

تاثیر فیبرهای نشاسته مقاوم بر ویژگی‌های کیفی و حسی کیک‌های اسفنجی

یحیی مقصودلو^{۱*}، عماد احمدی^۲، محمد حسین عزیزی^۳، مهران اعلمی^۴ و محمد قربانی^۴

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۲/۱۵ تاریخ پذیرش: ۹۴/۷/۱۱

^۱استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

^۲دانشجوی دکتری، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

^۳استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

^۴دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

*مسئول مکاتبات: Email: y.maghsoudlou@gau.ac.ir

چکیده

در این تحقیق، تاثیر جایگزینی بخشی از آرد با فیبرهای نشاسته مقاوم بر ویژگی‌های کیفی کیک‌های اسفنجی به منظور تولید کیک فراسودمند با میزان کالری‌زایی کمتر و حداقل افت کیفی مورد بررسی قرار گرفت. لذا تاثیر فیبرهای نشاسته مقاوم نوع سوم یا رتروگرید در سطوح ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درصد (بر اساس وزن آرد) بر ویژگی‌های مختلف کیک شامل میزان رطوبت، ارتفاع، رنگ پوسته، رنگ مغز کیک و بافت مورد آزمون قرار گرفت. نتایج آزمون‌ها نشان داد که کیک‌های محتوی نشاسته مقاوم در مقایسه با شاهد از رطوبت بیشتری برخوردار بودند اما تغییرات قابل توجهی در رنگ و ارتفاع این کیک‌ها مشاهده نشد. بررسی آنالیز پروفیل بافتی نیز بطور آشکاری مشخص کرد که افزایش سطوح فیبر، سبب تغییر معنی‌دار برخی پارامترهای بافتی دستگاهی گردید. علاوه بر این، بر اساس نتایج بدست آمده از آزمون حسی و با وجود همه تفاوت‌ها با نمونه شاهد، امتیازهای بالای بدست آمده در مورد بیشتر کیک‌ها نشان داد که نمونه‌های محتوی نشاسته مقاوم می‌توانند رضایت مصرف‌کنندگان را جلب نمایند. همچنین پس از محاسبه میزان انرژی نمونه‌های شاهد و فیبری مشخص گردید که کیک‌های محتوی نشاسته مقاوم از میزان انرژی‌زایی کمتری برخوردار بودند.

واژگان کلیدی: کیک، نشاسته مقاوم، آنالیز پروفیل بافت، آزمون حسی

مقدمه

آرد، شکر، تخم‌مرغ، چربی یا روغن و ترکیبات و آورنده تشکیل می‌شوند. این محصولات نسبتاً چگال و دارای بافتی نرم و طعمی شیرین می‌باشند. محتوای رطوبت نهایی آن‌ها بین ۱۸ تا ۲۸ درصد متغیر است که در بالاتر از این محدوده، محصول در دسته انواع شیرینی و در پایین‌تر از آن در دسته انواع نان قرار

به‌طورکلی کیک‌ها از محصولات نانوائی مهم و پرمصرف به شمار می‌روند. امروزه تقاضای بازار جهانی، سالانه با رشد حدود ۱/۵ درصدی روبروست. در دنیا تعاریف مختلفی از انواع کیک وجود دارد اما بطور معمول کیک‌ها محصولات نانوائی هستند که از

باشند. همچنین بر پایه پیش‌بینی این سازمان، تا سال ۲۰۱۵ تعداد افراد مبتلا به این بیماری به ۲/۳ میلیارد نفر خواهد رسید (ویودا و همکاران، ۲۰۱۰). بنابراین شناسایی تغییرات در نوع و میزان غذای مصرفی می‌تواند موثرترین انتخاب در به حداقل رساندن مساله افزایش وزن تلقی گردد.

امروزه فیبر رژیمی به عنوان یک ترکیب مهم، جهت افزایش سلامتی انسان مورد توجه بسیاری از متخصصین تغذیه قرار گرفته است. تعاریف گوناگونی از فیبر رژیمی وجود دارد اما تعریف عمده‌ای که بسیاری از محققان به آن استناد می‌کنند توسط تراول و همکاران در سال ۱۹۷۶ ارائه گردید که برطبق این تعریف، فیبرهای رژیمی شامل پلی‌ساکاریدها و لیگنین می‌باشند که در برابر آنزیم‌های گوارشی مقاوم اند (مرلمستین، ۲۰۰۹).

