



بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی کیک روغنی فراسودمند غنی شده با ترکیب آردهای دانه چیا و پوسته اسفرزه

عطیه طباطباییان^۱، علی نجفی^{۱*}، لیلا نوری^۱

۱- دانشکده کشاورزی، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، واحد دامغان، دانشگاه آزاد اسلامی، دامغان، ایران.

اطلاعات مقاله

چکیده

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۰۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۱۴

کلمات کلیدی:

بیاتی،

پوسته اسفرزه،

جایگزینی آرد،

خصوصیات کیفی،

دانه چیا،

کیک.

امروزه غنی‌سازی محصولات صنایع پخت توجه بسیاری از تولیدکنندگان را به سمت خود معطوف کرده است. دانه‌های چیا و پوسته اسفرزه به عنوان منابع غنی ترکیبات فعال مختلف، به ویژه هیدروکلوئیدها و فیبرهای رژیمی مورد توجه هستند. از این رو، این تحقیق به هدف بررسی تأثیر جایگزینی بخشی از آرد گندم در فرمولاسیون کیک روغنی با ترکیب آردهای دانه چیا و پوسته اسفرزه بر ترکیب شیمیایی و خصوصیات کیفی کیک جهت تولید یک محصول فراسودمند انجام گرفت. سطوح مختلف ترکیب آردهای دانه چیا و پوسته اسفرزه شامل ۰، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد در فرمولاسیون کیک به کار رفتند و ویسکوزیته و دانسیته خمیر کیک و همچنین ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی کیک‌ها مورد آزمون قرار گرفتند. نتایج نشان داد افزایش سطح جایگزینی آردها منجر به افزایش معنی‌دار ویسکوزیته (۱۵٪) و کاهش دانسیته خمیر کیک گردید ($p < 0.05$). افزایش سطوح آردهای چیا و پوسته اسفرزه همچنین محتوای پروتئین، چربی، خاکستر، رطوبت و فیبر نمونه‌ها را به طور معنی‌داری افزایش و میزان سفتی بافت را کاهش داد ($p < 0.05$). کیک‌های حاوی ۵ و ۱۰ درصد جایگزینی حجم مخصوص بالاتری نسبت به شاهد داشتند و حجم مخصوص کیک حاوی ۱۵ درصد جایگزینی مشابه با شاهد بود. افزودن آردهای دانه چیا و پوسته اسفرزه از طریق حفظ رطوبت و کاهش سرعت سفت شدن بافت نمونه‌ها طی دوره نگهداری، موجب کاهش سرعت بیات شدن نمونه‌های غنی شده در مقایسه با شاهد گردید. بر اساس نتایج ارزیابی حسی، کیک‌های حاوی ۰، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد جایگزینی آرد از پذیرش بالایی برخوردار بودند. در کل بر طبق این نتایج می‌توان نتیجه گرفت که ۱۵ درصد از آرد گندم در فرمولاسیون کیک یزدی را می‌توان با ترکیب آردهای دانه چیا و پوسته اسفرزه جهت تولید یک محصول فراسودمند غنی از فیبر جایگزین نمود.

DOI: 10.22034/FSCT.19.131.261

DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.131.21.2

* مسئول مکاتبات:

najafiali2002@gmail.com

۱- مقدمه

در سال‌های اخیر، توجه به سمت مواد غذایی و ترکیبات فراسودمند معطوف شده است، زیرا این محصولات دارای مزایای سلامتی بخش بالا و خصوصیات حسی قابل پذیرش هستند. یکی از مورد توجه‌ترین محصولات غذایی فراسودمند، انواع غنی شده با فیبرها می‌باشند. فیبرها موجب کاهش چاقی، بیماری‌های قلبی-عروقی، ناخوشی‌های گوارشی، کاهش قند و کلسترول خون، پیشگیری از سرطان‌ها و غیره می‌باشند [۱]. صنعت پخت یا نانوائی یکی از صنایع بزرگ در حال رشد در جهان است. محصولات صنایع پخت مانند نان، بیسکویت، کیک و کلوچه از محبوب‌ترین محصولات غذایی هستند. این محصولات هم برای کودکان و هم بزرگسالان مهم می‌باشند. عمده محصولات صنایع پخت از آرد گندم تصفیه شده تهیه می‌شوند، ولی مسائل مربوط به سلامتی مانند یبوست، چاقی و سایر بیماری‌های مزمن نیاز به غذاهای غنی از فیبر و پروتئین رژیمی غیر از کربوهیدرات‌های اصلی دارند. محصولات صنایع پخت به فراوانی در سراسر جهان مصرف می‌شوند ولی حاوی پروتئین و فیبر اندک می‌باشند. به همین دلیل علاقه به تحقیقات در زمینه افزایش محتوای فیبر و پروتئین در رژیم غذایی افزایش پیدا کرده است. تولید محصولات صنایع پخت جایگاه مهمی در صنایع غذایی دارد. از آنجایی که تولید این محصولات به طور روزافزون در حال افزایش است، صنعت غذا به دنبال توسعه محصولات متنوع و جدید برای جلب رضایت مصرف‌کنندگان آگاه از سلامت می‌باشد [۲].

چیا با نام علمی *Salivahispanica L.* شبه‌غله‌ای فاقد گلوتن از گیاهان خانواده نعنائیان^۱ بوده که به حالت خودرو در مناطق خشک یا سنگلاخی نواحی آسیا و شمال آفریقا می‌روید [۳]. دانه چیا که حاوی ۴۰-۲۵ درصد روغن و بیش از ۶۸ درصد آلفا-لینولئیک اسید امگا-۳ می‌باشد، در بین گیاهان به عنوان غنی‌ترین منبع برای آلفا-لینولئیک اسیدها قلمداد می‌شود. علاوه بر این، دانه‌های چیا حاوی ۲۳-۱۹ درصد پروتئین می‌باشند که بیشتر از اغلب غلات مورد استفاده شامل گندم، ذرت، برنج، جو دوسر و جو است. دانه‌های چیا حاوی همه اسیدهای آمینه ضروری به خصوص لوسین، لیزین، والین و ایزولوسین می‌باشد

و گلوبولین و آلبومین مهم‌ترین پروتئین‌های موجود در این دانه‌ها هستند که به راحتی هضم می‌شوند [۴]. به دلیل این خصوصیات بالقوه، آرد دانه چیا به عنوان منبعی مناسب برای جایگزینی آن در محصولات بدون گلوتن یا با گلوتن کاهش یافته معرفی شده است [۵]. دانه‌های چیا غنی از فیبرها بوده، همچنین دارای خصوصیات بیولوژیکی مختلفی نظیر کاهش‌دهندگی کلسترول خون، فعالیت ضدالتهابی، فعالیت آنتی اکسیدانی و غیره هستند [۶].

اسفرزه با نام علمی *Plantagoovate L.* از گیاهان خانواده بارهنگ^۲ بوده و دارای دانه‌های تخم‌مرغی یا قاقی شکل به رنگ خاکستری مایل به قهوه‌ای با ته‌رنگ ملایم صورتی است. دانه‌ها و پوسته این گیاه منبع با ارزشی برای فیبرها و موسیلاژ می‌باشند [۷]. پوسته اسفرزه حاوی ۶/۸۳ درصد فیبر، ۰/۹۴ درصد پروتئین، ۴/۰۷ درصد خاکستر و ۸۴/۹۸ درصد کربوهیدرات کل است [۸]. پروتئین‌های این دانه شامل ۳۵/۸ درصد آلبومین، ۲۳/۹ درصد گلوبولین و ۱۱/۷ درصد پرولامین می‌باشد [۹]. پوسته اسفرزه دارای ظرفیت نگهداری آب و پایداری بالا در مقابل سطوح مختلف pH و دما است و بنابراین از آن می‌توان به عنوان یک افزودنی غذایی جهت بهبود دوره ماندگاری و پذیرش محصولات غذایی استفاده نمود [۱۰]. پوسته اسفرزه قابلیت استفاده به عنوان امولسیفایر، تثبیت‌کننده و جایگزینی برای چربی و آرد گندم در فرمولاسیون محصولات غذایی را داراست [۱۱].

