مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال شانزدهم، شماره ۱، بهار ۱۴۰۰، صفحات ۹۴-۸۵

ارزیابی ویژگی‌های کیک مافین غنی شده با مکمل فیبری کامپوزیت حاصل از پسماند فراوری قهوه- سبوس گندم

النار میلانی[۱]، ندا هاشمی[۲]، غلامعلی گلی موحد[۳]، فاطمه داوری[۴]

۱- نویسنده مسئول: دانشیار پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی جهاد دانشگاهی خراسان رضوی، ایران. پست الکترونیکی: e.milani@jdm.ac.ir
۲- باشگاه پژوهشگران جوان، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران
۳- گروه پژوهشی فرآوری مواد غذایی، پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی، جهاد دانشگاهی خراسان رضوی، ایران
۴- دانش آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه غیر انتفاعی کاشمر

تاریخ دریافت: ۹۹/۲/۳۰ تاریخ پذیرش: ۹۹/۶/۴

چکیده

سابقه و هدف: بواسطه تقاضای بالای مصرف محصولات غذایی با ارزش تغذیه‌ای بالا، توسعه کاربرد فیبرهای رژیمی در فرمولاسیون‌های متنوع غذایی روبه گسترش است. در این پژوهش اثر افزودن مکمل فیبری اکسترود شده حاصل از ضایعات فراوری قهوه- سبوس گندم بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی کیک مافین مورد اهمیت قرار گرفت.

مواد و روش‌ها: تأثیر افزودن سطوح مختلف مکمل فیبری اکسترود شده و نمونه اکسترود نشده در سطوح (۰، ۲/۵، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد) بر ویژگی‌های خمیر کیک (فیبر، وزن مخصوص، قوام خمیر و pH) و کیک (افت پخت، حجم مخصوص، تخلخل و مولفه‌های رنگ پوسته) بر پایه طرح فاکتوریل کاملا تصادفی بررسی و در مدت چهارده روز نگهداری میزان تغییرات رطوبت و بیاتی نمونه‌ها پایش گردید.

یافته‌ها: نتایج نشان داد؛ به کارگیری مکمل فیبری حاصل از ضایعات فراوری قهوه حاوی کافئین-سبوس گندم در فرمولاسیون کیک بالاتر از سطح ۵ درصد باعث کاهش حجم مخصوص خمیر، تخلخل و روشنایی گردید. در روز نخست تولید میزان سختی کلیه نمونه‌ها بیشتر از نمونه شاهد بود اما با افزایش زمان ماندگاری بویژه در نمونه‌های حاوی ۲/۵ و ۵ درصد مکمل میزان سختی در مقایسه با شاهد کاهش یافت. محتوای رطوبتی کلیه نمونه‌های حاوی فیبر کمتر از نمونه شاهد گزارش گردد. شایان ذکر است؛ نمونه‌های حاوی مکمل فیبری اکسترود شده نسبت به نوع غیر اکسترود دارای قوام خمیر، کاهش افت پخت، افزایش تخلخل، افزایش مؤلفه روشنی، کاهش سختی مناسب تر و حفظ رطوبت بیشتری بوده و در طی مدت ماندگاری نیز منجربه و به تعویق انداختن بیاتی نمونه‌های کیک گردید.

نتیجه گیری: یافته‌های پژوهش بیانگرکارایی مناسب فرآیند اکستروژن در فراوری ضایعات صنعت غذا به‌عنوان یک تکنولوژی مؤثر در جهت اصلاح ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی وعملکردی فیبر رژیمی با رویکرد افزایش دامنه کاربرد آن در سیستم مدل غذایی بود. بدین منظور امکان تولید کیک مافین فراسودمند با محتوی فیبری بالا شامل ۱۰ درصد برای مکمل اکسترود و ۵ درصد برای نمونه غیر اکسترود، و با ویژگی‌های مطلوب فراهم گردید.

واژگان کلیدی: اکسترود، ضایعات قهوه، کیک، مکمل فیبری، سبوس گندم

• مقدمه

بر اساس آمارهای بین‌المللی، سالانه حدود ۱۰ تا ۵۰ درصد از تولیدات بخش کشاورزی و صنایع غذایی در قالب پسماند از چرخه فناوری خارج می‌شود. محدودیت منابع کشاورزی، سیرصعودی رشد جمعیت و آلودگی زیست محیطی ناشی از انباشت پسماند، سبب افزایش کارایی مجدد آنها گردیده است. پسماندهای تولیدی، علاوه بر ارزان بودن، منابعی سرشار از فیبر رژیمی، پروتئین، پلی فنول‌ها و انواع ریز مغذی‌ها می‌باشند. مصرف فیبر در نیم قرن اخیربه عنوان یکی از اجزای اصلی غذاهای عملگر مورد توجه قرار گرفته است. سازمان غذا و دارو (FDA) مقدار مصرف فیبر غذایی روزانه را ۳۸ -۲۵ گرم توصیه نموده است. بااین حال میزان مصرف فیبر در ایران کمتر از میزان توصیه شده می‌باشد (۱). فیبرهای

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-05-26]
[DOI: 10.52547/nsft.16.1.85]

