sup>a</sup>	0	0
3.78±0.21 <sup>a</sup>	3.85±0.21 <sup>a</sup>	3.92±0.30 <sup>a</sup>	4.00±0.24 <sup>a</sup>	3.14±0.37 <sup>ab</sup>	3.64±0.32 <sup>a</sup>	10	10
4.07±0.15 <sup>a</sup>	4.21±0.27 <sup>a</sup>	4.21±0.24 <sup>a</sup>	4.28±0.23 <sup>a</sup>	3.50±0.36 <sup>a</sup>	4.57±0.15 <sup>a</sup>	100	100
3.92±0.32 <sup>a</sup>	4.35±0.22 <sup>a</sup>	3.92±0.34 <sup>a</sup>	3.57±0.33 <sup>ab</sup>	3.42±0.38 <sup>a</sup>	3.64±0.30 <sup>a</sup>	10	10
4.00±0.34 <sup>a</sup>	4.28±0.21 <sup>a</sup>	4.71±0.15 <sup>a</sup>	4.07±0.39 <sup>a</sup>	4.35±0.27 <sup>a</sup>	4.21±0.32 <sup>a</sup>	200	200
4.14±0.17 <sup>a</sup>	3.85±0.24 <sup>a</sup>	4.14±0.17 <sup>a</sup>	3.42±0.31 <sup>ab</sup>	3.71±0.23 <sup>a</sup>	3.50±0.30 <sup>ab</sup>	10	10
4.00±0.28 <sup>a</sup>	4.00±0.32 <sup>a</sup>	4.64±0.11 <sup>a</sup>	3.64±0.36 <sup>a</sup>	3.57±0.38 <sup>a</sup>	3.92±0.26 <sup>a</sup>	300	300
4.21±0.62 <sup>a</sup>	4.07±0.23 <sup>a</sup>	4.21±0.16 <sup>a</sup>	3.57±0.15 <sup>ab</sup>	3.42±0.44 <sup>a</sup>	2.71±0.44 <sup>ab</sup>	10	10
3.64±0.32 <sup>a</sup>	3.35±0.51 <sup>a</sup>	4.64±0.11 <sup>a</sup>	3.35±0.41 <sup>a</sup>	3.35±0.41 <sup>a</sup>	2.78±0.44 <sup>b</sup>	400	400
3.35±0.39 <sup>a</sup>	3.85±0.35 <sup>a</sup>	4.35±0.16 <sup>a</sup>	2.78±0.41 <sup>b</sup>	3.50±0.47 <sup>a</sup>	2.35±0.50 <sup>b</sup>	10	10

Means ± SD in each column with different superscripts indicate significant difference ( $P < 0.05$ )

#### ۴- نتیجه گیری

جایگزینی فیبر چغندر قند بجای آرد گندم در فرمولاسیون کیک اسفنجی سبب افزایش خاکستر، فیبر خام، فیبر مغذی، رنگ محصول و تراکم حفرات نمونه‌های تولید شده گردید. میزان رطوبت و نیز سختی بافت در آزمون تجزیه نیم‌رخ بافت نمونه حاوی فیبر به طور معنی‌داری از نمونه شاهد بیشتر شد. جایگزینی فیبر به جای آرد گندم هیچ تاثیر معنی‌داری بر مقدار چربی و پروتئین کیک نداشت. افزایش درصد جایگزینی فیبر سبب کاهش تخلخل و میانگین سایز حفرات گردید. پیوستگی و ارتجاعیت با گذشت زمان و افزایش جایگزینی فیبر چغندر قند به جای آرد گندم به طور معنی‌داری نسبت به شاهد کاهش یافت. میزان سختی بافت نمونه‌های حاوی فیبر چغندر قند در تست برش با گذر زمان ابتدا کاهش و سپس افزایش یافت در حالی که میزان سختی بافت در آزمون نفوذ ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت. با توجه به خواص حسی در میان نمونه‌های کیک اسفنجی، نمونه شاهد و نمونه با ۱۰ درصد جایگزینی فیبر بیشترین قابلیت پذیرش را داشتند. کاربرد فیبر چغندر قند در فرمولاسیون کیک اسفنجی علاوه بر تامین فیبر روزانه مصرف‌کنندگان و کاهش ابتلاء به بیماری‌های مزمن، سبب کاهش هزینه‌های تولید با کاهش هزینه‌های ماده اولیه و افزایش ماندگاری کیک اسفنجی می‌گردد.