در تحقیقات پیشین از آردهای دانه چیا و پوسته اسفرزه به تنهایی در فرمولاسیون محصولات نانوائی استفاده شده است. به عنوان مثال، کوستانتینی و همکاران (۲۰۱۴) از آرد دانه چیا برای تولید نان بدون گلوتن استفاده کردند [۵]. در سال ۲۰۱۶، بیک‌زاده و همکاران به تولید کیک اسفنجی پروبیوتیک حاوی آرد پوسته اسفرزه پرداختند [۱۰]. زاندونادی و همکاران (۲۰۰۹) نیز نان بدون گلوتن را با استفاده از آرد پوسته اسفرزه توسعه دادند [۱۱]. با این حال، تأثیر ترکیب آرد دانه‌های چیا و پوسته اسفرزه بر خصوصیات کیفی و بیاتی کیک مورد بررسی قرار نگرفته است. بنابراین، در این تحقیق به منظور بهبود خصوصیات سلامت‌بخش کیک یزدی از طریق افزایش محتوای فیبر، بخشی از آرد گندم در

و شرکت رزدارو (تهران) خریداری شدند و ترکیب شیمیایی آن‌ها و همچنین آرد مصرفی جهت تهیه تیمارهای کیک در جدول ۱ ارائه شده است. آرد گندم (درجه استخراج ۷۰ درصد) برند اتحاد، روغن آفتابگردان فامیلا، تخم مرغ تلاونگ و بیکنینگ پودر ثمین از سوپرمارکت‌های محلی شهرستان دامغان (ایران) تهیه شدند. مواد شیمیایی مورد استفاده در این تحقیق از شرکت مرک آلمان خریداری شدند.

فرمولاسیون کیک با ترکیبی از آرد دانه چیا و آرد پوسته اسفزه جایگزین گردید و تأثیر سطوح مختلف جایگزینی آرد بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی و همچنین به تأخیر افتادن بیاتی در کیک‌های تولیدی مورد بررسی قرار گرفت.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

دانه چیا و پوسته اسفزه به ترتیب از بازار محلی شاهرود (ایران)

Table 1 Chemical composition of wheat flour, CSP and PHP

Samples	Wheat flour	CSP	PHP
Moisture (%)	12.32 ± 0.38	7.09 ± 0.25	6.88 ± 0.30
Protein (%)	11.24 ± 0.23	19.05 ± 0.29	3.16 ± 0.14
Fat (%)	0.93 ± 0.02	27.58 ± 0.09	0.34 ± 0.04
Ash (%)	0.51 ± 0.05	3.99 ± 0.03	4.47 ± 0.05
Fiber (%)	1.58 ± 0.41	29.94 ± 0.48	26.31 ± 0.57
Gluten (%)	25.01 ± 0.69	-	-

Values represent mean (n=3) ± SD. CSP: Chia seed flour; PHP: Psyllium husk flour.

با سرعت برشی ۶۰ بر ثانیه در دمای اتاق و با استفاده از اسپیندل شماره S07 اندازه‌گیری گردید [۱۳]. میزان دانسیته خمیر از طریق تقسیم وزن حجم مخصوصی از خمیر کیک بر وزن همان حجم در دمای ثابت به دست آمد [۱۴].

۲-۴- تعیین ترکیب شیمیایی کیک

محتوای رطوبت، پروتئین، خاکستر و چربی نمونه‌های کیک طبق روش ارائه شده توسط استاندارد ملی ایران شماره ۲۵۵۳ تعیین شد [۱۵]. محتوای فیبر خام نمونه‌ها بر اساس روش ارائه شده توسط استاندارد ملی ایران شماره ۳۱۰۵ اندازه‌گیری شد [۱۶].

۲-۵- تعیین حجم مخصوص

حجم مخصوص نمونه‌های کیک با استفاده از روش جایگزینی با دانه کلزا و طبق استاندارد AACC 10-50 اندازه‌گیری شد [۱۷].

۲-۶- ارزیابی بافت کیک

سفتی بافت نمونه‌های کیک با استفاده از یک دستگاه بافت‌سنج (Ray-ran M350-10CT, England) طی ۱۴ روز نگهداری (هر ۷ روز یکبار) اندازه‌گیری شد. بدین صورت که به ابعاد ۳ × ۳ × ۳ سانتی‌متر برش زده شده و از یک پروب

۲-۲- آماده‌سازی کیک‌های یزدی

فرمولاسیون کیک یزدی بدین صورت است: ۲۹/۵ درصد آرد، ۱۴/۸ درصد روغن، ۲۱/۹ درصد شکر، ۱۳/۶ درصد تخم مرغ، ۶ درصد زرده تخم مرغ، ۱۳ درصد ماست، ۰/۳ درصد اسانس نارگیل، ۰/۴ درصد سدیم سیترات و ۰/۵ درصد بیکنینگ پودر. تمام اجزای تشکیل‌دهنده قبل از مخلوط کردن به دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد رسانده شد و اجزای فرمولاسیون توسط همزن برقی (HA-KATOMO, Japan) با دور تند به مدت ۳ دقیقه کاملاً مخلوط گردید. در قالب‌های کیک آرد پاشیده شده و چرب شدند و بعد از ریختن خمیرها در قالب، فرآیند پخت آن‌ها در فر در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه انجام گرفت. در فرمولاسیون کیک‌های غنی شده، مخلوط مساوی از آردهای دانه چیا و پوسته اسفزه آماده‌سازی شده و در سطوح ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد جایگزین بخشی از آرد گندم شد [۱۲].

۲-۳- تعیین ویسکوزیته و دانسیته خمیر کیک

میزان ویسکوزیته نمونه‌های خمیر با استفاده از ویسکومتر چرخشی بروکفیلد (Brookfield RVDV-II+pro, USA)

۳- نتایج و بحث

۳-۱- ویسکوزیته خمیر کیک

مقادیر ویسکوزیته نمونه‌های خمیر کیک یزدی دارای سطوح مختلف جایگزینی آرد با ترکیب آردهای دانه چیا و پوسته اسفرزه، در جدول ۲ ارائه شده است. کمترین میزان ویسکوزیته مربوط به نمونه شاهد بود و با جایگزینی آرد و افزایش سطح آردها در فرمولاسیون خمیر کیک، میزان ویسکوزیته به طور معنی‌داری افزایش یافت ($p < 0.05$)، به طوری که میزان ویسکوزیته در نمونه شاهد $141/19 \text{ Pa.s}$ بود و در نمونه حاوی ۲۰ درصد جایگزینی آرد به $163/35 \text{ Pa.s}$ رسید. افزایش ویسکوزیته نمونه‌های خمیر در اثر تلفیق سطح مختلف ترکیب آردهای دانه چیا و پوسته اسفرزه، به دلیل ایجاد شبکه باقوام بین نشاسته و هیدروکلوئیدها می‌باشد که موجب حفظ رطوبت در ساختار این شبکه شده و به خمیر کیک قوام می‌بخشد. علاوه بر این، فیبرها می‌توانند در تشکیل شبکه گلوآنی تأثیر مثبت داشته باشند و از این طریق استحکام خمیر را بهبود می‌بخشند [۲۰]. هیدروکلوئیدهای موجود در دانه چیا و اسفرزه همچنین از پیوستن حباب‌های در سطح ساختار خمیر ممانعت کرده و استحکام ساختاری را در پی دارند. در راستای این نتایج، کوهساری و همکاران (۲۰۱۹) نیز افزایش ویسکوزیته خمیر کیک مافین با افزودن آرد دانه چیا را گزارش کردند [۲۱]. به طور کلی، افزایش ویسکوزیته تا حد مطلوب می‌تواند موجب تشکیل مناسب سلول‌های هوا شده و توانایی خمیر در به دام‌انداختن سلول‌های هوا را طی مرحله مخلوط بهبود بخشد [۲۲]. بیک‌زاده و همکاران (۲۰۱۶) افزایش در ویسکوزیته خمیر کیک‌های اسفنجی در اثر افزایش سطح آرد پوسته اسفرزه را نشان دادند که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت داشت [۱۰].