رژیمی به عملکرد بهتر دستگاه گوارش و سیستم ایمنی بدن کمک نموده و در کنترل وزن و دیابت تأثیر مثبت دارند. فیبرها شامل فیبرهای ویسکوز (محلول در آب) و غیر ویسکوز (نامحلول در آب) می‌باشند. از فیبرهای غیر ویسکوز فقط همی سلولز موجود در سبزی‌ها توسط فلورای میکروبی روده تخمیر می‌شوند. فیبرهای محلول در آب شامل سلولز، صمغ و لیگنین، تنها در روده بزرگ امکان تخمیر دارند (۳، ۲). با توجه به تعداد زیاد واحدهای صنایع غذایی و دارویی مصرف کننده فیبر، شرایط تحریم، واردات ۱۰۰درصد و به موازات آن خروج ارز، عدم وجود واحدهای فناور در کشور، دستیابی به تکنولوژی تولید فیبر رژیمی با راندمان بالا، مصرف کم آب، ایجاد حداقل آلایندگی و اقتصادی بودن سرمایه گذاری، امری اجتناب‌ناپذیر است. ضایعات فراوری قهوه شامل بقایای دانه-های خرد شده پس از عصاره‌گیری و برشته نمودن می‌باشد. دارای بخش زیادی سلولز (۵۱/۵ درصد) و همی‌سلولزها (۴۰/۴۵ درصد) و فیبر بوده و از پتانسیل مطلوب ظرفیت جذب آب و خواص آنتی‌اکسیدانی برخوردار است (۴). سبوس گندم فرآورده جانبی فرآیند آسیاب بوده و بـه عنـوان یک منبع ارزان قیمت غنی از فیبر، اسید چرب و آنتی‌اکسیدان در تغذیـه انسـان مـورد توجـه قـرار گرفته است (۵). منابع فیبری فوق به دلیل مشکلات تغذیه‌ای و فناورانه نظیر بافت خشن، آلودگی بالای میکروبی، حضور اسیدفیتیک در سبوس غلات نیازمند فراوری می‌باشند (۶). فناوری اکستروژن بواسطه راندمان بالا، کیفیت مطلوب، مصرف کم آب در طول پروسه از روش‌های کارآمد تولید فیبر در دنیا به شمار می‌آید (۷). نتیجه فرایند شامل شکستن پیوندهای هیدروژنی در بین و داخل زنجیره‌های همی سلوز و لیگنین بوده و ماده ای با ساختار متخلخل تر و رنگ روشن تولید می‌شود. تغییر ساختار سبب افزایش ظرفیت نگهداری آب، تورم فیبر و بهبود ویژگی های تکنولوژیکی و سلامتی زایی آن می‌گردد. از این رو در پژوهش‌های اخیر، ارزش تغذیه‌ای فیبر رژیمی اکسترود شده، اثبات گردیده است (۷). در مطالعه Lebesi (۲۰۱۱) تأثیر جایگزینی سبوس جو، ذرت و برنج بر پارامترهای کیفیت نهایی کیک مورد بررسی قرار گرفت. مطابق نتایج ویسکوزیته، تخلخل و حجم ویژه کیک با افزودن فیبرهای رژیمی افزایش یافت به‌طوریکه افزودن ۱۰ درصد سبوس غلات را جهت تولید بهینه کیک مناسب اعلام گردید (۲). در مطالعه Pérez .و همکاران (۲۰۱۳) شاخص گلایسمی و مقدار فیبر محتوی کوکی‌های تهیه شده با سبوس گندم اکسترود شده ارزیابی شد. شاخص گلایسمی نمونه‌های اکسترودشده در مقایسه با نمونه شاهد به مراتب کمتر بود. استفاده از سبوس گندم اکسترود این امکان را فراهم می‌کند تا کوکی با محتوای بالاتر فیبر رژیمی تولید شود (۸). تاکنون علی رغم اینکه مطالعاتی در زمینه اثر منابع فیبری گوناگون مانند فیبر سیب (مرادی و همکاران، ۱۳۹۷)، فیبر باگاس (خدادادزاده و همکاران، ۱۳۹۷) سبوس جودوسر (جامه در و همکاران، ۱۳۹۷) فیبر محلول کاکائو (Martínezو همکاران، ۲۰۱۱) فیبر پرتقالی (نجفی و همکاران، ۱۳۹۷) بر ویژگی‌های کیک اسفنجی صورت گرفته است (۱۲-۹، ۱) اما نتایج کلیه پژوهش‌ها حاکی از عدم برابری کیفی نمونه‌های فیبری با انواع تجاری بود که می‌تواند ناشی از عدم فراوری مجدد منابع فیبری با هدف بهبود ویژگی های تغذیه‌ای و تکنولوژیک باشد. لازم به ذکر است، تاکنون، در کشور پژوهشی در زمینه کاربرد فیبر کامپوزیت اکسترود شده در صنایع پخت انجام نگرفته است. لذا در این مطالعه تأثیر مکمل فیبری اکسترود شده بر پایه فرآورده‌های جنبی صنایع غذایی (ضایعات فراوری قهوه- سبوس گندم) بر ویژگی‌های کیفی کیک مورد بررسی قرار گرفت و در مدت زمان نگهداری نیز شاخص‌های کیفی محصول بررسی گردید.

• مواد و روش‌ها

آماده سازی مواد اولیه و مکمل فیبری اکسترود شده، تهیه و تولید خمیر و کیک: مواد اولیه شامل آرد گندم نول۷۳ درصد استخراج، شکر، روغن مایع، تخم مرغ، پودر شیرخشک، آب و بیکینگ پودر از فروشگاه‌های مواد غذایی، سبوس گندم خوراکی از کارخانه آرد قلندر آباد تربت و ضایعات فراوری قهوه (گونه عربیکا برزیل) از شرکت قهوه پارت‌سازان (مولتی کافه) تهیه شدند. مکمل فیبری بافت داده شده تحت شرایط خاص فرمولاسیون و فرایند به دست آمده از پژوهش میلانی و همکاران (۱۳۹۸) تهیه شد. بدین منظور فرمولاسیون پایه شامل ۷۵ درصد ضایعات فراوری قهوه و ۲۵ درصد سبوس گندم توسط اکسترودر دو مارپیچ با چرخش هم جهت (Jinan Saxin مدل DS56 ،ساخت چین)، تحت شرایط رطوبت خوراک ورودی ۱۶ درصد، دمای ثابت اکسترودر ۱۴۰ درجه سانتی گراد، سرعت خوراک‌دهی ۴۰ کیلوگرم در ساعت، سرعت چرخش مارپیچ ۱۲۰ دور در دقیقه و قطر روزنه ۳ میلی متر فراوری شده و سپس آسیاب و جهت رسیدن به دانه بندی یکنواخت با مش ۶۰ برای رسیدن به اندازه ۲۵۰ میکرون الک گردید. در مرحله بعدی جهت تولید کیک مواد اولیه شامل آرد نول ۲۸/۵٪، تخم مرغ۲۰٪، شکر۲۰٪، روغن مایع ۱۶٪، پودر شیر خشک ۳/۵٪، بیکینگ پودر ۱٪ و آب ۱۱٪ تهیه و جهت آماده‌سازی خمیر از روش دو مرحله‌ای

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-05-26]
[DOI: 10.52547/nsft.16.1.85]

استفاده شد (۱۱). خمیر کیک تولیدی داخل فر مدل ONIX ساخت ایتالیا، با دمای ۵±۱۸۰درجه سانتیگراد به مدت ۲۵ دقیقه قرار داده شد (۱۲). سپس کیک‌ها از فر خارج، خنک و داخل کیسه‌های پلی اتیلنی بسته بندی گردیدند. نمونه‌ها در دمای محیط و به دور ازتابش نورمستقیم در مدت زمان ۱۴ روز نگهداری و در بازه زمانی ۱ ،۷ و ۱۴ روز آزمایش گردیدند.

اندازه‌گیری ترکیبات شیمیایی: میزان رطوبت از روش استاندارد (AACC) به شماره ۱۵-۱۴، به دست آمد. برای اندازه‌گیری چربی از روش سوکسله طبق روش استاندارد AACC به شماره ۲۵-۳۰ و اندازه‌گیری میزان خاکستر (طبق روش استاندارد ۰۱- ۰۸، ۲۰۰۰، AACC) با استفاده از روش کوره الکتریکی انجام شد. میزان پروتئین با استفاده از دستگاه کلدال اتومات Gerhardt (مدل VAP20، ساخت آلمان) اندازه‌گیری شد AACC (۱۳). اندازه‌گیری میزان فیبر کل به روش آنزیمی بر اساس استاندارد (AOAC) انجام گرفت (۱۴).

آزمون‌های خمیر کیک: جهت اندازه گیری وزن مخصوص خمیر، وزن حجم معینی از خمیر در ظرف مخصوص توزین و به وزن همان حجم از آب هم دما، تقسیم گردید(۱۵). برای اندازه‌گیری قوام خمیرکیک، قیف (قطر داخلی دهانه گشاد ۱۰ سانتی‌متر و قطر داخلی دهانه باریک ۱/۶ سانتی‌متر) کامل با خمیر پر شده، سپس وزن خمیر خارج شده از قیف در مدت زمان ۱۵ ثانیه اندازه‌گیری و قوام خمیر برحسب گرم بر ثانیه گزارش شد(۱۶) .

