بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی کیک اسفنجی غنی شده با فیبر سیب زمینی

پونه مرادی[a]، محمد گلی[b]*

[a] کارشناس ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران
[b] دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۱۰/۲۸ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۵/۳۰

چکیده

مقدمه: افزایش محتوای فیبر (با وجود اثرات درمانی و فرآسودمندی) مواد غذایی می‌تواند کمبود فیبر در رژیم غذایی را جبران کند. اما مصرف بیش از حد آن می‌تواند اثرات سوء بر مقبولیت محصول داشته باشد.

مواد و روش‌ها: تأثیر سطوح مختلف جایگزینی فیبر سیب‌زمینی در ۳ سطح (۱۰، ۲۰ و ۳۰٪) به جای آرد گندم و کیک شاهد بر ویژگی‌های (شیمیایی، فیزیکی و حسی) در روز اول تولید بررسی شد. پس از انجام آزمایشات حسی از هر یک از فرمول‌ها بهترین فرمولاسیون انتخاب شد و به همراه نمونه‌ی شاهد به مدت ۴۰ روز در دمای اتاق نگهداری شد و در طی نگهداری آزمایشات درصد رطوبت، خواص فیزیکی و حسی در فواصل هر ۱۰ روز انجام گرفت. نتایج و تجزیه و تحلیل آماری ارزیابی کیک‌ها به کمک نرم افزار SPSS، آنالیز گردید و میانگین‌ها با آزمون Duncan در سطح احتمال ۹۵٪ مقایسه گردید.

یافته‌ها: افزایش میزان فیبر منجربه افزایش معنی‌دار خاکستر، فیبر خام، فیبر مغذی، تراکم حفرات، میزان رطوبت و تیرگی پوسته و مغز کیک شد. سختی بافت کیک به طور معنی‌دار افزایش یافت درحالیکه پیوستگی به طور معنی‌دار کاهش یافت ($P <$ ۰/۰۵). هم‌چنین کیک‌های حاوی فیبر تا سطح ۱۰٪ خواص حسی قابل قبولی داشتند و تفاوت معنی‌داری با نمونه‌ی شاهد نداشتند ($P >$ ۰/۰۵).

نتیجه‌گیری: نمونه حاوی ۱۰٪ فیبر سیب زمینی، بیش‌ترین مقبولیت حسی را در بین داوران چشایی داشت. با توجه به نتایج حاصل از سایر آزمون‌ها افزودن فیبر تا سطح ۱۰٪ قابل قبول بود و تفاوت معنی‌داری با نمونه شاهد ایجاد نکرد ($P >$ ۰/۰۵).

واژه‌های کلیدی: *خواص فراسودمندی، سیب زمینی، فیبر رژیمی، کیک اسفنجی*

* نویسنده مسئول مکاتبات email: mgolifood@yahoo.com

مقدمه

در سال‌های اخیر با پیشرفت دانش بشری در زمینه تولید وتکنولوژی صنایع غذایی، تولید مواد غذایی عملگرا[1] یا فراسودمند با تغییر در ساختار اجزای فرآورده‌های غذایی از طریق افزودن ترکیبات سلامت بخش به مواد غذایی و غنی سازی فرآورده‌های غذایی مورد توجه قرار گرفته است (Siro *et al*., 2008). کیک نوعی شیرینی با بافت و نرمی مخصوص است که مواد اصلی آن آرد، روغن (به استثنای کیک اسفنجی)، شکر و تخم مرغ است. کیک اسفنجی نوعی از کیک است که میزان تخم مرغ آن حداقل ۲۰ درصد وزن بدون مغز بوده و دارای ویژگی‌های مذکور در استاندارد خاص خود است(ISIRI, 2553). فیبرهای رژیمی از جمله ترکیبات مورد استفاده جهت افزایش ارزش تغذیه‌ای محصولات غله‌ای هستند (Dhingra *et al*., 2012). در صورتی‌که امروزه مصرف این ترکیبات از میزان توصیه شده آن‌ها کمتر می‌باشد (Nikoozade *et al*., 2011). محصولات غله‌ای به مقدار زیاد و به صورت روزانه مصرف می‌شود و به همین علت محصولاتی مناسب جهت افزودن فیبر رژیمی و سایر ترکیبات سلامتی بخش می‌باشند. بر اساس تعریفی از ترول[2] فیبر رژیمی شامل بقایای سلول‌های گیاهی است که توسط آنزیم‌های گوارشی انسان قابل هضم نمی‌باشد (Warner and Inglett, 1997). مصرف غذاهای سرشار از فیبر از طریق کاهش چاقی و کم کردن کلسترول خون از ایجاد بیماری‌های قلبی و عروقی جلوگیری می‌کند (Kendall *et al*., 2010). باید به این نکته توجه نمود که غنی سازی محصولات با فیبر علاوه بر تاثیر کیفیت کلی غذا از طریق تغییر در ویژگی‌های فیزیولوژیکی، بر ویژگی‌های حسی محصول نیز تاثیرگذار می‌باشد. از سوی دیگر استفاده از مقادیر مناسب فیبر رژیمی به خصوصیات نگهداری آب و بافت محصول کمک می‌کند (Khalil, 1998). سیب‌زمینی از جمله سبزی‌هایی است که در سراسر جهان به طور گسترده مصرف می‌گردد، بنابراین حجم زیادی از پسماندهای حاصل از پوست این محصول در جهان تولید می‌شود. پوست سیب‌زمینی محصول جانبی صنعت سیب‌زمینی می‌باشد و حدود ۶۸٪ از وزن کل پوست سیب زمینی را فیبرهای رژیمی تشکیل می‌دهد، از این رو منبع غنی از فیبرهای رژیمی می باشد که می‌توان از آنها در تولید غذای عملگرای جدید استفاده نمود (Ngo and Taranto, 1986). پسماند حاصل از کارخانه‌های تولید نشاسته منبعی غنی از فیبرهای تغذیه‌ای می‌باشد (Anjum *et al*., 2008). پالپ تصفیه شده سیب زمینی شامل فیبر رژیمی (۵۰٪-۶۰٪)، (بر مبنای وزن خشک) می‌باشد. به طور تقریبی فیبر سیب‌زمینی از ۵۵٪ فیبر نامحلول و ۴۵٪ فیبر محلول تشکیل شده است. قابلیت ایجاد ویسکوزیته این فیبر کم است، در صورتی‌که قدرت تورم‌پذیری و قابلیت جذب آب بالایی دارد (Kweon *et al*., 2003). Majzoobi و همکاران (2015) به بررسی اثر فیبر جو تجاری بر ویژگی‌های خمیر و کیک اسفنجی پرداختند که در این مطالعه فرمولاسیون کیک فیبر جو بدست آمد که مشاهده شد افزودن فیبر جو به کیک‌ها باعث افزایش چگالی خمیر و استحکام و حجم کیک اسفنجی گردید. به علاوه پوسته و مغز کیک تیره‌تر شد. سختی و چسبندگی کیک افزایش یافت درحالی‌که انسجام و ارتجاع کاهش یافت البته تغییرات نامطلوبی مانند سختی و تیرگی کیک توسط پنلیست‌ها در سطح ۳۰٪ مشاهده شد درحالی‌که افزودن فیبر جو در سطح کمتر از ۳۰٪ باعث بهبود ویژگی‌های حسی در کیک شد (Majzoobi *et al*., 2015). Kim و همکاران (2012) ویژگی‌های فیزیکی - شیمیایی کیک اسفنجی غنی شده با نوعی کاکتوس به نام *opuntia humifusa* را مورد بررسی قرار دادند و مشاهده کردند که وزن مخصوص، انسجام و فنریت کیک حاصل افزایش و سختی و قابلیت جویدن کیک کاهش یافت همچنین میزان رطوبت، خاکستر و فیبر کیک و میزان کربوهیدرات و کالری افزایش، ΔE و b و فاکتورهای a و L کاهش یافت.

تاکنون تحقیقی در مورد افزودن فیبر رژیمی سیب زمینی بر افزایش ارزش کیفی، حسی و پایداری کیک اسفنجی انجام نشده است. بر این اساس هدف از انجام این پژوهش به کارگیری فیبر سیب‌زمینی در فرمولاسیون کیک اسفنجی و بررسی ویژگی‌های آن می‌باشد.