نشاسته مقاوم، بخشی از نشاسته و محصولات نشاسته‌ای است که در برابر گوارش مقاوم بوده و از سیستم معده‌ای روده‌ای بصورت دست نخورده عبور می‌کند. نشاسته مقاوم، مولکولی خطی با اتصالات آلفا ۱ به ۴ دی‌گلوکان می‌باشد که بطور خاص از بخش آمیلوز رتروگرید شده مشتق می‌شود و دارای وزن مولکولی $1.2 * 10^5$ دالتون می‌باشد (تاراناتان، ۲۰۰۲). نشاسته مقاوم ممکن است به چهار دلیل هضم نگردد که در مورد اول ساختار مولکولی فشرده امکان دسترسی آنزیم‌های گوارشی به سوبسترا را با محدودیت روبرو می‌سازد (هارالامپو، ۲۰۰۰). در نشاسته مقاوم نوع دوم خود گرانول‌های نشاسته دارای ساختاری هستند که از فعالیت آنزیم‌های گوارشی جلوگیری می‌کند. این نوع نشاسته بیشتر در سیب‌زمینی خام، موزهای نارس و نشاسته ذرت با آمیلوز بالا وجود دارد (نوگنت، ۲۰۰۵). در نشاسته مقاوم نوع سوم، اگر ژل‌های نشاسته‌ای تهیه شده در حضور حرارت و آب، سرد شوند می‌توانند تشکیل کریستال‌های نشاسته‌ای را دهند که در برابر گوارش آنزیمی مقاوم است. این فرم از نشاسته

می‌گیرد (بنیون و بامفورد، ۱۹۹۷). اصولاً کیک‌ها شامل دو نوع کلی کیک‌های نسبت بالا و نسبت پایین می‌باشند. در کیک‌های نسبت بالا مقدار شکر بیشتر از آرد، مقدار مواد مایع بیشتر از شکر و مقدار تخم مرغ بیشتر و یا مساوی مقدار روغن می‌باشد. اما در کیک‌های نسبت پایین، مقدار شکر کمتر از آرد، مقدار مواد مایع معادل مقدار شکر و مقدار روغن کمتر از میزان تخم مرغ می‌باشد (ویلدرجانس، ۲۰۱۲). بنابراین با توجه به فرمولاسیون بیشتر کیک‌ها که از آرد به عنوان یک ترکیب شاخص و غالب استفاده می‌شود، این محصولات در دسته مواد غذایی پرکالری قرار دارند. بنابراین جهت تولید کیک‌های فراسودمند، استفاده از ترکیبات عملگرا و جانشین نظیر انواع فیبرها که بتواند علاوه بر ایجاد خصوصیات ارزشمند تغذیه‌ای و کاهش میزان کالری، کمترین تاثیر را بر ویژگی‌های ساختاری و حسی کیک‌ها داشته باشد از اهمیت بالایی برخوردار است.

اهمیت قابل توجه غذاهای فراسودمند جدای از عملکردهای تغذیه‌ای اساسی آن‌ها، به دلیل فراهم سازی مزایای فیزیولوژیکی و یا کاهش خطر بیماری‌های مزمن می‌باشد. غذاهای فراسودمند می‌توانند محتوی ترکیبی با اثرات سلامتی‌بخش و یا حذف ترکیبی با اثرات نامطلوب بر سلامتی مصرف‌کننده باشند. یکی از این ترکیبات فراسودمند که بصورت گسترده‌ای در غذاهای با فیبر بالا مورد استفاده قرار می‌گیرد نشاسته-های مقاوم می‌باشد (میلکولیکوا و همکاران، ۲۰۰۸). مواد غذایی با فیبر بالا جهت پیشگیری از بیماری‌های مختلفی نظیر سرطان روده بزرگ، دیابت و چاقی مورد توجه قرار گرفته است. چاقی معضل و پدیده‌ای است پیچیده که دارای ابعاد اجتماعی و فیزیولوژیکی بوده و می‌تواند همه گروه‌های سنی جامعه را تهدید نماید (تراسانده و همکاران، ۲۰۰۹). سازمان بهداشت جهانی اعلام کرد که در سال ۲۰۰۵ در جهان تقریباً ۱/۶ میلیارد نفر از جامعه بزرگسال دچار بیماری چاقی می‌-