آزمون‌های کیک: اندازه‌گیری pH با استفاده از pH متر الکتریکی مدل inoLab در دمای ۱±۲۳ درجه سانتی‌گراد انجام شد. برای اندازه‌گیری درصد افت وزنی، نمونه‌های خمیر کیک قبل و بعد از پخت توزین شده و سپس درصد افت وزنی با توجه به اختلاف وزن‌ها قبل و بعد از پخت محاسبه شد (۱۷). حجم مخصوص کیک از روش جایگزینی با استفاده از جابجایی دانه کلزا انجام شد (۲). برای ارزیابی میزان تخلخل مغز کیک، از تکنیک پردازش تصویر استفاده شد. تصاویر تهیه شده از نمونه‌ها توسط اسکنر با وضوح ۳۰۰ در اختیار نرم‌افزار Image J قرار گرفت. با تبدیل وضعیت تصاویر به تصاویر خاکستری و سپس تصاویر دودویی مجموعه‌ای از نقاط روشن و تاریک ایجاد گردید. با محاسبه نسبت نقاط روشن به تاریک درصد تخلخل نمونه‌ها توسط نرم افزار محاسبه شد(۱۸) .

جهت ارزیابی بافت کیک از دستگاه آنالیز بافت (Txture analyzer) Lloyd مدل TA-Plus، ساخت آمریکا، استفاده گردید. کیک با ابعاد یکسان (۲/۵×۲/۵ سانتی‌متر) و سطوح یکنواخت برش خورده تحت اثر پروب مخصوص آزمون فشار قرار داده شد. سرعت حرکت پروب قبل از فشار و در حین نفوذ ۱ میلی‌متر بر ثانیه بود. بیشترین نیروی وارد شده به نمونه در پایان عمل فشردن بر حسب نیوتن گزارش شد (۱۰). ارزیابی رنگ پوسته و مغز کیک به‌وسیله دستگاه هانترلب و از طریق ۳ مولفه *L، *a و *b انجام شد. *L بیانگر میزان و روشنی (محدوده ۰ تا ۱۰۰) ، *a بیانگر قرمزی (محدوده قرمز تا سبز) و *b نشاندهنده زردی (محدوده زرد تا آبی) می‌باشد (۲).

تجزیه و تحلیل آماری: در این تحقیق به منظور مقایسه تأثیر افزودن مکمل فیبری اکسترود شده و نمونه‌های اکسترود نشده در سطوح (۰، ۲/۵، ۵، ۱۰و ۱۵ درصد) در کیک از روش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی استفاده شد. نتایج و تجزیه و تحلیل آماری ارزیابی کیک‌های تولیدی به کمک نرم‌افزار Minitab و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد انجام شد.

• یافته‌ها

مشخصات فیزیکوشیمیایی و رطوبت ماده اولیه: ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی ضایعات فراوری قهوه و سبوس گندم در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی مواد اولیه بر پایه وزن خشک (g/100g)

ویژگی	ضایعات فراوری قهوه	سبوس گندم
چربی	۲/۴۵	۳/۱۴
پروتئین	۱۷/۳۲	۱۸/۸۴
فیبرکل	۴۱/۳	۱۱/۳۲
رطوبت	۴/۱۲	۹/۳۵
خاکستر	۱/۳	۰/۷

محتوای فیبرکل کیک: فیبرها پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای هستند که قابلیت هضم در روده کوچک را ندارند و فقط به وسیله باکتری‌های موجود در روده بزرگ تخمیر می‌شوند (۲). فیبر موجود در کیک حاوی مکمل اکسترود شده بین ۱/۶۳-۰/۲۸ درصد متغیر بود. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که افزایش میزان مکمل فیبری در فرمولاسیون خمیرکیک منجربه افزایش معنی‌داری در میزان فیبر محصول نهایی شد، در حالی که بین داده‌های حاصل از نمونه‌های اکسترود شده و اکسترود نشده تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید ($P\leq$۰/۰۵). بطوری که کمترین میزان فیبرخام مربوط به نمونه شاهد و بیشترین میزان فیبر متعلق به نمونه حاوی ۱۵٪ جایگزینی مکمل (اکسترود شده و اکسترود نشده) بود، که میزان فیبر حدود سه برابر نمونه شاهد افزایش یافته بود.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-05-26]

[DOI: 10.52547/nsft.16.1.85]

جدول ۲. اثر سطوح مختلف مکمل فیبری (اکسترودشده و اکسترود نشده) بر ویژگی‌های خمیر و کیک

نوع مکمل		ویژگی خمیر			ویژگی کیک						
									رنگ		
	درصد	فیبر کل (درصد)	وزن مخصوص	قوام خمیر (g/s)	pH	افت پخت (درصد)	حجم مخصوص (cm^3/g)	تخلخل (درصد)	L*	a*	b*
شاهد	-	۰/۲۸ ^{g}	۰/۹۰ ^{e}	۰/۰۴۴^{a}	۷/۵۶ ^{a}	۳۳/۹۷^{a}	۳/۱۵ ^{a}	۳۹/۸۱^{a}	۵۷/۲۵^{a}	۱۲/۶۵ ^{a}	۲۹/۷۵^{a}
اکسترود شده	۲/۵	۰/۹۰ ^{f}	۰/۹۱ ^{de}	۰/۰۳۶^{b}	۷/۳۲^{bc}	۳۱/۵۴^{b}	۳/۲۱ ^{a}	۳۹/۰۸ ^{a}	۴۰/۱۰^{b}	۱۰/۵۰^{b}	۲۷/۳۵^{b}
غیراکسترود	۲/۵	۰/۹۲ ^{f}	۰/۹۳ ^{de}	۰/۰۳۷^{b}	۷/۳۳^{b}	۲۹/۸۷^{c}	۳/۱۱ ^{a}	۳۷/۴۳ ^{b}	۳۷/۳۵^{c}	۱۰/۴۵^{b}	۲۳/۳۸^{b}
اکسترود شده	۵	۰/۹۵ ^{ed}	۰/۹۴ ^{d}	۰/۰۳۴^{b}	۷/۲۶ ^{bc}	۲۹/۷۵^{c}	۲/۲۹ ^{b}	۳۷/۴۵ ^{bc}	۳۷/۴۵^{c}	۹/۳۵^{c}	۲۱/۵۴^{c}
غیراکسترود	۵	۰/۹۸^{d}	۰/۹۸ ^{c}	۰/۰۳۱^{c}	۷/۲۹^{bcd}	۲۵/۸۵^{d}	۲/۶۴^{bc}	۳۶/۱۹ ^{cd}	۳۲/۴۰^{d}	۸/۴۱^{c}	۱۹/۸۱^{c}
اکسترود شده	۱۰	۱/۳ ^{c}	۱/۰۲ ^{bc}	۰/۰۲۷^{d}	۷/۲۳^{de}	۲۵/۹۲^{d}	۲/۶۱^{b}	۳۶/۰۲ ^{cd}	۳۲/۵۳^{d}	۵/۵^{d}	۱۶/۵۱^{d}
غیراکسترود	۱۰	۱/۲۴ ^{c}	۱/۰۶ ^{a}	۰/۰۲۲^{e}	۷/۲۲^{de}	۲۲/۲۳^{e}	۲/۵۵^{bc}	۳۵/۵۸ ^{de}	۳۰/۴۹^{e}	۴/۵۱^{d}	۱۲/۵۳^{de}
اکسترود شده	۱۵	۱/۶۰^{ab}	۱/۰۸ ^{a}	۰/۰۲۲^{e}	۷/۱۶^{ef}	۲۳/۲۴^{f}	۲/۱۷^{c}	۳۴/۹۷ ^{d}	۲۹/۱۱^{e}	۲/۴۱^{e}	۷/۱۶^{f}
غیراکسترود	۱۵	۱/۶۷^{a}	۱/۰۷ ^{a}	۰/۰۱۷^{f}	۷/۱۱^{f}	۱۹/۳۹^{g}	۱/۹۸^{c}	۳۴/۲۷^{e}	۲۵/۴۵^{f}	۱/۷^{e}	۶/۷۵^{f}

(حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد)

وزن مخصوص خمیر کیک: وزن مخصوص خمیر کیک به‌عنوان فاکتوری برای ارزیابی قابلیت کلی خمیر برای حفظ هوا، اطلاعات محدودی در مورد اندازه و میزان پخش سلول‌های گازی می‌دهد (۱). میزان وزن مخصوص اندازه‌گیری شده جهت خمیر کیک ۰/۹-۱/۰۷ بود. نتایج تحلیل واریانس داده‌ها در جدول ۲ نشان داد که وزن مخصوص نمونه‌های محتوی ۲/۵ درصد از مکمل فیبری تفاوت معنی‌داری با نمونه شاهد نداشتند، اما در سطوح بیش از ۲/۵ درصد مکمل فیبری کاهش معنی‌دار وزن مخصوص خمیر مشاهده شد و همچنین وزن مخصوص نمونه‌های محتوی مکمل اکسترود شده (سطوح ۵ و ۱۰ درصد) نسبت به مکمل اکسترود نشده کاهش معنی‌داری را نشان دادند ($P\leq ۰/۰۵$).

قوام خمیر کیک: قوام خمیر عبارت است از زمان جریان یافتن سیالات نظیر مایعات، نیمه جامدات و گازها می‌باشد. قوام خمیر بر روی ویژگی‌های محصول نهایی مانند تخلخل، رطوبت، سفتی بافت و ماندگاری کیک اثرگذار است (۱۷، ۱۹). میزان قوام خمیر این نمونه‌ها در محدوده ۰/۰۱۷-۰/۰۴۴گرم بر ثانیه اندازه‌گیری شد. اعداد بالاتر مبین قوام کم‌تر و برعکس اعداد پایین‌تر نشان‌دهنده قوام بیش‌تر خمیر است. (جدول۲). تجزیه و تحلیل داده‌های به‌دست آمده نشان دهنده تأثیر معنی‌دار نوع و میزان مکمل فیبری مختلف بر قوام خمیر کیک بود ($P\leq ۰/۰۵$)، بطوریکه با افزایش مقدار مکمل فیبری افزایش معنی‌داری در قوام خمیر کیک مشاهده گردید و همچنین قوام خمیر کیک تهیه شده از مکمل فیبری اکسترود نشده به‌ویژه در تیمارهای حاوی ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد مکمل فیبری نسبت به نمونه‌های اکسترود شده بیشتر بود.

pH: بر اساس جدول ۲ میزانpH خمیر کیک در محدوده ۷/۵۶ -۷/۱۱ اندازه‌گیری گردید. نتایج آنالیز واریانس نشان داد که تأثیر افزودن مکمل فیبری اکسترود شده و اکسترود نشده بر pH کیک معنی‌دار بود ($P\leq ۰/۰۵$). نوع مکمل بر pH کیک اثر معنی‌دار نداشت. بطوریکه با افزایش مکمل فیبری اکسترود شده و اکسترود نشده، pH خمیر کیک به‌طور مؤثرتری کاهش یافته است و کمترین میزان pH به نمونه حاوی ۱۵ درصد مکمل اکسترود نشده تعلق داشت.

افت پخت کیک: افت وزن کیک نشان دهنده از دست دادن رطوبت در طی فرایند پخت است (۱۸). بر اساس نتایج مندرج در جدول ۲ میزان افت پخت کیک در محدوده ۳۳/۹۷-۱۹/۳۹درصد بود. نتایج آنالیز واریانس نشان داد؛ تأثیر مکمل فیبری بر افت وزن کیک معنی‌دار بود. استفاده از مکمل فیبری افت وزنی کیک را کاهش داد؛ البته طبق نتایج مقایسه میانگین‌ها اختلاف معنی‌داری بین مقدار افت وزنی در مکمل فیبری اکسترود شده و اکسترود نشده در تمامی سطوح مختلف نیز وجود داشت.

حجم مخصوص کیک: حجم کیک یکی از خصوصیات کیفی مهم می‌باشد به طوری که کیک‌های با حجم بیشتر مقبولیت بیشتری از نظر مصرف کنندگان دارند. مطالعه نتایج آزمون حجم مخصوص کیک نشان داد میزان حجم مخصوص کیک در محدوده ۳/۲۱-۱/۹۸ میلی لیتر بر گرم بود (جدول۲). نتایج آنالیز واریانس مندرج در جدول.۲ نشان داد که حجم مخصوص نمونه‌های محتوی ۲/۵ درصد از مکمل فیبری تفاوت معنی‌داری با نمونه شاهد نداشتند، اما در سطوح بیش از ۲/۵ درصد مکمل فیبری کاهش معنی‌دار حجم مخصوص کیک مشاهده شد ($P\leq ۰/۰۵$).

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-05-26]

[DOI: 10.52547/nsft.16.1.85]

تخلخل کیک: یکی ازمهم‌ترین ویژگی‌های کیفی و فیزیکی کیک، داشتن ساختاری متخلخل می‌باشد که این ساختار از طریق انبساط حباب‌های هوا و افزایش حجم در طی فرایند پخت ایجاد می‌شود. ترکیبات موجود درخمیر، بر پایداری خمیر در طی مرحله پخت و در نتیجه افزایش اندازه و تعداد حباب‌های هوا و توزیع آنها در بافت محصول مؤثر است (۱۸). نتایج نشان داد میزان تخلخل کیک در محدوده۳۹/۸۱-۳۴/۲۷ بود (جدول۲). افزودن مکمل فیبری به فرمول کیک سبب کاهش تخلخل نسبت به نمونه شاهد شد ($P\leq۰/۰۵$) و همچنین کیک نمونه‌های حاوی مکمل فیبری اکسترود شده تخلخل بیشتری نسبت به مکمل فیبری اکسترود نشده مشاهده شد.

ارزیابی رنگ پوسته کیک: با توجه به جدول ۲، میزان مولفه L* نمونه‌های کیک حاوی مکمل فیبری اکسترود شده و اکسترود نشده نسبت به شاهد در پوسته و مغز به‌طور معنی-داری کاهش یافت($P\leq۰/۰۵$)، طوریکه بیشترین میزان مولفه L* (۵۷/۲۵) متعلق به نمونه شاهد و کمترین مقدار (۲۵/۴۵) مربوط به نمونه‌های حاوی ۱۵ درصد مکمل فیبری اکسترود نشده بود. میزان تغییرات مولفه a* بین محدوده۱/۷-۱۲/۶۵ بود و میزان تغییرات مولفه b* در محدوده۶/۷۵-۲۹/۷۵ بود (جدول۲). به‌علاوه نتایج آنالیز واریانس نشان دهنده تأثیر معنی‌دار مکمل فیبری اکسترود شده و اکسترود نشده بر قرمزی (a*) و زردی (b*) نمونه‌ها بود ($P\leq۰/۰۵$).