مواد و روش‌ها

- **مواد اولیه**

[1] Functional Foods

[2] Trowell

مواد اولیه پایه کیک مورد استفاده در این تحقیق عبارتند از: آرد نول (۲۹/۸٪)، روغن نباتی مایع آفتابگردان (۱۷/۰۲٪)، شکر سفید نقش جهان (۲۱/۵٪)، تخم مرغ تلاونگ (۲۱/۵٪)، داتم (۰/۳۵٪)، بیکینگ پودر (۰/۴٪)، وانیل (۰/۱۵٪)، شیر خشک (۰/۶٪)، پودر آب پنیر (۱/۲٪)، آب (۷/۴۸٪). فیبر تجاری: فیبر سیب زمینی در سطوح (۰، ۱۰، ۲۰ و ۳۰٪) جایگزین آرد نول فرمولاسیون گردید و از شرکت جی.آر.اس (*JRS*) آلمان با عاملیت شرکت کیمیا دارو خریداری شد.

- آماده سازی خمیر کیک

روش مورد استفاده برای تهیه خمیر کیک، روش شکر خمیر بود به نحوی که ابتدا شکر و روغن به مدت ده دقیقه به وسیله همزن برقی خانگی KATOMO (HA-3020) ساخت کشور ژاپن مخلوط می‌شوند سپس تخم مرغ‌ها و بعد از آن همه‌ی مواد پودری الک شده شامل مقادیر مختلف فیبر، افزوده می‌شوند و در آخرین مرحله آب اضافه می‌شود. بعد از آماده‌سازی، خمیر در قالب کیک آبتین ساخت کشور ایران حاوی کاغذ روغنی توزین شد و آماده جهت قرارگیری در فر آبتین ساخت کشور ایران شد تا عمل پخت صورت گرفت. بعد از اتمام زمان پخت قالب حاوی کیک را به مدت ۱ ساعت در دمای محیط قرار داده تا خنک شود و از تعریق نمونه در بسته جلوگیری به عمل آید. در نهایت نمونه‌های کیک در بسته‌بندی‌های سلوفانی آبتین ساخت کشور ایران پیچیده شده و در دمای محیط نگهداری شد (Ataie, 2013).

- آزمون‌های فیزیکوشیمیایی

به منظور انجام آزمایشات شیمیایی از مواد شیمیایی مرک[1] آلمان استفاده شد. جهت اندازه‌گیری مقدار رطوبت نمونه پودر شده از دستگاه ترازوی رطوبت سنج هالوژنی استفاده شد (AACC44-15)[2]. مقدار پروتئین نمونه پودر شده به روش کلدال مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱۹۰۵۲ انجام پذیرفت. اندازه گیری مقدار چربی نمونه‌ها به روش سوکسله اتومات با حلال پترولیوم اتر مطابق با استاندارد شماره (AACC30-25) انجام شد. مقدار خاکستر نمونه پودر شده با استفاده از کوره الکتریکی مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۶۹۴۹ محاسبه گردید. مقدار فیبر خام نمونه‌ها، به روش کیسه‌ای با دستگاه پکوفود اندازه‌گیری شد.

معادله ۱

$$\text{درصد فیبر} = \frac{\text{وزن اولیه کیسه} - (\text{وزن کروزه با پک بعد از سوزاندن} - \text{وزن کروزه با پک قبل از سوزاندن})}{\text{وزن نمونه}} \times ۱۰۰$$

جهت اندازه‌گیری فیبر مغذی از روش(Amiri, 2008)، استفاده شد. اما با توجه به مشکل صاف شدن نشاسته، اندازه‌گیری فیبر مغذی از طریق محاسبه انجام گرفت. در این روش ابتدا وزن خمیر هر کیک با توجه به وزن کل خمیر و تعداد کیک بدست آمده محاسبه شد. سپس با توجه به درصد فیبر کیک مقدار فیبر اضافه شده در خمیر هر کیک بدست آمد. که در مرحله بعد با توجه به میزان هر کیک بعد از پخت درصد فیبر کیک محاسبه گردید و با استفاده از مقادیر درصد فیبر محلول و نامحلول در هر نمونه فیبر سیب‌زمینی، مقدار فیبر محلول و نامحلول در کیک محاسبه گردید (Amiri, 2008) .

- آزمون بافت سنجی

جهت ارزیابی خواص بافتی از آزمون آنالیز نیمرخ بافت یا (TPA[3])، تست برش و تست پانچ استفاده گردید. در طی ارزیابی از دستگاه سنجش بافت بروکفیلد (Brookfield CT3) ساخت کشور امریکا، با سرعت ۰/۵ میلی‌متر بر ثانیه، میزان حساسیت ۶/۸ گرم استفاده شد. ابتدا نمونه‌های کیک در ابعاد ۳۰×۳۶×۳۶ میلی متر روی قسمت مشخص شده دستگاه قرار داده شدند. 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 میلی متر برای پانچ بافت (مغز) کیک و پوسته کیک روی قطعات کیک اعمال شد. آزمون سوراخ کردن یا نفوذ سنجی به عنوان شاخص سفتی،

[1] Merck [2] American Association of Cereal Chemistry [3] Texture Profile Analysis

سختی و یا سایر خواص بافتی ماده غذایی معرفی می‌گردد (Ataie, 2013).

- **اندازه گیری تخلخل بافت**

اندازه‌گیری تخلخل با ایجاد برشی از کیک به ابعاد ۲۰×۲۰ میلی متر تهیه گردید. نمونه‌ها توسط اسکنر مدل Hp M 1530 MFP با وضوح 1200 dpi اسکن شده و تصاویر در اختیار نرم افزار Image j ورژن r1/46 قرار گرفت. در نهایت در قسمت analyze particle، اندازه میانگین، تعداد حفرات در یک مقیاس مشخص و درصد تخلخل کیک محاسبه گردید (Mortazavi Nezhad, 2015).

- **ارزیابی رنگ**

ارزیابی رنگ به وسیله دستگاه هانترلب در مورد مغز و پوسته انجام گرفت و مقادیر L* (میزان روشنایی[1])، a* (میزان تمایل به رنگ قرمز[2]) و b* (میزان تمایل به رنگ زرد[3]) اندازه گیری شد. دیگر پارامترها نظیر ΔE (تغییر رنگ کلی) و BI (اندیس قهوه‌ای شدن[4]) با استفاده از سه پارامتر اصلی (L*، a* ، b*) تعیین گردید (Saricoban and Yilmaz, 2010).

معادله ۲

$$\Delta E = \sqrt{(L_0 - L*)2 + (a_0 - a*)2 + (b - b*)2}$$

معادله ۳

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

معادله ۴

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

- **ارزیابی حسی**

ارزیابی خواص حسی کیک‌ها با استفاده از آزمون هدونیک ۵ نقطه‌ای 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 سیب زمینی 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 نمونه‌ی شاهد در بسته‌بندی‌سلوفانی آبتین ساخت کشور ایران پیچیده شد و به مدت ۴۰ روز در دمای اتاق انبارداری گردید و در طی انبارداری آزمایشات اندازه درصد رطوبت، خواص فیزیکی (TPA) و حسی در فواصل هر ۱۰ روز انجام گرفت (Ronda *et al., 2011*).

- **تجزیه و تحلیل آماری**

در این تحقیق به منظور مقایسه تاثیر جایگزینی فیبر سیب زمینی در چهار سطح (۰، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد) جایگزین آرد گندم در کیک به صورت طرح کاملا تصادفی استفاده شد. نتایج و تجزیه و تحلیل آماری ارزیابی کیک‌ها به کمک نرم‌افزار SPSS، ANOVA آنالیز واریانس گردید و میانگین‌ها با آزمون Duncan در سطح احتمال ۹۵٪ مقایسه گردیدند، رسم نمودارها نیز به کمک نرم افزار Excel انجام شد.