سیلندری با قطر ۳۸ میلی‌متر جهت بررسی سفتی بافت کیک‌ها استفاده گردید. دو آزمون فشرده‌سازی دو مرحله‌ای در سرعت ۰/۵ میلی‌متر بر ثانیه و میزان فشرده‌سازی ۱۰ میلی‌متر به کار گرفته شد و سفتی بافت ثبت گردید و بر حسب نیوتن گزارش شد [۱۸].

۲-۷- ارزیابی رنگ کیک

با استفاده از دستگاه هانتربل (Color Flex 4.510, America) و تعیین شاخص‌های رنگی روشنایی رنگ (L^*)، قرمزی-سبزی رنگ (a^*) و زردی-آبی رنگ (b^*)، رنگ پوسته^۳ و مغز^۴ نمونه‌های کیک در ۲۴ ساعت پس از پخت بررسی گردید [۱۸].

۲-۸- ارزیابی حسی

جهت ارزیابی حسی نمونه‌های کیک، از روش هدونیک پنج نقطه‌ای و ۱۰ ارزیاب آموزش‌دیده (دانشجویان دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان شامل ۵ مرد و ۵ زن در محدوده سنی بین ۲۰ تا ۳۵ سال) استفاده شد. ارزیاب‌ها به ویژگی‌های حسی نمونه‌های کیک شامل مزه، بافت، رنگ، بو و پذیرش کلی بر اساس هدونیک پنج نقطه‌ای امتیاز دادند که عدد ۱: نمونه خیلی بد، عدد ۲: نمونه بد، عدد ۳: نمونه متوسط، عدد ۴: نمونه خوب و عدد ۵: نمونه خیلی خوب بود [۱۹].

۲-۹- طرح و روش تجزیه و تحلیل آماری

داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از سه بار تکرار آزمون‌های مربوط به نمونه‌های خمیر و کیک، با استفاده از روش آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA) و نرم‌افزار SPSS 22.0 انجام گرفت. برای مقایسه معنی‌داری میانگین‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد، از آزمون چنددامنه‌ای دانکن استفاده شد و نمودارهای مربوطه با Excel رسم شدند.

3. Crust
4. Crumb

Table 2 Viscosity and density of cake batters containing different substitution of flour

Samples	Viscosity (cP)	Density (g/ml)
0%	141.19 ± 2.06 ^d	1.284 ± 0.007 ^a
5%	147.84 ± 1.57 ^c	1.261 ± 0.005 ^b
10%	154.27 ± 1.83 ^b	1.253 ± 0.006 ^{bc}
15%	159.05 ± 2.34 ^a	1.248 ± 0.002 ^{cd}
20%	163.35 ± 2.17 ^a	1.241 ± 0.005 ^d

Values represent mean (n=3) ± SD. Different letters in each column represent statistical significant difference at 5% level.

مختلف ترکیب آردهای دانه چیا و پوسته اسفرزه در فرمولاسیون کیک از ۵ تا ۲۰ درصد، میزان پروتئین، چربی، خاکستر و فیبر نمونه‌های کیک غنی شده افزایش یافت ($p < 0.05$) و به بیشترین میزان در نمونه حاوی ۲۰ درصد جایگزینی رسید (به ترتیب ۹/۱۰، ۱۵/۲۳، ۲/۹۴ و ۳/۷۲ درصد). افزایش در محتوای پروتئین و چربی نمونه‌های کیک به حضور مقادیر قابل توجه پروتئین و چربی در دانه چیا مربوط می‌باشد. افزایش در محتوای خاکستر کل نمونه‌های کیک در اثر جایگزینی آرد، به بالاتر بودن محتوای خاکستر دانه چیا و پوسته اسفرزه در مقایسه با آرد گندم مربوط می‌گردد. به طور کلی حضور عناصر معدنی و املاح مختلف در دانه چیا و پوسته اسفرزه، دلیل افزایش محتوای خاکستر نمونه‌های کیک غنی شده با ترکیب این دو افزودنی می‌باشد. همانطوری که در بررسی ترکیب شیمیایی آردها نشان داده شد، آردها دانه چیا و پوسته اسفرزه منابع غنی برای فیبرها می‌باشند و بنابراین افزایش محتوای فیبر کیک‌ها در اثر افزایش سطح جایگزینی آرد، دور از انتظار نبود. مطالعات پیشین بخش غنی از فیبر چیا و محصولات فرعی چیا را منابع بالقوه‌ای برای ترکیبات فراسودمند و سلامت‌بخش در رژیم غذایی نشان دادند [۲۶]. محققین بیان کردند که پوسته اسفرزه حاوی فیبرهای محلولی است که شامل پلیمرهای آرابینوز، گالاکتوز، اسید گالاکتورونیک و راموز می‌باشند [۲۷]. نتایج حاصله توسط سایر محققین نیز با نتایج به دست آمده مطابقت دارد. به عنوان مثال، سیداحمد و همکاران (۲۰۱۸) اظهار داشتند که محتوای پروتئین، چربی و فیبر نان‌های حاوی سطوح مختلف آرد دانه چیا بالاتر از نمونه شاهد بود [۲۸]. بیکزاده و همکاران (۲۰۱۶) نیز بیان کردند که کیک‌های حاوی آرد پوسته اسفرزه در سطوح ۲/۵ تا ۱۰ درصد، دارای محتوای پروتئین بالاتری نسبت به کیک شاهد بودند [۱۰]. خان و همکاران (۲۰۲۱) نیز دریافتند که افزایش سطح آرد پوسته اسفرزه در فرمولاسیون کوکی بدون گلوتن منجر به افزایش معنی‌دار محتوای فیبر نمونه‌های کوکی گردید [۲۹].

۲-۳- دانسیته خمیر کیک

نتایج بررسی دانسیته نمونه‌های خمیر در جدول ۲ ارائه شده و نشان می‌دهد که نمونه شاهد دارای بالاترین میزان دانسیته بود و جایگزینی آرد با ترکیب آردهای دانه چیا و پوسته اسفرزه و افزایش سطح آردها در فرمولاسیون خمیر کیک منجر به کاهش میزان دانسیته گردید ($p < 0.05$) به طوری که میزان دانسیته نمونه شاهد ۱/۲۸۴ g/ml بود و در نمونه حاوی ۲۰ درصد جایگزینی آرد به ۱/۲۴۱ g/ml کاهش پیدا کرد. به طور کلی دانسیته خمیر یکی از فاکتورهای کیفی به کار رفته جهت بررسی میزان حباب‌های هوای وارد شده به خمیر و قابلیت حفظ هوا طی مرحله مخلوط کردن می‌باشد [۲۳]. دانسیته، با میزان حباب‌های هوای به دام افتاده در ساختار خمیر رابطه معکوس دارد، به طوری که هر چه میزان حباب‌های هوای به دام افتاده در خمیر بالا رفته و قابلیت حفظ حباب‌ها توسط خمیر افزایش یابد، میزان دانسیته کاهش پیدا می‌کند. احتمالاً افزایش ویسکوزیته تا حد مطلوب در اثر جایگزینی آرد، موجب افزایش قوام خمیر کیک و بهبود قابلیت حفظ گازها در نمونه‌های خمیر در مقایسه با شاهد شده و با افزایش حجم خمیر کیک، دانسیته کاهش نشان داده است. کاهش دانسیته خمیر کیک حاوی پودر سیاه‌دانه توسط دالاندار کوهی و همکاران (۲۰۲۰) مشاهده شد [۲۴]. در تحقیق صورت گرفته توسط نصرآبادی و همکاران (۲۰۲۰) و نجفی و همکاران (۲۰۱۷) نیز افزایش سطح فیبر گریپ‌فروت [۱۳] و پرتقال [۲۵] در فرمولاسیون خمیر کیک منجر به کاهش معنی‌دار میزان دانسیته خمیر گردید.