تغییرات سفتی بافت و روند بیاتی کیک در مدت زمان ماندگاری: سفتی بافت یکی از شاخص‌های مهم مشتری پسندی محصولات صنایع پخت به خصوص نان و کیک می‌باشد. به طوری که هر چه میزان سفتی بافت محصول کم‌تر باشد، میزان رضایت مصرف کننده بیشتر است. سفتی به عنوان حداکثر نیروی لازم برای فشردن کیک تا یک میزان مشخص در یک سرعت مشخص اندازه گیری می‌شود. بر اساس جدول ۳ تأثیر افزودن مکمل فیبری اکسترود شده و اکسترود نشده در کیک بر سفتی بافت در طی روزهای ۱، ۷ و ۱۴ پس از پخت معنی‌دار بود. ($P\leq۰/۰۵$). با افزایش زمان ماندگاری کیک‌ها در طی ۱۴ روز، مقدار نیروی اولیه به دست آمده بیشتر و بافت تمامی نمونه‌ها سفت تر شد، که این روند افزایش سختی به طور کلی بیاتی درطی زمان نگهداری و در اکثر سطوح جایگزینی مکمل فیبری، مشاهده گردید، نکته قابل توجه کاهش معنی‌دار روند بیاتی در نمونه‌های حاوی مکمل اکسترود شده نسبت به نمونه‌های اکسترود نشده و شاهد بود ($P\leq۰/۰۵$). بیشترین میزان سختی(۱۳/۱۷ نیوتن) به تیمار حاوی ۱۵ درصد مکمل فیبری اکسترود نشده در روز۱۴ ماندگاری و کمترین میزان سختی(۵/۹۴ نیوتن) متعلق به نمونه شاهد در روز اول بود.

تغییرات محتوای رطوبت کیک در مدت زمان ماندگاری: محتوای رطوبتی (که از لحاظ کمی بیانگر محتوای آب کل) در غذا بیانگر دوام غذا و کیفیت آن است(۲۰). بر اساس نتایج آنالیز واریانس مندرج در جدول ۳ تأثیر معنی‌دار مکمل فیبری اکسترود شده و اکسترود نشده بر میزان رطوبت کیک در روزهای ۱، ۷ و ۱۴ بعد از پخت نسبت به شاهد مشاهده گردید ($P\leq۰/۰۵$). بیشترین میزان رطوبت (۲۲/۷۹ درصد) به تیمار حاوی ۱۵ درصد مکمل فیبری اکسترود شده در روز ۱۴ ماندگاری و کمترین میزان سختی(۱۱/۱۶ درصد) متعلق به نمونه شاهد در روز اول بود.

جدول ۳. اثر سطوح مختلف مکمل فیبری (اکسترودشده و اکسترود نشده) بر سفتی و رطوبت در طی زمان نگهداری

نوع مکمل	درصد	سفتی (نیوتن)			رطوبت (درصد)		
		روز ۱	روز ۷	روز ۱۴	روز ۱	روز ۷	روز ۱۴
شاهد	-	$۵/۹۴^{t}$	$۷/۱۶^{o}$	$۱۰/۴۸^{hi}$	$۱۵/۷۷^{n}$	$۱۴/۳۱^{o}$	$۱۱/۶^{p}$
اکسترودشده	۲/۵	$۶/۰۲^{s}$	$۷/۸۹^{n}$	$۹/۹۱^{jk}$	$۱۸/۹۴^{f}$	$۱۸/۲۳^{g}$	$۱۷/۷۲^{hi}$
غیراکسترود	۲/۵	$۶/۱۵^{r}$	$۸/۱۷^{m}$	$۱۰/۴۵^{hi}$	$۱۷/۵۸^{i}$	۱۷^{klm}	$۱۶/۹۶^{lm}$
اکسترودشده	۵	$۶/۱۱^{rs}$	$۹/۱۴^{l}$	$۱۰/۳۷^{i}$	$۱۹/۳۶^{e}$	$۱۸/۷۹^{f}$	$۱۸/۱^{g}$
غیراکسترود	۵	$۶/۹۴^{q}$	$۹/۸۹^{jk}$	$۱۱/۰۳^{f}$	$۱۷/۸۶^{hi}$	$۱۷/۱۵^{kl}$	$۱۶/۸۲^{m}$
اکسترودشده	۱۰	$۷/۰۴^{o}$	$۹/۹۸^{j}$	$۱۱/۷۹^{e}$	$۲۰/۲۲^{d}$	$۲۰/۰۱^{d}$	$۱۹/۹۳^{f}$
غیراکسترود	۱۰	$۷/۱۰^{po}$	$۱۰/۶۳^{g}$	$۱۲/۳۰^{c}$	$۱۸/۳۴^{g}$	$۱۷/۹۴^{h}$	$۱۷/۲۲^{jk}$
اکسترودشده	۱۵	$۸/۱۴^{m}$	$۱۲/۱۵^{d}$	$۱۲/۹۸^{ab}$	$۲۲/۷۹^{a}$	$۲۲/۰۲^{b}$	$۲۰/۴^{c}$
غیراکسترود	۱۵	$۸/۲۰^{lm}$	$۱۲/۴۳^{c}$	$۱۳/۱۷^{a}$	$۱۸/۵۳^{f}$	$۱۸/۱۲^{g}$	$۱۷/۴۳^{j}$

(حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد)

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-05-26]

[DOI: 10.52547/nsft.16.1.85]

• بحث

فیبر: دلیل افزایش قابل توجه فیبر داشتن بیش از ۴۰ درصد فیبر در ضایعات قهوه و بیش از ۱۱ درصد در سبوس گندم می‌باشد (جدول۲). در این زمینه گزارشات مرادی و همکاران (۱۳۹۷) نشان دهنده افزایش بیش از دو برابری میزان فیبر در کیک اسفنجی غنی شده با ۳۰ درصد فیبر سیب درختی، جامه در و همکاران (۱۳۹۷) نشاندهنده افزایش بیش از چهار برابری میزان فیبر در کیک اسفنجی تهیه شده با ۴۰ درصد سبوس جودوسر و اعلایی و همکاران (۱۳۹۶) بیان کننده افزایش بیش از سه برابری میزان فیبر کیک اسفنجی غنی شده با ۱۵ درصد آرد نخود بود (۱۷، ۱۱، ۹).

وزن مخصوص: نگهداری هوا درخمیر ارتباط نزدیکی با ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر دارد. به‌طوری که هر چقدرقوام خمیر بیشتر باشد، مقدار هوای محبوس شده در آن کم‌تر و وزن مخصوص خمیر افزایش می‌یابد (۲۱). مکمل فیبری اکسترود شده، توسط اعمال هم زمان حرارت، فشار، نیروی برشی بالا طی اکستروژن تولید می‌گردد، نتیجه فرایند شامل شکستن پیوندهای هیدروژنی در بین و داخل زنجیره‌های همی سلوز و لیگنین، کاهش ویسکوزیته خمیر، افزایش تعداد حفرات برای نفوذ بخار آب و توزیع مناسب بخار آب داخل خمیر می‌باشد؛ در نتیجه با خروج از منفذ فراورده‌ای با ساختار متخلخل‌تر تولید می‌شود (۱۶). با توجه به رابطه معکوس میان وزن مخصوص خمیر کیک و قابلیت ورود حباب‌های هوا به خمیر و میزان نگهداری حباب‌های هوا در بافت خمیر کیک می‌توان نتیجه گرفت که علت کاهش وزن مخصوص خمیر کیک در برخی تیمارها افزایش قابلیت نگهداری هوا در خمیر می‌باشد. نتایج پژوهش اخیر با داده‌های محققانی همچون پورصفر و همکاران (۱۳۸۹) منطبق بود(۱۶). Gomez و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که افزودن فیبرهای نامحلول می‌تواند وزن مخصوص خمیر بر پایه گندم را افزایش دهد، اما این اثر به میزان و اندازه ذرات الیاف بستگی دارد(۱۹).