یافته‌ها

- **ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی کیک‌های اسفنجی**

بر اساس آزمون‌های شیمیایی انجام شده بر روی نمونه‌های کیک و با توجه به جدول ۱، نتایج آنالیز واریانس داده‌ها نشان داد تاثیر افزایش جایگزینی فیبر سیب زمینی به جای آرد گندم موجب افزایش معنی دار رطوبت و فیبر خام (در سطح ۲۰ و ۳۰٪) و فیبر مغذی با افزایش درصد جایگزینی نسبت به نمونه شاهد گردید، میزان خاکستر با افزایش درصد جایگزینی افزایش یافته است که این افزایش در سطح (۲۰ و۳۰٪) نسبت به شاهد معنی دار بود و بر روی میزان چربی و پروتئین محصول تولیدی تاثیر معنی‌دار نداشت. میزان خاکستر، فیبر خام و فیبر مغذی با افزایش درصد جایگزینی فیبر افزایش یافت که این افزایش در مورد فیبر خام و فیبر مغذی معنی‌دار بود (P<۰/۰۵).

بر اساس آزمون رطوبت انجام شده در طی زمان بر روی نمونه‌های کیک و با توجه به جدول ۲، نتایج آنالیز واریانس داده‌ها نشان داد افزودن فیبر سیب زمینی به جای

[1] Lightness [2] Redness [3] Yellowness [4] Browning Index

آرد گندم موجب افزایش معنی دار رطوبت فرمولاسیون حاوی فیبر سیب زمینی (در روز ۴۰) نسبت به کلیه روزها گردید قابل ذکر است کاهش معنی‌دار رطوبت در نمونه شاهد در روز ۴۰ نگهداری نسبت به کلیه روزها مشاهده گردید.در کلیه روزها به جز روز ۴۰ ماندگاری رطوبت نمونه‌های حاوی فیبر به طور معنی‌داری کمتر از نمونه شاهد بود. و در روز ۴۰ رطوبت نمونه حاوی فیبر به طور معنی‌دار بیشتر از نمونه شاهد بود (P<۰/۰۵).

- تاثیر جایگزینی فیبر سیب زمینی بر ارزیابی رنگ کیک‌های اسفنجی

با توجه به جدول ۳، نتایج آنالیز واریانس داده‌ها نشان داد با افزایش درصد جایگزینی فیبر سیب زمینی به‌جای آرد گندم، طی آزمون ارزیابی رنگ پوسته نمونه‌های کیک، اندیس رنگ L و a به طور معنی‌داری نسبت به نمونه شاهد کاهش یافته است همچنین شاهد افزایش معنی‌دار اندیس رنگ BI در سطوح ۲۰ و ۳۰ درصد جایگزینی نسبت به نمونه شاهد و افزایش اندیس ΔE با افزایش درصد جایگزینی بودیم اما این افزایش بر روی اندیس رنگ b پوسته محصول تولیدی تاثیر معنی‌داری نداشت. اندیس رنگ a با افزایش درصد جایگزینی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت و اندیس رنگ BI با افزایش درصد جایگزینی به طور معنی‌دار افزایش یافت. با افزایش درصد جایگزینی اندیس L نیز کاهش یافت. افزودن مقادیر مختلف فیبر سیب زمینی به‌جای آرد گندم، طی آزمون ارزیابی رنگ مغز نمونه‌های کیک موجب کاهش معنی‌دار اندیس رنگ L و همچنین افزایش معنی‌دار اندیس رنگ a و b با افزایش درصد جایگزینی نسبت به نمونه شاهد گردید و بر روی اندیس رنگ BI مغز محصول تولیدی تاثیر معنی داری نداشت. اندیس رنگ a با افزایش درصد جایگزینی به طور معنی‌داری افزایش یافت و اندیس رنگ L با افزایش درصد جایگزینی کاهش یافت و اندیس رنگ ΔE افزایش یافت (P<۰/۰۵).

- تاثیر جایگزینی فیبر سیب زمینی بر ویژگی‌های بافت سنجی نمونه‌های کیک اسفنجی

با توجه به جدول ۴، نتایج آنالیز واریانس داده‌ها نشان داد با افزایش درصد جایگزینی فیبر سیب زمینی بجای آرد

جدول ۱- مقایسه میانگین سطوح مختلف فیبر سیب زمینی بر ویژگی‌های شیمیایی کیک اسفنجی (٪)

فیبر (٪)	۰	۱۰	۲۰	۳۰
رطوبت (٪)	۱۴/۲۲±۰/۰۲^{b}	۱۴/۲۵±۰/۰۵^{b}	۱۴/۴۰±۰/۲۱^{a}	۱۴/۵۲±۰/۱۴^{a}
خاکستر (٪)	۱/۰۷±۰/۰۷^{c}	۱/۵۰±۰/۰۱^{bc}	۱/۷۲±۰/۲۲^{b}	۲/۴۲±۰/۱۷^{a}
چربی (٪)	۲۳/۱۶±۰/۱۶^{a}	۲۳/۴۹±۰/۱۶^{a}	۲۳/۳۹±۰/۲۳^{a}	۲۳/۳۳±۰/۰۱^{a}
پروتئین (٪)	۱۲/۵۱±۰/۱۲^{a}	۱۲/۴۴±۰/۱۱^{a}	۱۲/۲۹±۰/۰۹^{a}	۱۲/۲۵±۰/۰۵^{a}
فیبر خام (٪)	۱/۴۰±۰/۰۱^{c}	۱/۳۶±۰/۰۲^{c}	۲/۱۲±۰/۲۱^{b}	۳/۲۹±۰/۰۹^{a}
فیبر مغذی (٪)	۰/۰۵±۰/۰۱^{d}	۰/۱۶±۰/۰۱^{c}	۰/۳۹±۰/۰۴^{b}	۰/۷۱±۰/۰۲^{a}

* میانگین‌ها در هر ردیف با حروف انگلیسی متفاوت دارای اختلاف معنی دار با هم هستند (P<۰/۰۵).

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر فیبر سیب زمینی بر میزان رطوبت کیک اسفنجی در طول ٤٠ روز نگهداری

فیبر (٪)	زمان (روز)				
	۰	۱۰	۲۰	۳۰	٤٠
۰	۱۴/۲۲±۰/۰۲^{a}	۱۴/۱۷±۰/۱۷^{a}	۱۳/۸۱±۰/۱۸^{a}	۱۳/۹۷±۰/۰۳^{a}	۱۱/۵۶±۰/۴۴^{b}
۱۰	۱۲/۷۵±۰/۱۱^{b}	۱۲/۴۹±۰/۰۹^{b}	۱۲/۵۴±۰/۰۳^{b}	۱۲/۱۹±۰/۳۲^{b}	۱۳/۲۰±۰/۲۴^{a}

* میانگین‌ها در هر ردیف با حروف انگلیسی کوچک متفاوت دارای اختلاف معنی دار با هم هستند (P<۰/۰۵)

گندم، طی آزمون تجزیه نیم رخ بافت، سختی بافت نمونه‌های کیک افزایش یافته و به‌طور کلی با افزایش سطح فیبر مورد استفاده در محصول، سختی بافت تمامی نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد افزایش می‌یابد که این میزان افزایش از نظر آماری معنی‌دار بوده است. با افزایش درصد جایگزینی فیبر سیب‌زمینی بجای آرد گندم طی آزمون نفوذ، سختی تیمارهای ۲۰ و ۳۰ درصد سیب‌زمینی به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافته است. کمترین میزان سختی مربوط به سطح ۱۰٪ فیبر سیب زمینی بود که مشابه نمونه شاهد می باشد. به طور کلی با افزایش سطح فیبر مورد استفاده در محصول سختی تمامی نمونه‌ها افزایش یافت. در طی آزمون برش با افزایش درصد جایگزینی میزان سختی نمونه‌های حاوی فیبر سیب زمینی به طور معنی دار افزایش یافت. سختی نمونه‌های ۲۰ و ۳۰٪ سیب زمینی به طور معنی‌دار بیشتر از نمونه شاهد بود. سطح ۳۰٪ فیبر سیب‌زمینی دارای بیش‌ترین میزان سختی بود. همچنین کمترین میزان سختی مربوط به سطح ۱۰٪ فیبر سیب‌زمینی و نمونه شاهد بود. نمونه ۲۰٪ فیبر سیب زمینی همانند نمونه شاهد دارای بیش‌ترین مقدار از نظر ویژگی پیوستگی بودند. با افزایش سطح فیبر مورد استفاده در محصول پیوستگی تمامی نمونه‌ها به استثناء ۲۰٪ سیب زمینی نسبت به شاهد به طور معنی‌دار کاهش یافت. قابلیت ارتجاعیت تیمارهای حاوی فیبر با افزایش درصد جایگزینی کاهش یافت. قابل ذکر است ارتجاعیت کلیه نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد به طور معنی‌دار کاهش یافته است ($P<0/05$).