#### ۵- منابع

- [1] Siro I, Kopolna E, Kopolna B, Lugasia A. 2008. Functional food product development marketing and consumer acceptance. A review, *Appetite*. 51:456-467.
- [2] Institute of standards and industrial research of Iran. 2000. Cake – specification and test methods. No 2553.
- [3] Dhingra D, Michael M, Rojput H, Patil R. 2012. Dietary fibre in foods. A review, *Journal of Food Science and Technology*. 49:255-266.
- [4] Nikoozade H, Taslimi A, Azizi MH. 2011. Effects of the addition of oat bran on the rheological characteristics of dough and quality of Sangak bread. *Journal of Food Science and Technology*. 8(1):1-10.
- [5] Warner K, Inglett GE. 1997. Flavor and texture characteristics of food containing Z-trim corn and oat fibres as fat and flour replacers. *Cereal Food world*. PP:821-825.
- [6] Kendall CW, Esfahani A, Jenkins DJ. 2010. The link between dietary fibre and human health. *Food Hydrocolloid*. 24:42-48.
- [7] Khalil AH. 1998. The influence of carbohydrate-based fat replacers with and without emulsifiers on the quality characteristics of low fat cake. *Plant Food Human Nutr*. 52:299-313.
- [8] Majzoobi M, Mesbahi G, Sariri F, Farahnaky A, Jamaljan J. 2010. Effects of sugar beet pulp on the quality of Barbari bread. *Journal of Iranian Food Science*

- [20] Institute of standards and industrial research of iran. 2016 Cereal and cereal products unfinished cake powder - specifications and test methods. No 6949.
- [21] Amiri M. 2008. Study the wheat bran processing methods (hydrothermal) to reduce phytic acid and use that in hot dog sausages due to the stability organoleptic and textural properties of the product. M.Sc. dissertation, Islamic Azad University of Shahrekord.
- [22] Mortazavi Nezhad S. 2015. Optimization formulation sponge cake made with acara wheat flour and kiwi (enzyme improvers). M.Sc. dissertation, Islamic Azad University of Khorasgan.
- [23] Saricoban C, Yilmaz MT. 2010. Modelling the effects of processing factors on the changes in colour parameters of cooked meatballs using response surface methodology. *World Applied Science Journal*. 9: 14-22.
- [24] Maria Isabel A, Olga M. 1999. Characterization of lowfat high dietary fiber frankfurters, *Meat Science*. 52:256-257.
- [25] Rosell C, Rojas D, De Barber CB. 2001. Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality, *Food Hydrocolloids*. 15:75-81.
- [26] Anil M. 2007. Using of hazelnut testa as a source of dietary fiber in breadmaking. *Journal of Food Engineering*. 80:61-67.
- [27] Lazaridou A, Duta D, Papageorgiou M, Belc N, Biliaderis C. 2007. Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten free formulations. *Journal of Food Engineering*. 79:1033-1047.
- [28] Foroughi M, Keramet J, Hashemi Ravan M. 2012. The effect of addition of potato dietary fiber on chemical properties and organoleptic quality of beef sausages. *Food Technology & Nutrition*. 9 (4):49-60.
- [29] Azimi Mahale A, Zomorodi S, Mohammadi Sani A, Ahmadzade Ghoydal R. 2013. The effect of orange fiber on physicochemical rheological and sensory strawberry yogurt response surface methodology. *Journal of Food Science and Technology Innovation*. 5: 23-34.
- [30] El-Sharnouby GA, Aleid SM, Al Otaibi MM. 2012. Nutritional quality of biscuit supplemented with wheat bran and date palm fruits (*Phoenix dactylifera L.*). *Food and Nutrition Sciences*. 3:322.
- Technology Research. 6(1): 17-26.
- [9] Elahi M, Farhosh R, Karimi M. 2011. Use sugar beet fibers to enrich tortilla chips. *Proceedings of the thirty-third annual seminar of Iran sugar and sugar factories*, P. 100-105.
- [10] Abbasi Z. 2008. Sugar beet pulp as a good material for the production of food products. *National Conference on Nutrition*, P. 423-429.
- [11] Mahdian E, Ahmadzadeh-Darinsou S. 2013. Effect of sugar beet fibre on physico-Chemical Properties of Toast bread. *Second National Conference on Food Science and Technology*, Islamic Azad University, Ghuchan Branch
- [12] Sakac MB, Gyura JF, Misan AC, Seres ZI, Pajin BS, Soronja-Simovic DM. 2010. Antioxidant activity of cookies supplemented with sugar beet dietary fibre. *Journal of Sugar Industry*. 136: 151-157.
- [13] Mahdian E, Ahmadzadeh-Darinsou S, Movahed S. 2013. Effect of sugar beet fibre on physico-Chemical Properties of Toast bread. *Second National Conference on Food Science and Technology*, Islamic Azad University, Ghuchan Branch
- [14] Majzoobi M, Habibi M, Hedayati S, Ghiasi F, Farahnaky A. 2015. Effects of commercial oat fiber on characteristics of batter and sponge cake. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 17:99-107.
- [15] Kim JH, Lee HJ, Lee HS, Lim EJ, Imm JY, Suh HJ. 2012. Physical and sensory characteristics of fibre-enriched sponge cakes made with *Opuntia humifusa*, *LWT-Food Science and Technology*. 47:478-484.
- [16] Ataei F. 2013. Functional properties of sponge cake produced by blood pressure control. M.Sc. dissertation, Islamic Azad University of Khorasgan.
- [17] Hamidi Esfahani A. 2013. The effect of quantity and particle size of processed bran to hydrothermal method on textural properties and physicochemical soft biscuits. M.Sc. dissertation, Islamic Azad University of Khorasgan.
- [18] Institute of standards and industrial research of iran. 2015. Cereals and pulses determination of the nitrogen content and calculation of the crude protein content kjeldahl method. No 19052.
- [19] AACC. 2000. Approved methods of analysis, 11<sup>th</sup> ed. (30-25).