۳-۳- ترکیب شیمیایی کیک

ترکیب شیمیایی نمونه‌های کیک یزدی در جدول ۳ آورده شده و نشان می‌دهد که کمترین میزان پروتئین (۸/۱۴ درصد)، چربی (۱۳/۱۸ درصد)، خاکستر کل (۱/۱۴ درصد) و فیبر خام (۱/۴۹ درصد) در نمونه شاهد به دست آمد و با جایگزینی آرد با سطوح

Table 3 Chemical composition and specific volume of cake samples containing different substitution of flour

Samples	Protein (%)	Fat (%)	Ash (%)	Fiber (%)	Specific volume (ml/g)
0%	8.14 ± 0.17 ^d	13.18 ± 0.25 ^e	1.14 ± 0.09 ^e	1.49 ± 0.07 ^e	2.537 ± 0.011 ^c
5%	8.32 ± 0.21 ^{cd}	13.75 ± 0.20 ^d	1.69 ± 0.05 ^d	2.11 ± 0.10 ^d	2.619 ± 0.015 ^b
10%	8.66 ± 0.14 ^{bc}	14.26 ± 0.17 ^c	2.03 ± 0.06 ^c	2.98 ± 0.05 ^c	2.744 ± 0.009 ^a
15%	8.95 ± 0.19 ^{ab}	14.69 ± 0.22 ^b	2.55 ± 0.09 ^b	3.36 ± 0.09 ^b	2.570 ± 0.024 ^c
20%	9.10 ± 0.22 ^a	15.23 ± 0.14 ^a	2.94 ± 0.03 ^a	3.72 ± 0.13 ^a	2.401 ± 0.018 ^d

Values represent mean (n=3) ± SD. Different letters in each column represent statistical significant difference at 5% level.

۳-۴- رطوبت کیک

محتوای رطوبت نمونه‌های کیک یزدی طی دوره نگهداری ۱۴ روزه در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد، در شکل ۱ با یکدیگر مقایسه است. حروف کوچک لاتین روی نمودارها اختلاف آماری بین نمونه‌ها را در هر دوره زمانی و حروف بزرگ لاتین اختلاف آماری هر تیمار را در طی دوره نگهداری نشان می‌دهد. همانطور که روی نمودار مشاهده می‌گردد اختلاف معنی داری در مورد تمام نمونه‌ها در طی دوره نگهداری ۱۴ روزه وجود داشت و با گذشت زمان مقدار رطوبت تمام نمونه‌ها کاهش معنی داری از خود نشان می‌دهند. در خصوص تفاوت مقادیر رطوبت بین نمونه‌های مختلف، در روز اول آزمایشات مقادیر رطوبت نمونه‌های کیک در محدوده ۲۴/۴۷-۱۹/۰۴ درصد قرار داشت و کمترین میزان رطوبت در نمونه شاهد به دست آمده و جایگزینی آرد و افزایش سطح آرد در فرمولاسیون کیک، محتوای رطوبت نمونه‌ها را به طور معنی‌داری افزایش داد ($p < 0.05$) و بیشترین میزان آن در روز اول در نمونه حاوی بالاترین سطح جایگزینی (سطح ۲۰ درصد) مشاهده شد. با گذشت زمان، محتوای رطوبت نمونه‌های کیک به دلیل مهاجرت رطوبت از مرکز به سمت خارج محصول و تبخیر آن از سطح محصول به طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد ($p < 0.05$)، ولی همانطور که انتظار می‌رفت، سرعت کاهش آن در نمونه شاهد به طور قابل توجهی بالاتری از نمونه‌های حاوی آرد دانه چیا و پوسته اسفرزه بود. به طوری که در نمونه شاهد طی دوره نگهداری، ۳۶/۴۵ درصد کاهش در محتوای رطوبت مشاهده شد، ولی میزان آن در نمونه حاوی ۲۰ درصد جایگزینی آرد ۲۴/۸۱ درصد بود. در روز آخر نگهداری نیز نمونه حاوی ۲۰ درصد جایگزینی آرد دارای بیشترین میزان رطوبت بود (۱۸/۴۰ درصد) و کمترین میزان را نمونه شاهد داشت (۱۲/۱۰ درصد). فیبرها در ساختار خود دارای گروه‌های

هیدروکسیل هستند که قابلیت اتصال به آب بالایی داشته و سبب جذب رطوبت می‌شوند. از این لحاظ، فیبرها مشابه با هیدروکلوئیدها عمل می‌کنند و موجب حفظ بهتر رطوبت در محصول طی دوره پخت و نگهداری می‌گردند [۳۰]. از آنجایی که دانه چیا و پوسته اسفرزه هر دو منبع قابل توجهی برای فیبر رژیمی و هیدروکلوئیدها می‌باشند، بالاتر بودن رطوبت در نمونه‌های کیک حاوی ترکیب این دو افزودنی در مقایسه با نمونه شاهد دور از انتظار نبود. سیداحمد و همکاران (۲۰۲۰) نیز افزایش محتوای رطوبت نان‌ها در اثر تلفیق سطح مختلف آرد دانه‌های چیا را گزارش کردند [۲۸]. در تحقیق بیک‌زاده و همکاران (۲۰۱۶) نیز محتوای رطوبت کیک‌های حاوی آرد پوسته اسفرزه بالاتر از نمونه شاهد بود و طی دوره نگهداری نیز کاهش در محتوای رطوبت کیک‌ها مشاهده شد [۱۰].

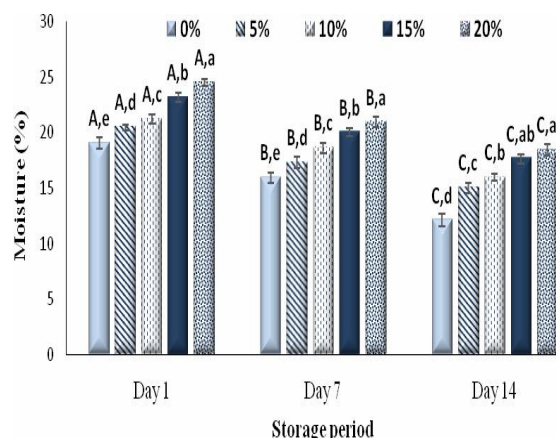


Fig 1 Change in moisture content of cake samples containing different substitution of flour during storage period. Different represent statistical significant difference at 5% level.