نتایج آنالیز واریانس اثر زمان نگهداری بر سختی کیک در آزمون تجزیه نیم رخ بافت در جدول ۵، نشان داد که سختی نمونه شاهد با گذشت زمان نگهداری نسبت به روز صفر به‌طور معنی‌دار کاهش یافت. در روز صفر سختی نمونه سیب‌زمینی به طور معنی‌دار کمتر از شاهد بود. در روزهای ۱۰، ۲۰،۳۰ و ۴۰ ماندگاری سختی تیمار حاوی

جدول ۳- مقایسه میانگین سطوح مختلف فیبر سیب زمینی بر اندیس‌های رنگ پوسته و مغز کیک اسفنجی

	فیبر (٪)	۰	۱۰	۲۰	۳۰
پوسته کیک	L*	۴۱/۱۸±۰/۰۸^{a}	۳۷/۴۲±۰/۱۷^{b}	۳۵/۹۹±۱/۱۹^{b}	۲۷/۷۱±۰/۹۲^{c}
	a*	۱۸/۰۹±۰/۵۴^{a}	۱۵/۱۴±۰/۳۱^{b}	۱۲/۲۶±۰/۰۵^{c}	۹/۴۹±۰/۲۶^{d}
	b*	۱۳/۴۳±۰/۰۱^{a}	۱۳/۳۵±۰/۰۹^{a}	۱۳/۲۲±۰/۰۳^{a}	۱۳/۴۵±۰/۳۱^{a}
	Δ E	-	۵/۷۹±۱/۲۱^{b}	۶/۵۳±۰/۱۴^{b}	۱۵/۷۶±۰/۹۲^{a}
	BI	۹۱/۰۰±۰/۰۱^{c}	۹۱/۰۱±۰/۰۱^{c}	۹۱/۸۷±۰/۰۱^{b}	۹۱/۹۱±۰/۰۲^{a}
مغز کیک	L*	۷۲/۳۸±۰/۳۲^{a}	۶۳/۴۶±۰/۲۷^{b}	۵۸/۸۱±۰/۳۳^{c}	۵۷/۴۴±۱/۱۲^{c}
	a*	−۱/۰۶±۰/۰۵^{d}	۰۰/۵۳±۰/۰۲^{c}	۱/۳۹±۰/۰۴^{b}	۲/۱۳±۰/۲۰^{a}
	b*	۱۳/۲۹±۰/۰۳^{c}	۱۹/۰۷±۰/۰۹^{b}	۱۹/۰۰±۰/۱۷^{b}	۲۱/۱۰±۰/۱۵^{a}
	Δ E	-	۱۲/۱۸±۰/۱۱^{b}	۱۵/۲۳±۰/۲۷^{a}	۱۶/۶۱±۱/۰۰^{a}
	BI	۷۱/۱۹±۰/۰۳^{a}	۷۱/۲۰±۰/۰۱^{a}	۷۱/۲۰±۰/۰۱^{a}	۷۱/۱۹±۰/۰۲^{a}

* میانگین‌ها در هر ردیف با حروف انگلیسی متفاوت دارای اختلاف معنی دار با هم هستند ($P<0/05$).

جدول ٤- مقایسه میانگین سطوح مختلف فیبر سیب زمینی بر ویژگی های بافت سنجی کیک اسفنجی

فیبر (٪)	سختی (گرم)		پیوستگی	ارتجاعیت (میلی متر)
	آنالیز پروفایل بافت	برش	نفوذ	
۰	۹۰۰/۵ ± ۳/۵۴ ^{c}	۲۵۸/۰۰ ± ۳۱/۸۲^{c}	۱۲۱/۵۰ ± ۱۰/۶۱ ^{b}	۰/۵۰ ± ۰/۰۹ ^{a}	۱۱/۸۹ ± ۰/۵۳ ^{a}
۱۰	۱۲۶۱/۵ ± ۱۴۴/۹۶ ^{bc}	۲۵۸/۰۰ ± ۴/۲۴ ^{c}	۱۰۰/۵۰ ± ۵/۶۶ ^{b}	۰/۳۸ ± ۰/۰۵ ^{b}	۱۰/۰۴ ± ۰/۴۰ ^{b}
۲۰	۲۱۶۷/۰ ± ۱۴۳/۵۴ ^{a}	۵۷۶/۷۵ ± ۳۶/۴۲ ^{b}	۳۹۳/۵۰ ± ۱۲/۰۲ ^{a}	۰/۵۳ ± ۰/۰۱ ^{a}	۹/۶۵ ± ۰/۴۳ ^{bc}
۳۰	۲۲۱۶/۵ ± ۲۶۳/۷۵ ^{a}	۷۰۸/۵۰ ± ۲۱/۲۱ ^{a}	۴۱۵/۵۰ ± ۱۵/۵۶ ^{a}	۰/۳۸ ± ۰/۰۶ ^{b}	۹/۳۷ ± ۰/۰۷ ^{cd}

* میانگین‌ها در هر ستون با حروف انگلیسی متفاوت دارای اختلاف معنی دار با هم هستند ($P<0/05$).

سیب‌زمینی به طور معنی‌دار نسبت به نمونه شاهد کاهش یافت. تیمار شاهد در روز صفر دارای بیشترین میزان سختی در تست تجزیه نیم رخ بافت بود. قابل ذکر است به طور کلی 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 به طور معنی‌دار کمتر از تیمار حاوی فیبر سیب زمینی بود. بیشترین سختی مربوط به تیمار سیب زمینی در روز صفر و کمترین میزان سختی مربوط به شاهد در روز ۲۰ ماندگاری بود و سختی کلیه تیمارها در ابتدا کاهش و سپس افزایش یافت. در تست نفوذ با گذشت زمان سختی نمونه شاهد به طور معنی‌داری نسبت به روز صفر افزایش پیدا می‌کنند. سختی نمونه‌ی حاوی سیب‌زمینی در روز ۲۰ به طور معنی‌داری نسبت به روز صفر افزایش و در روز چهلم به طور معنی‌داری نسبت به روز صفر کاهش می یابد. در روز صفر، ۱۰ و ۲۰ سختی نمونه سیب زمینی به طور معنی داری بیشتر از شاهد بوده است. در روز چهلم سختی نمونه سیب زمینی به طور معنی‌داری کمتر از شاهد است. کمترین میزان سختی در تست نفوذ مربوط به تیمار شاهد در روز صفر بود. قابل ذکر است به طور کلی با افزایش زمان نگهداری محصول سختی نمونه شاهد افزایش یافت. با گذشت زمان پیوستگی تمام نمونه‌ها به‌طور معنی‌داری نسبت به روز صفر کاهش می‌یابد. در روز صفر،۱۰، ۲۰ و ۳۰ 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. و همچنین ارتجاعیت نمونه‌های شاهد و سیب‌زمینی در روزهای ۲۰، ۳۰ و۴۰ به طور معنی‌داری نسبت به روز صفر کاهش می‌یابد. در روز ۳۰ و ۴۰ فنریت تمامی نمونه‌های حاوی فیبر سیب زمینی به طور معنی‌داری کمتر از نمونه شاهد بود (P<۰/۰۵).