- [39] Martinez-Cervera S, Salvador A, Muguerza B, Moulay L, Fiszman SM. 2011. Cocoa fibre and its application as a fat replacer in chocolate muffins. *LWT-Food Science and Technology*. 44: 729-736.
- [40] Lee S, Kim S, Inglett GE. 2005. Effect of shortening replacement with oatrim on the physical and rheological properties of cakes. *Cereal Chemistry*. 82:120-124.
- [41] Gomez M, Ruiz E, Oliet B. 2011. Effect of better freezing conditions and resting time on cake quality. *LWT-Food Science and Technology*. 44:911-916.
- [42] Salehifar M, Fadaie Noghani V. 2013. Evaluation dietary fiber extracted from rice bran and comparing functional properties with commercial fiber wheat. *Food Technology & Nutrition*. 10(3):15-20.
- [43] Gomez M, Oliete B, Rosell CM, Pando V, Fernandez E. 2008. Studies on cake quality made of wheat chickpea flour blends. *LWT-Food Science and Technology*. 41: 1701-1709.
- [44] Kweon B, Jeon S, Kim D. 2003. Quality characteristics of sponge cake with addition of laver powder. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*. 32:1278-1284.
- [45] Heenana SP, Dufoura JP, Hamida N, Harvey W, Delahunty CM. 2010. The influence of ingredients and time from baking on sensory quality and consumer freshness perceptions in a baked model cake system. *LWT - Food Science and Technology*. 43:1032-1041.
- [46] Pomeranz Y, Shogren M, Finney K, Bechtel D. 1977. Fiber in breadmaking-effects on functional properties. *Cereal Chemistry*. 54: 25-41.
- [31] Kohajdova Z, Karovicova J, Jurasova M, Kristina Kukurova. 2011. Effect of the addition of commercial apple fibre powder on the baking and sensory properties of cookies. *Acta Chimica Slovenica*. 4: 88-97.
- [32] Almeida EL, Chang YK, Steel CJ. 2013. Dietary fibre sources in bread: Influence on technological quality. *LWT-Food Science and Technology*. 50: 545-553.
- [33] Shokrollahi F, Taghizadeh M, Koocheki A, Hadad Khodaparast M H. 2015. Investigation of physicochemical properties of crust and core dietary fiber from date seed. *Journal of Food Science and Technology*. 48(12):153-161.
- [34] Rosell CM, Santos E, Collar C. 2009. Physico-chemical properties of commercial fibres from different sources: a comparative approach. *Food Res Int*. 42: 176-184.
- [35] Gomez M, Ronda F, Caballero PA, Blanco CA, Rosell CM. 2007. Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes. *Food Hydrocolloids*. 21:167-173.
- [36] Gularte MA, De la Hera E, Gomez M, Rosell CM. 2012. Effect of different fibers on batter and gluten free layer cake properties. *LWT-Food Science and Technology*. 48: 209-214.
- [37] Gomez M, Ronda F, Blanco CA, Caballero PA, Apesteguía A. 2003. Effect of dietary fibre on dough rheology and bread quality. *European Food Research and Technology*. 216:51-56.
- [38] Sudha M, Vetrmani R, Leelavathi K. 2007. Influence of fibre from different cereals on the rheological characteristics of wheat flour dough and on biscuit quality. *Food Chemistry*. 100: 1365-1370.

## Physicochemical, Nutritional, Textural, and Sensory properties of Sponge Cake Enriched with Sugar-Beet Fiber

Moradi, P.<sup>1</sup>, Goli, M.<sup>2\*</sup>, Keramat, J.<sup>3</sup>

1. M. Sc. Graduate, Department of Food Science & Technology, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran
2. Associate Professor, Department of Food Science&Technology, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran
3. Associate Professor, Department of Food Science&Technology, College of agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran

(Received: 2018/11/24 Accepted:2019/05/28)

Despite the numerous health effects of the dietary fibers, the amount of the fiber in the diet is generally lower than the recommended value. The main objective of this study was to include sugar-beet fiber in the sponge cake recipe and to determine the chemical, physical and sensory properties of the resultant product. Therefore, fiber at different levels of 10, 20 and 30% (w/w, basis on flour) were used as a replacement of wheat flour in the cake recipe. Increasing the level of fiber resulted in the increase in ash, crude fiber, dietary fiber, cell Density, moisture, hardness and cake volume. In addition, cake crust and crumb became darker. Cake hardness increased, while cohesiveness decreased. Also cakes fiber had acceptable sensory characteristics. Finally, according to results of a general acceptance due to the average of the sensory properties, the samples contained 10% sugar-beet fiber, had the highest approval rating among the taste panelists. And according to the results of other tests, adding fiber to the level of 10% was acceptable and not significantly different from control samples ( $P > 0.05$ ).

**Keywords:** Spongecake, Sugar-beet fiber, Physicochemical properties, Sensory evaluation

---

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