قوام خمیر: به نظر می‌رسید که ترکیبات موجود در ساختار فیبر، با ایجاد پیوندهای هیدروژنی جذب آب را افزایش می‌دهند. میزان افزایش بسته به ساختار فیبر متفاوت است. قوام خمیر در حفظ فیزیکی هوای خمیر قابل اهمیت است. هر چند اگر قوام خیلی پایین باشد حبابهای هوا در خمیر به سطح آمده و از بافت خمیر خارج می‌شوند. از سوی دیگر قوام خیلی بالا ممکن است حباب‌ها را در خمیر حفظ کند لذا نمونه‌هایی با قوام بالا حجم کمتری خواهند داشت (۸، ۱). بالاتر بودن قوام در نمونه‌های محتوی اکسترود نشده به‌دلیل اتصالات بیشتر بین آب و فیبربلند زنجیره است، زیرا نیروهای اعمال شده در طی فرآیند پخت اکستروژن، فیبرهای بلند زنجیره را به فراکسیون کوتاهتری تبدیل می‌کنند. که قابلیت اتصال کمتری با آب دارند (۷). نتایج مشابه توسط دیگر محققین نیز گزارش شده است (۱۶).

pH: میزان pH آرد و خمیر روی حلالیت آرد در آب تأثیر بسیار زیادی دارد (۷). به‌نظر می‌رسد کاهش میزان pH خمیر کیک در نتیجه افزودن مکمل فیبری اکسترود شده و اکسترود نشده نه تنها به‌دلیل ماهیت اسیدی قهوه است (۶) بلکه به علت جذب آب بیشتر توسط فیبرها و تأثیر بر تحرک یون‌های هیدروژن نیز می‌باشد(۱۲). بر اساس نتایج حاصله فرایند اکستروژن روی میزان pH اثر معنی داری نداشته، که نتایج تحقیقات Gomes و همکاران (۲۰۱۵) نیز منطبق بر این نتایج است(۷). گزارشات اعلایی و همکاران (۱۳۹۶) در بکارگیری ۳۰ درصد آرد نخود در کیک روغنی، ایوبی و همکاران (۱۳۹۷) در بکارگیری آرد کتان و گومس و همکاران (۲۰۱۵) در بکارگیری ۷۵ درصد آرد لوبیای اکسترود شده در فرمولاسیون کیک اسفنجی نشاندهنده کاهش میزان pH کیک با افزودن سطوح فیبر به فرمولاسیون محصولات فوق بود (۱۸، ۱۷، ۷) .

افت پخت: افزایش فشار بخار در طی فرآیند پخت به دلیل تبخیر مایعات در اثر نفوذ حرارت به خمیر کیک اتفاق می‌افتد . خروج این بخار از محصول سبب افت پخت می‌شود .افزایش افت پخت به دلیل ایجاد تغییر نامطلوب ساختاری، سبب کاهش عمر ماندگاری فرآورده می‌شود (۱۰). حضور ترکیبات فیبری جاذب رطوبت در فرمولاسیون فرآورده‌های پخت بر میزان حفظ رطوبت و درنتیجه مقدار افت وزنی خمیر پس از پخت مؤثر است. بر طبق گزارشات خدادادزاده و همکاران (۱۳۹۷) افزودن فیبر باگاس به کیک اسفنجی سبب افت وزنی کمتری درمقایسه با نمونه فاقد فیبر بود(۱۰). این نتایج با گزارش ایوبی (۱۳۹۷) مطابقت داشت (۱۸). طی اکستروژن فراکسیون‌های نامحلول فیبری موجود در سبوس گندم و قهوه به‌واسطه نیروی برشی توام با فشار و حرارت، تخریب و به مولکول‌های کوچک که توانایی محبوس کردن آب کمتری دارند، تبدیل می‌شوند(۶)

حجم مخصوص: به طور کلی افزایش حجم کیک متاثر از تشکیل شبکه گلوتنی، ژلاتینه شدن نشاسته و همچنین خروج گازهای دی اکسید کربن و بخار آب از خمیر در طی مرحله پخت است(۷،۱۸). در مورد اثر مثبت مقدار کمی فیبر در حجم مخصوص کیک توسط Gomez و همکاران (۲۰۱۰)،

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-05-26]

[DOI: 10.52547/nsft.16.1.85]

لبسی و تیاز (۲۰۱۱) و صادقی دهکردی و همکاران (۱۳۹۶) نیز گزارشاتی منتشر شده است (۲۰، ۱۹، ۲). کاهش حجم مخصوص کیک بواسطه افزودن مقادیر بالای مکمل فیبری به عللی همچون، کاهش سهم نشاسته و گلوتن خمیر، افزایش فراکسیون‌های فیبری محلول و افزایش توانایی در نگهداری آب در فرمول خمیر و همچنین افزایش قوام خمیر مربوط است (۱۵، ۲)

لذا بر اساس میزان قوام خمیر اندازه‌گیری شده با افزایش فیبر و در نتیجه قوام خمیر گازهای تولیدی توانایی خروج کامل از بافت را نداشته در نتیجه حجم مخصوص کاهش می‌یابد. این نتایج با گزارشات Martínez و همکاران (۲۰۰۵) در بکارگیری فیبر کاکائو در مافین شکلاتی و Gomes و همکاران (۲۰۰۷) در بکارگیری آرد لوبیای اکسترود در کیک اسفنجی مطابقت داشت (۷، ۱).

تخلخل کیک: کاهش میزان تخلخل می‌تواند متاثر از کاهش، مقدار هوای محبوس در داخل خمیرو کاهش میزان خروج حبابهای هوا در طول پخت کیک باشد؛ لذا بین دانسیته خمیر، قوام و ویژگی های بافتی کیک مانند تخلخل و سختی بافت رابطه وجود دارد (۲۲). 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. صادقی زاده دهکردی و همکاران (۱۳۹۶) کاهش تخلخل کیک اسفنجی را با افزودن فیبر حاصل از آناناس گزارش نمودند (۲۰). مرادی و همکاران (۱۳۹۷) همچنین در مطالعه‌ای به این نتیجه رسیدند که با افزودن فیبر حاصل از سیب درختی و افزودن آن به فرمولاسیون کیک، میزان تخلخل به‌طور معنی‌داری کاهش یافته است (۹). ایجاد ساختار متخلخل محصولات فیبری عمدتاً به عواملی مانند اندازه ذرات، شکل و ترکیبات شیمیایی فیبرهای مورد استفاده وابسته می‌باشد. لازم به ذکر است فرآیند اکستروژن موجب کاهش ابعاد ذرات فیبر شده است و در نتیجه بافت متخلخل تر شده است، که علت این پدیده احتمالا تبدیل فیبرنامحلول به فیبرمحلول در اثر فرایند اکستروژن می‌باشد (۷). Lebesi و همکاران (۲۰۱۱) نیز تخلخل بیشتر را در نمونه‌های کیک حاوی فیبر محلول بیشتر گزارش دادند (۲).