- تاثیر جایگزینی فیبر سیب‌زمینی بر تخلخل کیک‌های اسفنجی

با توجه به جدول ۶، آنالیز واریانس داده‌ها نشان داد که با افزایش درصد جایگزینی فیبر سیب زمینی به جای آرد گندم، تخلخل تمامی نمونه‌ها نسبت به شاهد به طور معنی‌دار کاهش یافته است. با افزایش درصد جایگزینی فیبر، تخلخل تیمارها کاهش یافته و بیشترین میزان تخلخل مربوط به شاهد بود. و با افزایش درصد جایگزینی فیبر سیب زمینی به جای آرد گندم میانگین سایز حفرات تیمارها به طور معنی‌دار کاهش یافته است. و نیز میانگین سایز حفرات تمامی نمونه‌ها نسبت به شاهد به طور معنی‌داری کاهش یافته است. همچنین با افزایش درصد

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر فیبر سیب زمینی بر ویژگی‌های بافت سنجی کیک اسفنجی در طول ۴۰ روز نگهداری

زمان (روز)/ فیبر سیب زمینی (٪)		سختی (گرم)			پیوستگی	ارتجاعیت (میلی متر)
		آنالیز پروفایل بافت	برش	نفوذ		
۰	۰	۱۱۲۹/۵±۲۳/۳۳^{a}	۲۵۱/۰±۱۸/۷^{g}	۹۰/۵± ۷/۰۷^{j}	۰/۵۱±۰/۰۵^{a}	۱۲/۵۱±۰/۱۹^{ab}
	۱۰	۹۵۳/۰±۳۱/۱۱^{d}	۳۵۹/۵±۳۴/۲^{a}	۱۵۶/۵/±۱۱/۳۱^{fgh}	۰/۳۶±۰/۰۱^{bc}	۱۲/۱۵±۰/۰۲^{abc}
۱۰	۰	۱۰۰۵/۵±۳۲/۵۳^{b}	۱۷۶/۳۵±۲۷/۵^{k}	۱۲۳/۵±۴/۹۵^{i}	۰/۳۷±۰/۰۳^{bc}	۱۲/۱۲±۰/۰۱^{abc}
	۱۰	۸۹۷/۵±۲/۸۳^{f}	۲۵۷/۳۹±۱/۴^{d}	۱۵۶/۸±۱۲/۳۷^{fgh}	۰/۲۵±۰/۰۲^{ef}	۱۱/۵۷±۰/۶۱^{bcd}
۲۰	۰	۸۵۷/۰±۷/۴۲^{g}	۱۲۰/۰۶±۲/۸^{m}	۱۲۹/۰±۲۴/۷۵^{hi}	۰/۳۲±۰/۰۰^{cd}	۱۰/۹۵±۰/۳۵^{d}
	۱۰	۷۰۸/۵±۵۹/۰۴^{hi}	۲۵۶/۱۶±۳۶/۴^{fg}	۱۹۸/۸±۱/۷۷^{cde}	۰/۲۴±۰/۰۳^{efg}	۱۱/۰۰±۰/۲۸^{d}
۳۰	۰	۷۴۱/۵±۲۵/۱۰^{h}	۱۶۷/۱۸۵±۱/۷^{l}	۱۴۲/۰±۱۳/۴۴^{ghi}	۰/۲۶±۰/۰۴^{def}	۱۰/۸۸±۰/۱۴^{d}
	۱۰	۶۷۸/۵±۵۷/۹۸^{i}	۲۶۹/۷۴۵±۲۰/۸^{e}	۱۶۹/۵±۱/۴۱^{efg}	۰/۱۶±۰/۰۶^{gh}	۸/۱۳±۰/۱۷^{h}
۴۰	۰	۹۹۷/۰±۹۲/۲۸^{b}	۲۱۲/۶۶±۲۵/۸^{i}	۱۶۰/۰±۱۲/۷۳^{fg}	۰/۲۱±۰/۰۱^{fgh}	۱۰/۷۹±۰/۲۲^{de}
	۱۰	۸۵۳/۰±۱۹/۴۵^{g}	۲۹۷/۲۳±۳۵/۷^{c}	۱۲۳/۸±۲۲/۲۷^{i}	۰/۱۸±۰/۰۲^{gh}	۹/۰۰±۰/۱۵^{fgh}

* میانگین‌ها در هر ستون با حروف انگلیسی متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار با هم هستند (P<۰/۰۵).

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<۰/۰۵).

- تاثیر جایگزینی فیبر سیب زمینی بر ارزیابی حسی نمونه‌های کیک اسفنجی

بر اساس ارزیابی حسی انجام شده بر روی نمونه‌های کیک و با توجه به جدول ۷، نتایج آنالیز واریانس داده‌ها نشان داد افزودن مقادیر مختلف فیبر سیب زمینی به فرمولاسیون کیک اسفنجی موجب کاهش معنی‌دار شاخص رنگ و پذیرش کلی (در سطح ۲۰ و ۳۰٪) و بافت و طعم با افزایش درصد جایگزینی نسبت به نمونه شاهد گردید و پس طعم و بو با افزایش درصد جایگزینی نسبت به شاهد کاهش می یابد که این کاهش در سطح ۲۰ و ۳۰٪ نسبت به شاهد معنی‌دار بود. شاخص بافت و طعم با افزایش درصد جایگزینی فیبر کاهش یافت (P<۰/۰۵).

بر اساس ارزیابی حسی انجام شده در طی زمان بر روی نمونه‌های کیک و با توجه به جدول ۸، نتایج آنالیز واریانس داده‌ها نشان داد کیک اسفنجی شاهد (در روز ۴۰) دچار افت معنی‌دار در شاخص بافت نسبت به روز صفر شد اما گذشت زمان تاثیر معنی‌داری بر روی شاخص بافت محصولات تولیدی حاوی ۱۰٪ فیبر سیب‌زمینی نداشت. در روز ۴۰ ماندگاری بافت نمونه‌حاوی فیبر سیب زمینی به طور معنی‌داری بیشتر از نمونه شاهد بود. گذشت زمان تاثیر معنی‌داری بر روی شاخص طعم، پس طعم، رنگ، بو و پذیرش کلی کلیه محصولات تولیدی نداشت (P<۰/۰۵).

بحث

با توجه به نتایج بدست آمده در این پژوهش جایگزینی فیبر سیب زمینی بجای آرد گندم در فرمولاسیون کیک اسفنجی سبب افزایش خاکستر، فیبر خام، و فیبر مغذی نمونه‌های تولید شده گردید. همچنین میزان رطوبت نمونه‌های حاوی فیبر به‌طور معنی‌داری از نمونه شاهد بیشتر بود. و جایگزینی فیبر به جای آرد گندم هیچ تاثیر معنی‌داری بر مقدار چربی و پروتئین کیک نداشت. Maria-Isabel و Olga (۱۹۹۹) گزارش کردند در محصولات حاوی فیبر در هنگام پخت، مقداری آب از ماتریکس ماده غذایی آزاد می‌شود و به وسیله فیبر موجود در محصول که دارای ظرفیت نگهداری آب بالایی است جذب می‌گردد. Rosell و همکاران (۲۰۰۱) افزایش جذب آب فیبرها به دلیل گروه‌های هیدروکسیل موجود در آن‌هاست که از طریق باندهای هیدروژنی واکنش متقابل با آب را افزایش می‌دهند. Lazaridou و همکاران (۲۰۰۷) تاثیر استفاده از فیبرهای هیدروکلوئیدی را در نان بررسی کردند.

جدول ٦- مقایسه میانگین سطوح مختلف فیبر سیب زمینی بر تخلخل کیک اسفنجی

فیبر (٪)	تراکم حفرات (تعداد حفره در میلی متر مربع)	میانگین سایز حفرات (میلی متر)	تخلخل (٪)
۰	۱۸/۹۸۴ ± ۲/۳۲ [a]	۰/۰۵۵ ± ۰/۰۰۲ [a]	۳/۱۳ ± ۰/۳۱ [d]
۱۰	۱۶/۶۰ ± ۲/۴۷ [bc]	۰/۰۴۷ ± ۰/۰۰۵ [b]	۳/۵۷ ± ۰/۰۳ [c]
۲۰	۱۴/۸۰ ± ۱/۲۶ [cd]	۰/۳۶ ± ۰/۰۰۶ [c]	۴/۴۲ ± ۰/۱۷ [b]
۳۰	۹/۵۸ ± ۱/۱۳ [ef]	۰/۰۲۵ ± ۰/۰۱۱ [d]	۶/۶۰ ± ۰/۰۱ [a]

* میانگین‌ها در هر ستون با حروف انگلیسی متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار با هم هستند (P<۰/۰۵).