۳-۵- حجم مخصوص کیک

نتایج حاصل از بررسی حجم مخصوص نمونه‌های کیک (جدول ۳) نشان می‌دهد که کیک‌های حاوی ۵ و ۱۰ درصد جایگزینی

۳-۶- سفتی بافت کیک

بافت یکی از پارامترهای کیفی مهم محصولات صنایع پخت است که بر ویژگی‌های کیفی محصول تولیدی و استحکام محصول تأثیر قابل توجهی دارد [۳۵]. نتایج بررسی سفتی بافت کیک یزدی طی دوره نگهداری در شکل ۲ آورده شده و نشان می‌دهد که در روز اول بیشترین میزان سفتی بافت در نمونه شاهد به دست آمد ($N 6/13$) و جایگزینی آرد و افزایش سطح آردها در فرمولاسیون کیک، موجب کاهش معنی‌دار میزان سفتی بافت به دلیل افزایش محتوای رطوبت گردید ($p < 0.05$). به طوری که کمترین میزان سفتی بافت در این روز در نمونه حاوی بالاترین سطح جایگزینی (سطح ۲۰ درصد) مشاهده شد ($N 2/95$). طی دوره نگهداری، در اثر تبخیر رطوبت از نمونه‌های کیک، میزان سفتی بافت کیک‌ها به طور معنی‌داری افزایش یافت ($p < 0.05$). ولی همانطوری که انتظار می‌رفت، به دلیل حفظ بهتر رطوبت در نمونه‌های حاوی آردهای دانه چیا و پوسته اسفرزه، سرعت سفت شدن بافت در این نمونه‌ها در مقایسه با نمونه شاهد به طور قابل توجهی پایین‌تر بود. در روز آخر نگهداری نیز نمونه حاوی ۲۰ درصد جایگزینی آرد دارای کمترین میزان سفتی بافت بود ($N 8/56$) و بیشترین میزان در نمونه شاهد مشاهده شد ($N 18/41$). به طور کلی کاهش سفتی بافت نمونه‌های دارای جایگزینی بخشی از آرد گندم با ترکیب آردهای دانه چیا و پوسته اسفرزه را می‌توان به حضور مقادیر قابل توجه هیدروکلوئیدها (موسیلاژ) در این دو افزودنی نسبت داد [۳۶]. زیرا هیدروکلوئیدها دارای ظرفیت نگهداری آب بالایی بوده و می‌توانند با حفظ بهتر رطوبت در محصول، میزان سفتی بافت را کاهش دهند. طی دوره نگهداری میزان سفتی بافت نمونه‌های کیک به تدریج افزایش یافت که این افزایش احتمالاً در ارتباط با فاکتورهای مختلفی نظیر رتروگراداسیون نشاسته (بیاتی)، توزیع و حرکت آب و واکنش بین اجزای مختلف فرمولاسیون محصول می‌باشد [۳۷]. فیبرهای رژیمی می‌توانند با نشاسته برای اتصال به آب رقابت کنند و موجب کاهش هیدراسیون و ژلاتیناسیون نشاسته گردند و از این طریق شدت رتروگراداسیون نشاسته را کاهش داده و موجب کاهش سفتی بافت محصول گردند [۳۸]. از سوی دیگر به دلیل

آرد به طور معنی‌داری دارای حجم مخصوص بالاتری نسبت به نمونه شاهد بودند ($p < 0.05$). با وجود بالاتر بودن حجم مخصوص کیک حاوی ۱۵ درصد جایگزینی آرد نسبت به شاهد، با این حال، بین این دو نمونه از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. جایگزینی ۲۰ درصد آرد در فرمولاسیون کیک، میزان حجم مخصوص نمونه تولیدی را در مقایسه با شاهد به طور معنی‌داری کاهش داد ($p < 0.05$). بیشترین و کمترین میزان حجم مخصوص در کل به ترتیب مربوط به نمونه حاوی ۱۰ درصد جایگزینی ($2/744 \text{ ml/g}$) و نمونه حاوی ۲۰ درصد جایگزینی ($2/401 \text{ ml/g}$) بود. به طور کلی بین نشاسته و هیدروکلوئید می‌تواند اتصالات برقرار شده و یک شبکه منسجم تولید شود. این شبکه موجب افزایش قوام شده و قادر به حفظ حباب‌های هوای تولید شده طی مرحله حرارت‌دهی و پخت محصول بوده و از این طریق حجم محصول تولیدی را بهبود می‌بخشد [۳۱]. به همین دلیل، افزودن ۵ و ۱۰ درصد ترکیب آردهای پوسته اسفرزه و دانه چیا موجب افزایش حجم مخصوص کیک‌ها شد. به طور کلی، فاکتورهای مختلفی بر حجم کیک‌ها تأثیر دارند که شامل حباب‌های هوای به دام افتاده طی مرحله مخلوط کردن و ویسکوزیته خمیر می‌باشند [۳۲]. افزایش ویسکوزیته تا حدی می‌تواند موجب حفظ و توزیع یکنواخت حباب‌های هوا در محصول گردد، ولی افزایش بیش از حد آن ویسکوزیته خمیر را طوری افزایش می‌دهد که خمیر کیک سنگین‌تر شده و حباب‌های هوا به خوبی نمی‌توانند حفظ شوند. ایگلسیاس-پویگ و هاروس (۲۰۱۳) نیز افزایش حجم مخصوص کیک در اثر تلفیق دانه چیا را مشاهده کرده و این افزایش را به حضور هیدروکلوئیدها در این دانه‌ها نسبت دادند. این محققین بیان کردند که هیدروکلوئیدها می‌توانند حجم مخصوص کیک را از طریق تشکیل کمپلکس‌های آبدوست بین گروه‌های یونی آن‌ها و پروتئین‌های گلوتن بهبود بخشند و همچنین قادر به برقراری واکنش‌های هیدروفوبی می‌باشند. در نتیجه، خمیر حاصله طی دوره تخمیر دارای توسعه بیشتری بوده و حجم بالاتری را ایجاد می‌کند [۳۳]. فراتلی و همکاران (۲۰۲۱) نیز نشان دادند که با افزودن سطوح مختلف آرد پوسته اسفرزه به فرمولاسیون نان بدون گلوتن، حجم مخصوص نان‌های تولیدی بهبود یافت [۳۴].

دانه و پوسته اسفزه توانست سفتی بافت در نمونه‌های نان کاهش دهد [۴۰]. در تحقیق فیلیپسو و همکاران (۲۰۲۱) نیز افزودن آرد اسفزه موجب کاهش سفتی مغز نان گردید [۴۱].

۳-۷- رنگ کیک

نتایج بررسی شاخص‌های رنگی مغز و پوسته کیک‌های دارای جایگزینی آرد در جدول ۴ ارائه شده و نشان می‌دهد که میانگین مقادیر شاخص‌های L^* ، a^* و b^* مغز نمونه‌های کیک به ترتیب در محدوده ۵۹/۸۵ تا ۷۱/۱۴، ۶/۲۴ تا ۳۴/۵۲ و ۲۶/۶۱ تا ۳۳/۷۸ و مقادیر L^* ، a^* و b^* پوسته کیک‌ها به ترتیب در محدوده ۵۴/۴۳ تا ۶۳/۹۱، ۲۴/۶۱ تا ۳۰/۵۸ و ۲۵/۱۹ تا ۲۸/۳۳ قرار داشت. جایگزینی آرد گندم با ترکیب آردهای دانه چیا و پوسته اسفزه تغییر در رنگ مغز و پوسته کیک ایجاد کرد، به طوری که هم از لحاظ رنگ مغز کیک و هم پوسته آن، افزایش در سطح جایگزینی آرد منجر به کاهش روشنایی (L^*) گردید. مغز کیک‌های حاوی جایگزینی آرد دارای شدت سبزی بیشتر و زردی کمتری نسبت به نمونه شاهد بود. همچنین پوسته کیک‌های حاوی جایگزینی آرد شدت قرمزی بالاتر و زردی کمتری نسبت به شاهد نشان داد.

قابلیت حفظ رطوبت بالای هیدروکلوئیدها، حضور افزودنی‌های حاوی آن‌ها می‌تواند تحرک آب را محدود سازد و میزان آب در دسترس را به دلیل حضور گروه‌های هیدروکسیل کاهش دهد و بر رتروگراداسیون نشاسته و سفت شدن بافت مغز محصول اثر گذاشته و بیاتی را به تأخیر بیندازد [۳۹]. کاهش سفتی بافت نان‌های حاوی پوسته اسفزه نیز توسط فراتلی و همکاران (۲۰۲۱) مشاهده گردید [۳۴].