رنگ: تغییرات رنگ و روشنی مواد غذایی متاثر از ماهیت شیمیایی و رنگدانه‌های طبیعی موجود در آنهاست. لذا علت کاهش شدید مؤلفه روشنایی(L*) نمونه حاوی مکمل را نسبت به شاهد به چند دلیل می‌توان مرتبط دانست. رنگدانه‌های تیره ضایعات قهوه و همچنین سبوس گندم خود عامل اصلی کاهش مولفه L* ، a* وb* هستند (۵،۴). نتایج دیگر محققین نیز نشان دهنده کاهش مولفه L* ، a* وb* در کیک محتوی ۲۰ درصد آرد دانه کتان و در نمونه محتوی ۳۴/۵درصد فیبر محلول کاکائو بود (۱۸، ۱). طی فرآیند پخت کیک، با درجه حرارت‌های زیاد، رنگ پوسته به‌دلیل واکنش مایلارد به تدریج قهوه‌ای می‌شود. چون واکنش مایلارد، بین گروه آمینی پروتئین و گروه کربونیل قند ساده رخ می‌دهد، بنابراین مقدار قند، نشاسته و پروتئین موجود در فرمول محصول و نیز شرایط فرایند، نظیر دما و کاهش آب سطح، بر شدت تیره‌شدن رنگ پوسته مؤثر است. در همین راستا در حین پخت، مکمل فیبری اکسترود نشده نه تنها به عنوان بافر عمل کرده و از تغییرات شدیدpH در طی این واکنش جلوگیری می‌نماید، بلکه به علت جاذب الرطوبه بودن، میزان رطوبت را در حد مناسبی جهت این واکنش نگه می‌دارد و مجموعه این عوامل باعث تیره تر شدن رنگ کیک در نمونه‌های حاوی فیبراکسترود نشده می‌شوند(۲۲). گزارشات مرادی و همکاران (۱۳۹۷) در موردکیک اسفنجی غنی شده با فیبر سیب درختی و اعلایی و همکاران (۱۳۹۶) در مورد کیک اسفنجی غنی شده با آرد نخود مشابه این نتایج بود (۱۷، ۹).

بیاتی و سفتی: سفتی بافت کیک متاثر از ویژگی‌هایی مانند دانسیته خمیر، حجم و میزان تخلخل و میزان رطوبت کیک می‌باشد. در واقع مجموعه عواملی که در شکل‌گیری و هسته‌زایی حباب‌ها داخل خمیر و خروج گاز در حین پخت مؤثر هستند تعیین کننده میزان سفتی بافت کیک خواهند بود (۱). لذا نمونه‌های محتوی مکمل فیبری بالاتر که تخلخل و حجم مخصوص کمتری دارند بافت متراکم‌تر و سفت‌تری خواهند داشت. (جداول ۲و۳). براین اساس نتایج محققان نیز نشان دهنده افزایش سختی بافت کیک‌های محتوی سبوس غلات (۳۰درصد) نسبت به نمونه شاهد است (۲). همچنین مرادی و همکاران (۱۳۹۷) با استفاده از ۲۰ درصد جایگزینی پودر سیب در فرمولاسیون کیک اسفنجی، شاهد افزایش میزان سفتی بافت نسبت به نمونه شاهد بودند (۹). بیاتی یا سخت شدن بافت فرآورده‌های قنادی طی زمان نگهداری، فرآیند پیچیده‌ای است که عوامل مختلفی چون رتروگراداسیون آمیلوپکتین، آرایش مجدد پلیمرها در ناحیه آمورف، توزیع رطوبت بین ناحیه آمورف و کریستالی و همچنین از دست دادن رطوبت در آن اثر گذار هستند (۱۸، ۱). با توجه کاهش سختی بافت در نتیجه افزودن مکمل فیبری اکسترود شده می‌توان این طور

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-05-26]

[DOI: 10.52547/nsft.16.1.85]

بیان نمود، بواسطه تولید فراکسیون‌های فیبری محلول در اکستروژن، انعکاس عملکرد آنها شامل افزایش جذب آب و جلوگیری از مهاجرت آب به پوسته، کاهش سختی و به تاخیر انداختن بیاتی نسبت به نمونه‌های اکسترود نشده بود (۸، ۲). علت کاهش روند بیاتی با نتایج محققین در خصوص نمونه‌های کیک حاوی سبوس جوی دو سر طی ۱۰روز نگهداری و کیک حاوی فیبر محلول کاکائو طی ۲۸ روز نگهداری مطابقت داشت (۱۱، ۱).

میزان رطوبت: بالاتر بودن رطوبت در نمونه‌های محتوی فیبر نسبت به شاهد ناشی از اصلاح و تغییر در ساختار فیبرهای نامحلول و تبدیل آنها به فیبرهای محلول و قابلیت جذب آب توسط گروههای هیدروکسیل موجود می‌باشد (۱۰، ۹) بر اساس نتایج Sudha و همکاران (۲۰۰۷) افزایش میزان تفاله سیب در مخلوط خمیر کیک محتوای رطوبتی محصول نهایی را به علت بالابودن ظرفیت نگهداری آب توسط فیبر تفاله سیب افزایش می‌دهد(۲۳).

یکی از پارامترهایی که در بیاتی کیک نقش مهمی دارد مهاجرت آب بین پوسته و مغز در طول نگهداری می‌باشد. در این مطالعه نیز هم زمان با کاهش رطوبت مغز کیک، میزان رطوبت پوسته کیک افزایش یافت. این مهاجرت آب می‌تواند بخشی از سفت شدن بافت مغز در طول نگهداری را توضیح دهد (24). نتایج مطالعه Lebesi(۲۰۱۱) نیز نشان دهنده حفظ بیشتر رطوبت در نمونه‌های کیک حاوی فیبر محلول در طی ۶ روز نگهداری بود (۲). Martínez و همکاران (۲۰۱۱) از فیبر کاکائو در تهیه کیک استفاده کردند. آنها به این نتیجه رسیدند که ۲۴ ساعت پس از پخت، محتوای رطوبتی نمونه شاهد به‌صورت معنی‌داری کمتر از نمونه‌های حاوی فیبر بود و دلیل آن را ظرفیت نگهداری بالای آب فیبر کاکائو بیان کردند.

نتایج تحقیق بیانگر کارایی مناسب فناوری اکستروژن در فراوری مجدد ضایعات صنعت غذا در سطح صنعتی بود. اکستروژن به عنوان روشی کارامد در حذف آلودگی میکروبی، اصلاح عملکرد و خصوصیات کیفی منابع فیبری، به منظور کاربرد در فرمولاسیون‌های محصولات کم کالری معرفی گردید. قطعا ورود مجدد این قبیل ترکیبات مفید در چرخه غذایی سبب ارزش افزوده، اشتغال آفرینی، خلق ثروت و حذف واردات نمونه‌های مشابه خواهد بود. نتایج نشان داد؛ مکمل فیبری اکسترود شده نسبت به نوع غیر اکسترود آن موجب بهبود بهتر ویژگی‌هایی چون قوام خمیر، کاهش افت پخت، افزایش تخلخل، افزایش مؤلفه روشنی، کاهش سختی بافت شده به علاوه در طی مدت ماندگاری نیز، مکمل فیبری اکسترود شده منجربه حفظ رطوبت بیشتر و به تعویق انداختن بیاتی نمونه‌های کیک گردید. در نتیجه مکمل فیبری حاصل از ضایعات فراوری قهوه- سبوس گندم این محصول را از نظر ترکیبات فراسودمند فیبر غذایی غنی نموده و بهبود ویژگی-های تغذیه‌ای، فیزیکوشیمیایی و افزایش مدت زمان ماندگاری را نیز به‌دنبال دارد. لذا استفاده از مکمل فیبری اکسترود شده حاصل از ضایعات فراوری قهوه به‌خوبی می‌تواند در فرمولاسیون کیک و سایر محصولات قنادی آماده مصرف بکار گرفته شود.