جدول ۷- مقایسه میانگین سطوح مختلف فیبر سیب زمینی بر خواص حسی کیک اسفنجی (امتیاز از ۵)

فیبر (٪)	۰	۱۰	۲۰	۳۰
بافت	۴/۸۵±۰/۰۹[a]	۳/۷۸±۰/۳۳[b]	۳/۰۷±۰/۳۵[bc]	۲/۷۱±۰/۳۱[c]
طعم	۴/۷۱±۰/۱۵[a]	۳/۸۵±۰/۲۶[b]	۳/۲۱±۰/۱۵[bc]	۲/۷۸±۰/۴۶[c]
پس طعم	۴/۶۴±۰/۲۱[a]	۴/۰۰±۰/۲۱[ab]	۳/۵۰±۰/۳۶[b]	۳/۳۵±۰/۱۸[b]
رنگ	۴/۷۱±۰/۱۵[a]	۴/۲۱±۰/۳۴[a]	۲/۷۸±۰/۳۹[b]	۲/۷۱±۰/۲۵[b]
بو	۴/۵۰±۰/۲۳[a]	۳/۸۵±۰/۲۴[ab]	۲/۹۲±۰/۵۰[b]	۳/۳۵±۰/۳۰[b]
پذیرش کلی	۴/۸۵±۰/۱۴[a]	۴/۱۴±۰/۲۳[a]	۲/۷۱±۰/۳۹[b]	۳/۰۷±۰/۱۸[b]

* میانگین‌ها در هر ردیف با حروف انگلیسی متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار با هم هستند (P<۰/۰۵).

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر فیبر سیب زمینی بر خواص حسی کیک اسفنجی در طول ۴۰ روز نگهداری (امتیاز از ۰ تا ۵)

زمان (روز)	فیبر (٪)	بافت	طعم	پس طعم	رنگ	بو	پذیرش کلی
۰	۰	۳/۹۲±۰/۲۸ a	۴/۵۰±۰/۱۵ a	۳/۶۴±۰/۳۲a	۴/۰۷±۰/۱۸ a	۳/۹۲±۰/۲۶a	۴/۶۴±۰/۵۰ a
	۱۰	۴/۰۷±۰/۱۵ a	۳/۶۴±۰/۳۵ a	۳/۵۷±۰/۳۶a	۳/۸۵±۰/۳۴ a	۴/۰۰±۰/۳۰a	۴/۰۷±۰/۲۱a
۱۰	۰	۴/۵۷±۰/۱۵ a	۳/۵۰±۰/۳۶ a	۴/۲۸±۰/۲۳a	۴/۲۱±۰/۲۴ a	۴/۲۱±۰/۲۷ a	۴/۰۷±۰/۱۵a
	۱۰	۴/۰۷±۰/۳۲ a	۴/۰۷±۰/۳۲ a	۳/۷۸±۰/۳۸a	۴/۲۸±۰/۲۳ a	۳/۷۸±۰/۳۵a	۴/۲۱±۰/۲۴a
۲۰	۰	۴/۲۱±۰/۳۲ a	۴/۳۵±۰/۲۷ a	۴/۰۷±۰/۳۹a	۴/۷۱±۰/۱۵ a	۴/۲۸±۰/۲۱a	۴/۰۰±۰/۳۴a
	۱۰	۳/۴۲±۰/۲۹ a	۳/۸۵±۰/۲۸ a	۳/۶۴±۰/۳۶a	۴/۱۴±۰/۲۳ a	۳/۶۴±۰/۴۳a	۳/۷۱±۰/۳۱a
۳۰	۰	۳/۹۲±۰/۲۶ a	۳/۵۷±۰/۳۸ a	۳/۶۴±۰/۳۶a	۴/۶۴±۰/۱۱a	۴/۰۰±۰/۳۲a	۴/۰۰±۰/۲۸a
	۱۰	۳/۲۸±۰/۴۰a	۴/۱۴±۰/۲۰a	۴/۲۱±۰/۲۲a	۴/۲۸±۰/۱۸a	۴/۴۲±۰/۱۴a	۴/۰۰±۰/۲۴a
۴۰	۰	۲/۷۸±۰/۴۴ b	۳/۳۵±۰/۴۱a	۳/۳۵±۰/۴۱a	۴/۶۴±۰/۱۱a	۳/۳۵±۰/۵۱a	۳/۶۴±۰/۳۲a
	۱۰	۳/۱۴±۰/۴۵ a	۳/۲۸±۰/۳۲ a	۳/۳۵±۰/۲۸a	۳/۷۸±۰/۳۹a	۴/۰۰±۰/۴۰a	۳/۹۲±۰/۱۹a

* میانگین‌ها در هر ستون با حروف انگلیسی متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار با هم هستند (P<۰/۰۵).

آن‌ها نیز به این نتیجه رسیدند که با افزودن فیبرها به آرد، به دلیل طبیعت هیدروفیلیک این پلیمرها، میزان جذب آب افزایش می‌یابد. با توجه به آنالیز فیبرهای مختلف که توسط Azimi و همکاران (۲۰۱۳) انجام پذیرفته است، فیبرهای رژیمی عمدتا فاقد چربی و پروتئین بوده و درصد خاکستر بین ۲ تا ۴٪ می‌باشند که با توجه به میزان خاکستر پایین کیک اسفنجی شاهد (۱/۰۷٪) افزودن فیبر رژیمی به فرمولاسیون این محصول می‌تواند تحت تاثیر قرار بگیرد. نتایج این تحقیق مشابه نتایج El-Sharnouby و همکاران (۲۰۱۲) می باشد که اثر افزودن فیبر گندم و پالم را بر خواص شیمیایی نان مورد مطالعه قرار دادند. طبق نتایج گزارش شده توسط Kohajdova و همکاران (۲۰۱۱) بالا بودن میزان خاکستر فیبر نشان دهنده وجود املاح فراوان در این ترکیبات می‌باشد. Kim و همکاران (۲۰۱۲) با افزودن فیبر انجیر هندی میزان فیبر محلول و نامحلول کیک اسفنجی را افزایش دادند. Almeida و همکاران (۲۰۱۳) افزایش رطوبت نان را در اثر افزودن انواع مختلف فیبر تایید نمودند.

جایگزینی فیبر سیب‌زمینی بجای آرد گندم در فرمولاسیون کیک اسفنجی سبب افزایش رنگ نمونه‌های تولید شده گردید. طبق نتایج Shokrollahi و همکاران (۲۰۱۵) رنگ محصول از مهمترین فاکتورهای پذیرش محصولات فیبردار می‌باشد. عوامل زیادی بر روی رنگ این محصولات تاثیر گذار می‌باشد. فیبرهای با رنگ روشن‌تر (مانند فیبر مغز هسته و نواحی داخلی گیاهان) رنگ روشن تری داشته و عمدتا برای محصولات نانوایی کاربرد دارند. طبق تحقیقات Gomez و همکاران (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 محیط در پی انجام این واکنش جلوگیری کرده، همچنین به علت جاذب الرطوبه بودن، رطوبت در حد مناسبی جهت این واکنش موجود بوده و میزان انجام این واکنش در حد بالایی باقی مانده که باعث تیره‌تر شدن رنگ کیک شده است. طبق تحقیقاتGularte و همکاران (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 قهوه ای تا سیاه و افزایش شاخص قهوه‌ای شدن می‌گردد اما در مغز و بافت داخلی کیک که معمولا دما به ۱۰۰ درجه سلسیوس نمی‌رسد بنابراین تغییر رنگ با شدت کمتری انجام پذیرفته و عمدتا 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 اندیس رنگ b مغز کیک گواه این موضوع می‌باشد. Gomez و همکاران (۲۰۰۳) افزودن انواع مختلف فیبر به نان، موجب افزایش معنی‌دار تغییرات کلی رنگ (اندیس ΔE) پوسته و مغز محصول نسبت به نمونه شاهد می‌گردد. Sudha و همکاران (۲۰۰۷) در اثر افزودن فیبر به بیسکویت، روشنایی محصول کاهش یافته و در مقابل تغییرات کلی رنگ (اندیس ΔE) افزایش معنی‌داری می‌یابد. این نتایج مشابه نتایج بدست آمده توسط Martinez و همکاران (۲۰۱۱) می‌باشد که بیان

کردند با افزایش غلظت فیبر کاکائو در فرمول مافین اندیس روشنی کاهش می‌یابد.