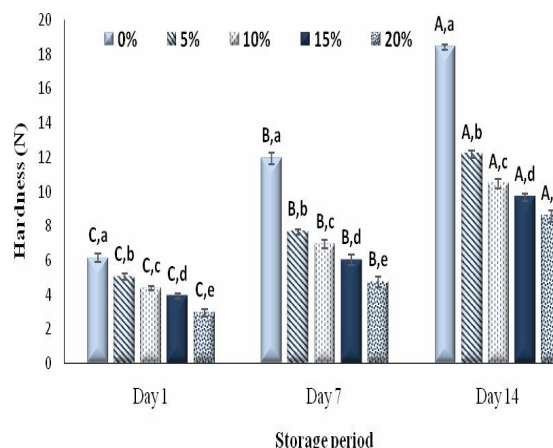


Fig 2 Change in hardness of cake samples containing different substitution of flour during storage period. Different represent statistical significant difference at 5% level.

پنجسز و بورسوا (۲۰۲۲) نیز مشخص کردند که استفاده از آرد

Table 4 Color parameters of cake samples containing different substitution of flour

Samples	L^*	a^*	b^*
Crumb			
0%	71.14 ± 1.05 ^a	-6.24 ± 0.28 ^a	33.78 ± 0.44 ^a
5%	68.38 ± 0.92 ^b	-9.88 ± 0.35 ^b	32.16 ± 0.41 ^b
10%	66.11 ± 0.76 ^c	-11.37 ± 0.21 ^c	31.39 ± 0.56 ^c
15%	63.90 ± 1.24 ^d	-21.60 ± 0.42 ^d	29.88 ± 0.47 ^d
20%	59.85 ± 1.13 ^e	-34.52 ± 0.24 ^e	26.61 ± 0.52 ^e
Crust			
0%	63.91 ± 0.85 ^a	24.61 ± 0.34 ^c	28.33 ± 0.52 ^a
5%	61.32 ± 1.12 ^b	25.72 ± 0.47 ^d	28.19 ± 0.39 ^a
10%	60.10 ± 1.38 ^{bc}	26.55 ± 0.29 ^c	27.40 ± 0.32 ^b
15%	58.07 ± 0.93 ^c	27.98 ± 0.25 ^b	26.86 ± 0.45 ^b
20%	54.43 ± 1.06 ^d	30.58 ± 0.44 ^a	25.19 ± 0.48 ^c

Values represent mean (n=3) ± SD. Different letters in each column represent statistical significant difference at 5% level.

داده شده است [۳۳].

همچنین در اثر افزایش محتوای فیبر با افزودن ترکیب چیا و پوسته اسفزه، واکنش‌های شیمیایی غیرآنزیمی (نظیر واکنش

این تغییرات رنگی در سطوح بالای جایگزینی آرد مشهودتر بود. رنگ تیره دانه چیا را به حضور ترکیبات فنولی نظیر اسید کافئیک، اسید کلروژنیک، اسید پارا-کوماریک، اسید فرولیک و غیره نسبت

پس از آن‌ها قرار داشت. افزایش سطح جایگزینی از ۵ تا ۲۰ درصد به تدریج امتیاز ویژگی‌های حسی کیک‌ها را کاهش داد و کمترین امتیاز در نمونه حاوی بالاترین سطح جایگزینی (سطح ۲۰ درصد) مشاهده شد. به غیر از این نمونه که امتیاز ویژگی‌های حسی متوسطی را کسب کرده بود، سایر نمونه‌ها از لحاظ ویژگی‌های حسی مختلف امتیاز خوبی را کسب کرده و پذیرش مطلوبی داشتند. امتیاز متوسط نمونه حاوی ۲۰ درصد جایگزینی در مقایسه با سایر نمونه‌ها، احتمالاً به تیره‌تر و سبزتر بودن رنگ، حجم کمتر و پس‌طعم ایجاد شده در اثر حضور مقادیر بالای چیا و پوسته اسفزه مربوط می‌باشد. چوی و کیم (۲۰۱۷) نشان دادند که تلفیق آرد دانه چیا به فرمولاسیون کیک برنجی تأثیر نامطلوبی بر پذیرش حسی محصولات تولیدی نداشت [۴۳]. عدم تأثیر نامطلوب افزودن آرد دانه چیا بر پذیرش حسی نان‌ها نیز توسط سیداحمد و همکاران (۲۰۱۸) گزارش گردید [۲۸]. خان و همکاران (۲۰۲۱) دریافتند که امتیاز پذیرش حسی کوکی بدون گلوتن غنی شده با ۵ درصد آرد اسفزه مشابه با نمونه شاهد بود [۲۹].

کاراملیزاسیون و مایلارد) بین پروتئین‌ها و قندها با شدت بیشتری صورت می‌گیرند و ترکیبات رنگی تولید می‌شوند [۴۲]. در راستای این نتایج، چوی و کیم (۲۰۱۷) نیز نشان دادند که رنگ کیک برنجی‌های حاوی سطوح مختلف آرد دانه چیا تیره‌تر از نمونه شاهد بود و شدت قرمزی و زردی بالاتری نیز داشتند [۴۳]. تیره‌تر و قرمزتر شدن رنگ نمونه‌های ماکارونی در اثر جایگزینی بخشی از آرد گندم با آرد پوسته اسفزه نیز توسط رینولدی و همکاران (۲۰۲۱) مشاهده گردید [۴۴].

۳-۸- ارزیابی حسی کیک

تصاویر کیک‌های تولیدی در این تحقیق در روز پس از پخت، در شکل ۳ نشان داده شده است. نتایج ارزیابی ویژگی‌های حسی نمونه‌های خمیر کیک یزدی دارای سطوح مختلف جایگزینی آرد با ترکیب آردهای دانه چیا و پوسته اسفزه در شکل ۴ آورده شده و نشان می‌دهد که از لحاظ طعم، رنگ، بو و پذیرش کلی، بالاترین امتیاز مربوط به نمونه شاهد و نمونه حاوی ۵ درصد جایگزینی آرد بود. از لحاظ بافت، نمونه‌های حاوی ۵ و ۱۰ درصد جایگزینی بالاترین امتیاز را کسب کردند و نمونه شاهد