• References

1. . Martínez-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 Sci Technol 44:729–736
2. Lebesi DM and Tzia C, 2011. Effect of the addition of different dietary fiber and edible cereal bran sources on the baking and sensory characteristics of cupcakes. Journal of food and bioprocess technology 4(5): 710-722.
3. Dhingra D, Michael M, Rajput H, and Patil RT, 2012. Dietary fibre in foods: a review. Journal of food science technology 49(3): 255-266.
4. Ballesteros LF, Teixeira JA, and Mussatto SI, 2014. Chemical, functional, and structural properties of spent coffee grounds and coffee silver skin. Food and Bioprocess Technology 7(12): 3493-3503.
5. Laddomada B, Caretto S and Mita G, 2015.Wheat bran phenolic acids: bioavailability and stability in whole wheat-based foods. Molecules 20(9): 15666-15685.
6. Galanakis CM, 2017. Handbook of coffee processing by-products, Elsevier press, 407 pages.
7. Gomes, LOF, Santiago, RAC, Carvalho, AV, Carvalho, RN, Oliveira, IG, Bassiello, PZ. Application of extruded broken bean flour for formulation of gluten-free cake blends. 2015. Food Sci. Technol, Campinas, 35(2): 307-313,
8. Pérez FR, Salazar-García MG, Romero-Baranzini AL, Islas-Rubio AR and Wong BR, 2013. Estimated glycemic index and dietary fiber content of cookies elaborated with extruded wheat bran 68: 52-56.
9. Moradi P , Goli M , Keramat, J.The Effect of Addition of Apple Fiber on Nutritional, physico-chemical and sensory properties of Sponge Cake. FSCT 2018; 15 (77) :206-193. [in Persian]
10. Khodadadzadeh M, Nasehi B. Evaluation of physicochemical properties, sensory and textural sponge

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-05-26]

[DOI: 10.52547/nsft.16.1.85]

cake enriched with bagasse fiber powder. JFST 2018. 15 (78): 21-29. [in Persian]

11. Jamehdor S, Movahhed S, Ghiassi Tarazi B .Determining the qualitative, textural and sensory characteristics of oil cakes made with flaxseed and oat bran as a fat replacement. Iranian Food Science and Technology Research Journal. 2019. 14(5): 715-724. [in Persian]

12. 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, 2016. 13(4): 458-468. [in Persian]

13. AACC. (2000). Approved Methods of the AACC (10thed). American Association of cereal Chemists, st Paul.

14. AOAC. Official methods of analyses. (2000). Association of Official Analycal Chemists, Washington, DC.

15. Lee S, Kim S and Inglett GE. Effect of shortening replacement with oatrim on the physical and rheological properties of cakes. Cereal Chem. 2005. 82: 120-124.

16. Poursafar L , Peighambardoust S.H , Alizadeh Shalchi L, Shakuoie Bonab E. , S.A. Rafat Effect of the temperature and time of flour heat treatment on the quality characteristics of sponge cake. Electronic Journal of Food Processing and Preservation. 2013, 2(4),87-104. [in Persian]

17. Alaei M, Movahhed S, Ahmadi Chenarbon H. Evaluation of adding chickpea flour on quality Properties of oil and sponge cakesJFST 2018. 73(14) 279-287. [in Persian]

18. Ayoubi A.Effect of flaxseed flour incorporation on physicochemical and sensorial attributes of cupcake. JFST 2018. 78(15) 217-228. [in Persian]

19. Gomez M, Moraleja A, Oliete, B, Ruiz, E and Caballero, PA, 2010. Effect of fibre size on the quality of fibre-enriched layer cakes. LWT-Food Science and Technology 43: 33-38.

20. Sadeghizadeh Dehkordi A , Fazel Najaf Abadi M, Abbasi H, Evaluation of Technological and Visual Properties of Sponge Cake Containing Sesame and Pineapple and Defineding Optimal Level of These Nutritional Material. JFST 2017. 69(14) 255-268. [in Persian]

21. Matsakidou, A., Blekas, G. and Paraskevopoulou, A. 2010. Aroma and physical characteristics of cakes prepared by replacing margarine with extra virgin olive oil. Food Science and Technology. 43, 949-957.

22. Gomez M, Ronda F, Caballero PA, Blanco CA and Rosell CM, 2007. Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes. Food Hydrocolloid 21: 167-173.

23. Sudha ML, Baskaran V and Leelavathi K, 2007. Apple pomace as a source of dietary fiber and polyphenols and its effect on the rheological characteristics and cake making. Food Chemistry 104(2): 686–692.

24. Diez-Sánchez E, Quiles A, Llorca E, Reiβner, AM, Struck, S., Rohm, H, Hernando, I, (2019) Extruded flour as techno-functional ingredient in muffins with berry pomace. LWT - Food Science and Technology 113 108300

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-05-26]

[DOI: 10.52547/nsft.16.1.85]

Properties Assessment of Muffin Cakes Enriched with Composite Dietary Fibers from Wheat bran Coffee Processing Byproducts

Milani E[1], Hashemi N[2] , Golimovahhed Gh[3], Davari F[4]*

*1- *Corresponding author: Associate professor, Food Science and technology Research Institutet, ACECR, Khorasan Razavi, Iran Email: e.milani@jdm.ac.ir*

2- Young researchers and elite club, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran

3- Food Processing Research Department, ACECR, Khorasan Razavi, Iran

4-M.Sc. Department of Food Science and Technology, ACECR Kashmar Higher Education Institue, Kashmar, Iran

Received 19 May, 2020 **Accepted 25 Aug, 2020**

Background and Objectives: : Increasing demands for food products with high qualities and nutritional values have created challenge for using dietary fibers in studies. The objective of this study was to assess effects of adding extruded fiber supplements based on wheat bran coffee processing byproducts on baking, physicochemical and technologic properties of muffin cakes.

Materials & Methods: Extruded and non-extruded fiber supplements were added to the cakes at 0, 2.5, 5, 10 and 15% by replacing wheat flour (w/w basis). Properties of the batters (fiber, specific weight, consistency and pH) and cakes (weight loss, specific volume, porosity and color index) were assessed and moisture changes and staling of the samples were analyzed for 14 days.

Results: Results showed that more than 5% use of dietary fibers from wheat bran coffee processing byproducts decreased specific volume, porosity and lightness of the batters. At the first day of production, hardness of the samples were higher than that of controls; however, hardness of the samples containing 2.5 and 5% of fiber supplements was lower than that of the controls during shelf life. Moisture levels of the samples containing fiber supplements were lower than those of the controls. It is noteworthy that samples containing extruded fibers improved their consistency, weight loss, porosity, lightness, hardness and moist, compared to that samples containing unprocessed fiber supplements did. Therefore, extruded fibers delayed staling during shelf life.

Conclusion: Results showed the well performance of extrusion in processing of food byproducts as an effective technology to boost physicochemical and functional properties of dietary fibers in food model systems. Therefore, it is possible to produce functional muffins containing high levels of dietary fibers with appropriate properties.

Keywords: Extruded, Spent coffee grounds, Muffin cake, Fiber supplement, Wheat bran

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-05-26]

[DOI: 10.52547/nsft.16.1.85]