سختی بافت در آزمون تجزیه نیم رخ بافت نمونه‌های حاوی فیبر به طور معنی‌داری از نمونه شاهد بیشتر بود. این در حالی بود که پیوستگی و ارتجاعیت با گذشت زمان و افزایش جایگزینی فیبر سیب‌زمینی به‌جای آرد گندم به طور معنی‌داری نسبت به شاهد کاهش یافت. میزان سختی بافت در تست برش با گذر زمان و افزایش جایگزینی فیبر سیب زمینی به جای آرد گندم ابتدا کاهش و سپس افزایش یافت در حالی که میزان سختی بافت در تست نفوذ ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت. مطابق نتایج Lee و همکاران (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 به‌طوریکه هر چه دانسیته افزایش یابد، استحکام و مقاومت کیک نیز بیشتر می‌شود و بنابراین میزان سختی نیز افزایش می‌یابد. واگشتگی (رتروگراداسیون) محصولات قنادی بلافاصله پس از اتمام پخت و شروع سرد کردن محصول اتفاق می‌افتد. واگشتگی وابسته به فرمولاسیون محصول، فرآیند تولید و شرایط نگهداری است. تاثیر بیاتی در محصولات قنادی شامل تغییرات در بافت، پوسته، مغز، از دست دادن رطوبت و عطر و طعم می‌باشد. در طی بیاتی مولکول‌های نشاسته به شدت به یکدیگر می‌پیوندند و سبب بیرون راندن آب از شبکه می‌گردند. علت افزایش سختی را می‌توان به رتروگراداسیون نشاسته در طول دوره نگهداری نسبت داد که با افزایش میزان بیاتی، سختی نیز افزایش می‌یابد. همچنین با افزایش میزان اجزای خشک خمیر، محصولی متراکم‌تر و غلیظتر تولید می‌شود. همچنین طبق تحقیقات Gomez 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 می‌یابد 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 می‌شود که میزان سختی تمامی نمونه‌ها (شاهد و فرموله شده) ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد که این موضوع می‌تواند به دلیل خروج رطوبت در ابتدا و سپس تضعیف شبکه گلوتنی باشد. Sudha و همکاران (۲۰۰۷) گزارش نمودند با افزایش درصد فیبرهای مختلف در فرمولاسیون بیسکویت، سفتی بافت بیسکویت افزایش معنی‌داری می‌یابد. Kim 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 گلوتنی باشد. Kweon (۲۰۰۳) گزارش داد در طول زمان نگهداری، این شبکه رفته رفته ضعیف می‌شود و مقاومت داخلی ساختار کیک کاهش یافته و به دنبال آن پیوستگی و ارتجاعیت بافت کیک نیز افت می‌کند.

در ادامه نتایج آنالیز واریانس نشان داد که افزایش درصد جایگزینی فیبر سبب کاهش تخلخل و میانگین سایز حفرات گردید. در حالیکه جایگزینی فیبر سیب زمینی بجای آرد گندم در فرمولاسیون کیک اسفنجی سبب افزایش تراکم حفرات نمونه‌های تولید شده گردید. مطابق نتایج Shokrollahi و همکاران (۲۰۱۵) تخلخل محصولات فیبری عمدتا به عواملی مانند اندازه ذرات، شکل و ترکیبات شیمیایی فیبرهای مورد استفاده وابسته می باشد. Heenana و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که طبق نتایج سختی بدست آمده فیبرهای اضافه شده تاثیر معنی‌داری بر روی شاخص‌های تخلخل کیک فرموله شده می‌گذارند. بر طبق نتایج، تخلخل تمامی نمونه‌ها با افزایش سطح فیبر کاهش می‌یابد که متعاقبا این موضوع باعث افزایش سختی کیک می‌شود که داده‌های سختی کیک در آزمون‌های مختلف این نتایج را تایید می‌نماید. همچنین قابل انتظار است که با کاهش تخلخل کیک، میانگین سایز حفرات کاهش و تراکم حفرات افزایش یابد که این نتایج در این تحقیق مشاهده می‌گردد. Kim و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که کاهش تخلخل از طرفی منجر به کاهش پیوستگی بافت کیک می‌گردد. همچنین ارتجاعیت کیک رابطه مستقیمی با حفرات هوای داخل کیک دارد که متعاقب با کم شدن حفرات و تخلخل، ارتجاعیت محصول نیز کاهش می‌یابد. نتایج Gomez و همکاران (۲۰۰۳) و همچنین Pomeranz و همکاران (۱۹۷۷) مشابه نتایج این تحقیق است که کاهش تخلخل و حجم مخصوص نان را در اثر افزودن انواع مختلف فیبر گزارش نمودند. Almeida و همکاران (۲۰۱۳) کاهش حجم مخصوص و تخلخل نان را در اثر افزودن فیبر سبوس گندم، فیبر صمغ دانه لوکاست، فیبر گرانوله ذرت و فیبر نشاسته مقاوم به حرارت تایید نمودند.

با توجه به خواص حسی در میان نمونه‌های کیک اسفنجی، نمونه شاهد و نمونه‌های با ۱۰٪ فیبر افزوده شده بیشترین قابلیت پذیرش را داشتند. بر طبق نتایج Sudha و همکاران (۲۰۰۷) با افزایش درصد فیبرهای مختلف (گندم، برنج، جو و جو دوسر) در فرمولاسیون بیسکویت، مطلوبیت کلی بیسکویت رژیمی تولید شده کاهش معنی‌داری می یابد. Gomez و همکاران (۲۰۰۳) نیز نتایج مشابهی را برای کاهش مطلوبیت نان‌های حاوی انواع مختلف فیبر رژیمی نسبت به نمونه شاهد گزارش نمودند.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج بدست آمده در این پژوهش جایگزینی فیبر سیب زمینی بجای آرد گندم در فرمولاسیون کیک اسفنجی سبب افزایش خاکستر، فیبر خام، فیبر مغذی، رنگ محصول و تراکم حفرات نمونه‌های تولید شده گردید. همچنین میزان رطوبت و نیز سختی بافت در آزمون تجزیه نیم رخ بافت نمونه‌های حاوی فیبر به طور معنی‌داری از نمونه شاهد بیشتر بود. و جایگزینی فیبر به جای آرد گندم هیچ تاثیر معنی‌داری بر مقدار چربی و پروتئین کیک نداشت. در ادامه نتایج آنالیز واریانس نشان داد که افزایش درصد جایگزینی فیبر سبب کاهش تخلخل و میانگین سایز حفرات گردید. این در حالی بود که پیوستگی و ارتجاعیت با گذشت زمان و افزایش جایگزینی فیبر سیب‌زمینی به‌جای آرد گندم به طور معنی‌داری نسبت به شاهد کاهش یافت. میزان سختی بافت در تست برش با گذر زمان و افزایش جایگزینی فیبر سیب زمینی به جای آرد گندم ابتدا کاهش و سپس افزایش یافت در حالی که میزان سختی بافت در تست نفوذ ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت. با توجه به خواص حسی در میان نمونه‌های کیک اسفنجی، نمونه شاهد و نمونه‌های با ۱۰٪ فیبر افزوده شده بیشترین قابلیت پذیرش را داشتند. این مطالعه نشان داد که فیبر سیب زمینی می‌تواند با موفقیت به عنوان جایگزین آرد گندم در کیک استفاده گردد. به‌طور کلی کاربرد فیبر سیب زمینی در فرمولاسیون کیک اسفنجی علاوه بر تامین فیبر روزانه مصرف‌کنندگان و کاهش ابتلا به بیماری‌های مزمن، سبب کاهش هزینه‌های تولید با کاهش هزینه‌های ماده اولیه و افزایش ماندگاری کیک اسفنجی می‌گردد.