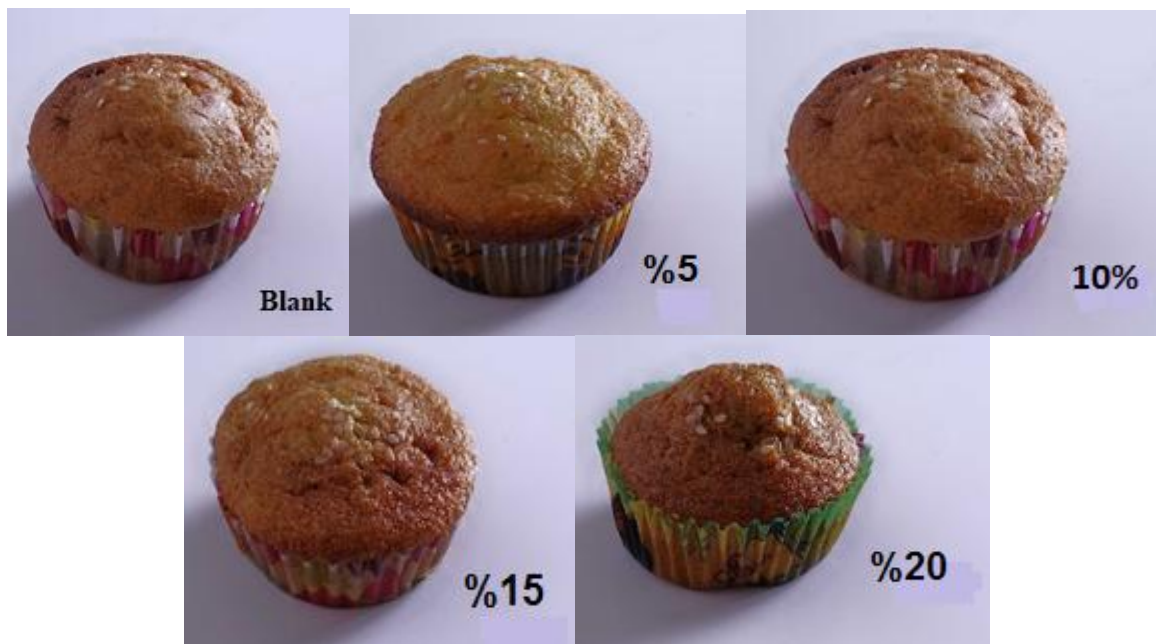


Fig 3 Cupcake samples produced in this research

۵- منابع

- [1] Ateş G, Elmacı Y. Physical, chemical and sensory characteristics of fiber-enriched cakes prepared with coffee silverskin as wheat flour substitution. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2019;13(1):755-63.
- [2] Biljwan M, Naik B, Sharma D, Singh A, Kumar V. Recent Development in Dough Based Bakery Products: A Mini Review. *The Pharma Innovation Journal*. 2019;8(5):654-8.
- [3] Grancieri M, Martino HSD, Gonzalez de Mejia E. Chia seed (*Salvia hispanica* L.) as a source of proteins and bioactive peptides with health benefits: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2019;18(2):480-99.
- [4] Hatamian M, Noshad M, Abdanan-Mehdizadeh S, Barzegar H. Effect of roasting treatment on functional and antioxidant properties of chia seed flours. *NFS Journal*. 2020;21:1-8.
- [5] Costantini L, Lukšič L, Molinari R, Kreft I, Bonafaccia G, Manzi L, et al. Development of gluten-free bread using tartary buckwheat and chia flour rich in flavonoids and omega-3 fatty acids as ingredients. *Food chemistry*. 2014;165:232-40.
- [6] Timilsena YP, Adhikari R, Barrow CJ, Adhikari B. Microencapsulation of chia seed oil using chia seed protein isolate chia seed gum complex coacervates. *International journal of biological macromolecules*. 2016;91:347-57.
- [7] Draksiene G, Kopustinskiene DM, Lazauskas R, Bernatoniene J. Psyllium (*Plantago Ovata* Forsk) Husk Powder as a natural superdisintegrant for orodispersible formulations: A study on meloxicam tablets. *Molecules*. 2019;24(18):3255.
- [8] Yu LL, Lutterodt H, Cheng Z. Beneficial health properties of psyllium and approaches to improve its functionalities. *Advances in food and nutrition research*. 2008;55:193-220.
- [9] Verma A, Mogra R. Psyllium (*Plantago ovata*) husk: a wonder food for good health. *International Journal of Science and Research*. 2013;4(9):1581-5.

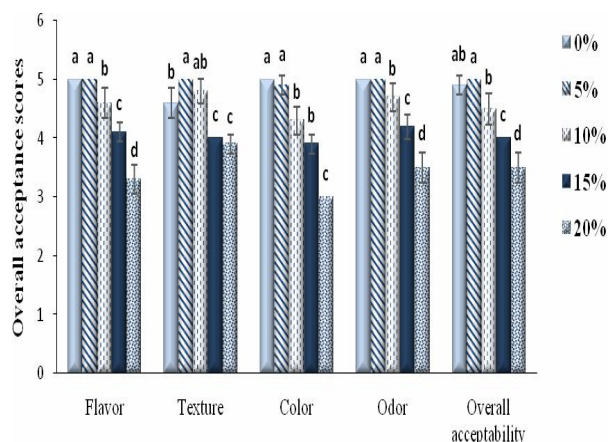


Fig 4 Overall acceptance scores of cake samples containing different substitution of flour. Different represent statistical significant difference at 5% level.

۴- نتیجه گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که با افزایش سطح جایگزینی آرد، میزان ویسکوزیته خمیر افزایش و میزان دانسیته کاهش یافت. در اثر افزایش سطح جایگزینی آرد گندم با ترکیب آردها در فرمولاسیون کیک، محتوای پروتئین، چربی، خاکستر، فیبر و رطوبت نمونه‌های کیک به طور معنی‌داری بهبود یافت. افزایش سطح جایگزینی تا ۱۰ درصد منجر به افزایش حجم مخصوص نمونه‌های تولیدی گردید، ولی افزودن سطوح بالاتر آردها میزان حجم مخصوص را کاهش داد. به دلیل حفظ بهتر رطوبت در نمونه‌های کیک حاوی ترکیب آردهای دانه چیا و پوسته اسفرزه در مقایسه با شاهد، سفت شدن بافت محصول و بیاتی در این نمونه‌ها با سرعت کمتری نسبت به شاهد رخ داد. رنگ پوسته و مغز کیک‌های حاوی ترکیب آردهای دانه چیا و پوسته اسفرزه تیره‌تر از نمونه شاهد بود و شدت زردی کمتری نیز داشتند. از لحاظ ویژگی‌های حسی نیز با وجود کاهش امتیاز پذیرش حسی نمونه‌های کیک در اثر جایگزینی ۱۰ و ۱۵ درصد آرد گندم با ترکیب پودرها، با این حال این نمونه‌ها از پذیرش حسی بالایی برخوردار بودند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که امکان جایگزینی بخشی از آرد گندم در فرمولاسیون کیک یزدی با ترکیب آردهای دانه چیا و پوسته اسفرزه به منظور تولید یک محصول غنی شده با فیبرها وجود دارد و از لحاظ خصوصیات فیزیکوشیمیایی، حسی و بیاتی کیک، سطح ۱۵ درصد جایگزینی را می‌توان به عنوان بهترین سطح جهت غنی‌سازی کیک یزدی انتخاب کرد.