منابع

AACC. (1999). Approved methods of analysis, 11th ed., American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, International Approved Methods: Moisture - Air-Oven. AACCI Method 44-15.02. The methods are applicable to flour, semolina, bread, all kinds of grains and cereal products.

AACC. (2000). Approved methods of analysis, 11th ed., American Association of Cereal Chemistry, International Approved Methods:Crude Fat. AACCI Method 30-25.01. Crude Fat in Wheat, Corn, and Soy Flour, Feeds, and Mixed Feeds.

Almeida, E. L., Chang, Y. K. & Steel, C. J. (2013). Dietary fibre sources in bread: Influence on technological quality. LWT-Food Science and Technology, 50 (2), 545-553.

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 [In Persian].

Anjum, F. M., Pasha, I., Ahmad, S., Khan, M. I. & Iqbal, Z. (2008). Effect of emulsifiers on wheat-potato composite flour for the production of leavened flat bread (naan).Nutrition & Food Science, 38 (5), 482 – 491.

Anon. (2000). Cake – specification and test methods. Institute of standards and industrial research of iran. No 2553 [In Persian].

Anon. (2015). Cereals and pulses determination of the nitrogen content and calculation of the crude protein content kjeldahl method. Institute of standards and industrial research of iran. No 19052 [In Persian].

Anon. (2016). Cereal and cereal products unfinished cake powder -specifications and test methods. Institute of standards and industrial research of iran. No 6949 [In Persian].

Ataei, F. (2013). Functional properties of sponge cake producted by blood pressure control. M.Sc. dissertation, Islamic Azad University of Khorasgan [In Persian].

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 [In Persian].

Dhingra, D., Michael, M., Rojput, H. & Patil, R. (2012). Dietary fibre in foods. A review, Journal of Food Science and Technology, 49 (3), 255-266.

El-Sharnouby, G. A., Aleid, S. M. & Al Otaibi, M. M. (2012).Nutritional quality of biscuit supplemented with wheat bran and date palm fruits (phoenix dactylifera L). Food and Nutrition Sciences, 3 (3), 322-328.

Gomez, M., Ronda, F., Caballero, P. A., Blanco, C. A. & Rosell, C. M. (2007). Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes. Food Hydrocolloids, 21 (2), 167–173.

Gomez, M., Ruiz, E. & Oliet, B. (2011). Effect of batter freezing conditions and resting time on cake quality. LWT-Food Science and Technology, 44 (4), 911-916.

Gomez, M., Ronda, F., Blanco, C. A., Caballero, P. A. & Apesteguía, A. (2003). Effect of dietary fibre on dough rheology and bread quality. European Food Research and Technology, 216 (1), 51-56.

Gularte, M. A., De la Hera, E., Gomez, M. & Rosell, C. M. (2012). Effect of different fibers on batter and gluten free layer cake properties. LWT-Food Science and Technology, 48 (2), 209-214.

Heenana, S. P., Dufour, J. P, Hamida, N., Harveyc, W. & Delahunty, C. O. M. (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 (7), 1032–1041.

Kendall, C. W., Esfahani, A. & Jenkins, D. J. (2010). The link between dietary fibre and human health. Food Hydrocolloid, 24 (1), 42-48.

Khalil, A. H. (1998). The influence of carbohydrate-based fat replacers with and without emulsifiers on the quality characteristics of low fat cake. Plant Food Human Nutrition, 52 (4), 299-313.

Kim, J. H., Lee, H. J., Lee, H. S., Lim, E. J., Imm, J. Y. & Suh, H. J. (2012). Physical and sensory characteristics of fibre-enriched sponge cakes made with Opuntia humifusa, LWT-Food Science and Technology, 47 (2), 478-484.

Kohajdova, Z., Karovicova, J., Jurasova, M. & Kukurova, K. (2011). Effect of the addition of commercial apple fibre powder on the baking and sensory properties of cookies. Acta Chimica Slovaca, 4 (2), 88-97.

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.

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 (3), 1033-1047.

Lee, S., Kim, S. & Inglett, G. E. (2005). Effect of shortening replacement with oatrim on the physical and rheological properties of cakes. Cereal Chemistry, 82 (2), 120-124.

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 (1), 99-107.

Maria-Isabel, A. & Olga, M. (1999). Characterization of low fat high dietary fiber frankfurters, Meat Science, 52 (3), 256-257.

Martinez-Cervera, S., Salvador, A., Muguerza, B., Moulay, L. & Fiszman, S. M. (2011). Cocoa fibre and its application as a fat replacer in chocolate muffins. LWT-Food Science and Technology, 44 (3), 729-736.

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 [In Persian].

Nikoozade, H., Taslimi, A. & Azizi, M. H. (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 [In Persian].

Ngo, W. H., & Taranto, M. V. (1986). Effect of sucrose level on the rheological properties of cake batters.Cereal Foods World, 31, 317-322.

Pomeranz, Y., Shogren, M., Finney, K., & Bechtel, D. (1977). Fiber in breadmaking-effects on functional properties, Cereal Chemistry, 54 (1), 25-41.

Ronda, F., Oliete, B., Gomez, M., Caballero, P., Pando, V. (2011). Rheological study of layer cake batters made with soybean protein isolate and different starch sources. Journal of Food Engineering, 112, 272-277.

Rosell, C., Rojas, D. & De Barber, C. B. (2001). Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality, Food Hydrocolloids, 15 (1), 75-81.

Saricoban, C. & Yilmaz, M. T. (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 (1), 14-22.

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 [In Persian].

Siro, I., Kapolna, E., Kapolna, B. & Lugasia, A. (2008). Functional food product development marketing and consumer acceptance. A review, Appetite, 51 (3), 456-467.

Sudha, M., Vetrimani, 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 (4), 1365-1370.

Warner, K. & Inglett, G. E. (1997). Flavor and texture characteristics of food containing Z-trim corn and oat fibres as fat and flour replacers. Cereal Food world, 42 (10), 821-825.

Food Technology & Nutrition / Fall 2020 / Vol. 17 / No. 4

The Survey of Physico-Chemical and Sensory Properties of Sponge Cake Fortified with Potato Fiber

P. Moradi [a], M. Goli [b *]

[a] M. Sc. Graduated of the Department of Food Science & Technology, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.

[b] Associate Professor of the Department of Food Science & Technology, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.

Received: 18 January 2019 Accepted: 21 August 2019

Abstract

Introduction: Increasing the fiber content (despite the therapeutic effects and functional properties) in food can compensate for fiber deficiency in the diet. However excessive consumption can have adverse effects on the product's acceptability.

Materials and Methods: The effect of potato fiber to replace with bread flour at three different concentrations (10, 20 and 30%) were investigated in preparing the sponge cake and compared to the control sample. The chemical, physical and sensory characteristics of the samples were enaluatrd on the first day of the preparation and the best formula was selected. The prepared samples were kept in the storage at room tempreture and moisture content, physical and sensory properties were mesured every ten days interval. The results and statistical analysis of the cake were evaluated using SPSS software and mean values were compared with the Duncan test at 95% probability level.

Results: The resultes indicated that an increase in fiber resulted in significant increases in ash, crude fiber, dietary fiber, cavity density, moisture content and darkness of the crust and crumb in the cake. The hardness of the cake increased significantly while the cohesiveness significantly decreased ($P < 0.05$). The cakes containing up to 10% added fiber had acceptable sensory properties and did not have significant differences with the control sample ($P > 0.05$).

Conclusions: The sample containing 10% potato fiber was the most accepted among the panelist. According to the results of other tests, the addition of fiber up to 10% was acceptable and did not show significant differences with the control sample ($P > 0.05$).

Keywords: *Dietary Fiber , Functional Properties, Potato, Sponge Cake.*

* Corresponding Author: mgolifood@yahoo.com

علوم غذایی و تغذیه / پاییز ۱۳۹۹ / سال هفدهم / شماره ٤