- Qualitative Properties of Toast Bread. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2020;12(1):67-80.
- [21] Kouhsari F, Emam Jomeh Z, Yarmand MS. The effect of the Sugar Replacement with Stevia and Adding Chia Seed Flour and Chickpea Protein Isolated on Qualitative and Rheological Properties of Gluten-Free Muffin Prepared from Rice Flour. *Iranian Journal of Biosystems Engineering*. 2019;50(3):657-70.
- [22] Lakshminarayan SM, Rathinam V, KrishnaRau L. Effect of maltodextrin and emulsifiers on the viscosity of cake batter and on the quality of cakes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2006;86(5):706-12.
- [23] Baeva M, Panchev I, Terzieva V. Comparative study of texture of normal and energy reduced sponge cakes. *Food/Nahrung*. 2000;44(4):242-6.
- [24] Dalandar KM, AZADMARD DS, Gharekhani M. Production of Sponge Cakes Incorporated with Black Cumin Seed Powder and Assessment of their Qualitative Properties During Storage. 2020.
- [25] Najafi Z, Movahhed S, Ahmadi Chenarbon H. Effect of citrus fiber replacement to oil and egg on some physico-chemical and organoleptic properties of muffin. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*. 2017;13(4):458-68.
- [26] Capitani M, et al., Spotorno V, Nolasco SM, Tomás MC. Physicochemical and functional characterization of by-products from chia (*Salvia hispanica* L.) seeds of Argentina. *LWT-Food Science and Technology*. 2012;45(1):94-102.
- [27] Nelson AL. High-fiber ingredients 2001.
- [28] Sayed-Ahmad B, Talou T, Straumite E, Sabovics M, Kruma Z, Saad Z, et al. Evaluation of nutritional and technological attributes of whole wheat based bread fortified with chia flour. *Foods*. 2018;7(9):135.
- [29] Khan R, Shehzadi K, Bacha U, Afzal MN, Tanweer A, Nasim M, et al. PHYSICO-FUNCTIONAL, NUTRITIONAL AND SENSORIAL FEATURES OF PSYLLIUM HUSK ENRICHED GLUTEN-FREE OAT COOKIES. *NURTURE: Journal of Pakistan Home Economics Association*. 2021;15(1).
- [30] Rosell CM, Rojas JA, De Barber CB. Influence of hydrocolloids on dough rheology
- [10] Beikzadeh S, Peighardoust S, Beikzadeh M, Javar-Abadi MA, Homayouni-Rad A. Effect of psyllium husk on physical, nutritional, sensory and staling properties of dietary prebiotic sponge cake. *Czech Journal of Food Sciences*. 2016;34(6):534-40.
- [11] Zandonadi RP, Botelho RBA, Araújo WMC. Psyllium as a substitute for gluten in bread. *Journal of the American Dietetic Association*. 2009;109(10):1781-4.
- [12] Anitha S, Ramya H. Physico-chemical and sensory characteristics of psyllium husk powder and pomegranate juice incorporated digestive cookies. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2020;9(5):1073-8.
- [13] Nasrabadi M, Nori Topkanloo H, Azadfar E, Ghazi Z. Effect of Replacing Wheat Flour with Grapefruit Fibers on Physicochemical and Sensory Characteristics of Sponge Cake. *Journal of Food Technology and Nutrition*. 2020;17(Spring 2020):69-80.
- [14] Gómez M, Ronda F, Caballero PA, Blanco CA, Rosell CM. Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes. *Food hydrocolloids*. 2007;21(2):167-73.
- [15] Anonymous. Cake – Specifications and test methods, National Iranian Standard No. 2153.: Institute of Standards and Industrial Research of Iran. ; 2009.
- [16] Anonymus. Agricultural food products – Determination of crude fibre contents –General method, National Iranian Standard No. 3105. . Institute of Standards and Industrial Research of Iran; 2011.
- [17] Committee AAoCCAM. Approved methods of the American association of cereal chemists: Amer Assn of Cereal Chemists; 2000.
- [18] Ataei F, Hojjatoleslami M. Physicochemical and sensory characteristics of sponge cake made with olive leaf. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2017;11(4):2259-64.
- [19] Ataei Nukabadi F, Hojjatoleslami M, Abbasi H. Optimization of fortified sponge cake by nettle leaves and milk thistle seed powder using mixture design approach. *Food Science & Nutrition*. 2021;9(2):757-71.
- [20] Fardinia S, Movahed S, Shakouri MJ. Effect of Oat and Psyllium Fibers on

- [38] Cappa C, Lucisano M, Mariotti M. Influence of Psyllium, sugar beet fibre and water on gluten-free dough properties and bread quality. *Carbohydrate polymers*. 2013;98(2):1657-66.
- [39] Föste M, Verheyen C, Jekle M, Becker T. Fibres of milling and fruit processing by-products in gluten-free bread making: A review of hydration properties, dough formation and quality-improving strategies. *Food chemistry*. 2020;306:125451.
- [40] Pejcz E, Burešová I. Rheological Characteristics of Model Gluten-Free Dough with Plantago Seeds and Husk Incorporation. *Foods*. 2022;11(4):536.
- [41] Filipčev B, Pojić M, Šimurina O, Mišan A, Mandić A. Psyllium as an improver in gluten-free breads: Effect on volume, crumb texture, moisture binding and staling kinetics. *LWT*. 2021;151:112156.
- [42] Michalska A, Amigo-Benavent M, Zielinski H, del Castillo MD. Effect of bread making on formation of Maillard reaction products contributing to the overall antioxidant activity of rye bread. *Journal of cereal science*. 2008;48(1):123-32.
- [43] Choi BB, Kim Y-S. Quality characteristics and antioxidant activities of sulgidduk (rice cake) added with chia (*Salvia hispanica* L.) seed powder. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*. 2017;46(1):61-7.
- [44] Renoldi N, Brennan CS, Lagazio C, Peressini D. Evaluation of technological properties, microstructure and predictive glycaemic response of durum wheat pasta enriched with psyllium seed husk. *LWT*. 2021;151:112203.
- and bread quality. *Food hydrocolloids*. 2001;15(1):75-81.
- [31] Santos FG, Aguiar EV, Centeno ACL, Rosell CM, Capriles VD. Effect of added psyllium and food enzymes on quality attributes and shelf life of chickpea-based gluten-free bread. *Lwt*. 2020;134:110025.
- [32] DesRochers J, Seitz K, Walker C, Wrigley C. Cakes, *Chemistry of Manufacture*. *Encyclopedia of Grain Science Elsevier*: 2004; 129-133..
- [33] Iglesias-Puig E, Haros M. Evaluation of performance of dough and bread incorporating chia (*Salvia hispanica* L.). *European Food Research and Technology*. 2013;237(6):865-74.
- [34] Fratelli C, Santos FG, Muniz DG, Habu S, Braga ARC, Capriles VD. Psyllium improves the quality and shelf life of gluten-free bread. *Foods*. 2021;10(5):954.
- [35] Kučerová J, Šottníková V, Nedomová Š. Influence of dietary fibre addition on the rheological and sensory properties of dough and bakery products. *Czech Journal of Food Sciences*. 2013;31(4):340-6.
- [36] Dick M, Costa TMH, Gomaa A, Subirade M, de Oliveira Rios A, Flôres SH. Edible film production from chia seed mucilage: Effect of glycerol concentration on its physicochemical and mechanical properties. *Carbohydrate Polymers*. 2015;130:198-205.
- [37] Fadda C, Sanguinetti AM, Del Caro A, Collar C, Piga A. Bread staling: Updating the view. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2014;13(4):473-92.



Investigation of the physicochemical and sensory properties of functional cupcake enriched with the combination of chia seed (*Salivahispanica* L.) and psyllium husk (*Plantagoovate* L.) flour

Tabatabaian, A.¹, Najafi, A.^{1*}, Nouri, L.¹

1. Department of Food Science and Technology, Damghan Branch, Islamic Azad University, Damghan, Iran.

ABSTRACT

Today, the enrichment of baking products has drawn the attention of many manufacturers. Chia seed and psyllium husk are considered rich sources of various active compounds, especially hydrocolloids and dietary fiber. Therefore, this research aimed to investigate the effect of replacing a part of wheat flour in cupcake formulation with the combination of chia seed (CSF) and psyllium husk flour (PHF) on the chemical composition and quality characteristics of the cake to produce a functional product. Different levels of CSF and PHF combinations including 0, 5, 10, 15, and 20% were used in the cake formulation, and the viscosity and density of the cake batter, as well as the physicochemical and sensory properties of the cake samples, were tested. The results showed that increasing the level of substitution of flour led to a significant increase in viscosity (15%) and a decrease in the density of cake batter ($p < 0.05$). Increasing the levels of CSF and PHF also significantly increased the protein, fat, ash, moisture, and fiber of samples and decreased the hardness of texture ($p < 0.05$). Cakes containing 5 and 10% replacement had a higher specific volume than the control, and the specific volume of the cake containing 15% replacement was similar to the control. The addition of CSF and PHF by maintaining moisture and reducing the rate of hardening of the samples during the storage period reduced the rate of staling of the enriched samples compared to the control. Based on the sensory evaluation results, the cakes containing 0, 5, 10, and 15% flour replacement had high acceptance. In general, according to these results, it can be concluded that 15% of wheat flour in the cupcake formulation can be replaced with a combination of CSF and PHF to produce a functional product rich in fiber.

ARTICLE INFO

Article History:

Received 2022/ 10/ 29

Accepted 2022/ 12/ 05

Keywords:

Cake,
Chia seed,
Flour replacement,
Psyllium husk,
Quality characteristics,
Staling.

DOI: 10.22034/FSCT.19.131.261

DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.131.21.2

*Corresponding Author E-Mail:
najafiali2002@gmail.com