نتایج بدست آمده از تمامی این پژوهش‌ها نشان داد که استفاده از فیبرهای غیر نشاسته‌ای در سطوح پایین می‌تواند بدون ایجاد ویژگی‌های منفی، سبب افزایش قابلیت‌های تغذیه‌ای محصول گردد. بنابراین، در این پژوهش تلاش بر این است که تأثیر جانشین‌سازی آرد با فیبرهای فراسودمند نشاسته مقاوم در ۶ سطح، بر ویژگی‌های کیفی و ماندگاری کیک شامل (۱) رطوبت کیک (۲) ارتفاع کیک (۳) رنگ پوسته کیک (۴) رنگ مغز کیک (۵) بافت کیک از منظر دستگامی و (۶) بافت کیک از منظر حسی مورد بررسی قرار گیرد. علاوه بر این، ریزساختار بافت کیک و همچنین میزان انرژی کیک‌های تهیه شده نیز مورد آزمون قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

مواد

در این پژوهش از آرد گندم، شکر، تخم مرغ تازه، شورتینگ، روغن آفتاب‌گردان، پودر نانوائی، پودر شیرخشک و نشاسته مقاوم (میزان فیبر، ۶۳/۹ درصد و میزان رطوبت ۱۲ درصد) استفاده گردید.

آماده‌سازی و تهیه کیک

کیک‌ها بر اساس فرمولاسیون اصلاح شده لبسی و تزییا تهیه شدند. در ابتدا ۴۵ گرم شورتینگ و روغن با ۶۰ گرم شکر مخلوط و کرم با ظاهر مطلوبی تشکیل شد. سپس ۶۰ گرم تخم مرغ کامل و تازه به آن افزوده گردید. آن‌گاه مواد پودری شامل ۵ گرم پودر نانوائی، ۵ گرم پودر شیرخشک و ۱ گرم نمک خوراکی به مخلوط اضافه شد. در این هنگام آرد به میزان ۹۰ گرم به فرمولاسیون افزوده شده و مخلوط به آرامی هم زده شد. در نهایت قالب‌گیری انجام و فرایند پخت با استفاده از فر آزمایشگاهی و با شرایط دمای 200°C و زمان ۲۰ دقیقه صورت گرفت (لبسی و تزییا، ۲۰۱۲). جهت تهیه کیک‌های فراسودمند، ترکیبات عملگرا شامل فیبرهای نشاسته مقاوم رتروگرید همراه با مواد پودری به فرمولاسیون افزوده شدند. شایان ذکر است، نشاسته

رتروگرید شده در مقادیر کم (تقریباً ۵ درصد) در چیپس‌های ذرت و سیب زمینی‌های پخته و سرد شده یافت می‌شود. چهارمین نوع از نشاسته مقاوم نشاسته-های اصلاح شده بطور شیمیایی می‌باشند که با روش-هایی نظیر اتری شدن، استری شدن و نظایر آن بوسیله آنزیم‌های گوارشی شکسته نمی‌شوند (لان و بوتریس، ۲۰۰۷).

در مقایسه با دیگر فیبرهای رژیمی نظیر فیبرهای غلات، سبوس و فیبرهای میوه‌جات، نشاسته‌های مقاوم به میزان کمتری ویژگی‌های حسی محصولات غذایی را تحت تأثیر قرار می‌دهند و می‌تواند ظاهر، بافت و احساس دهانی بهتری را سبب شود (کارالامپوپولوس و همکاران، ۲۰۰۲). غذاهای محتوی نشاسته مقاوم سرعت گوارش و هضم را کاهش می‌دهند که در نتیجه این هضم کند، نشاسته مقاوم می‌تواند کاربرد آن را در آزادسازی کنترل شده گلوکز، بویژه در مورد بیماران دیابتی توجیه نماید (نوگنت، ۲۰۰۵). بنابراین نشاسته مقاوم می‌تواند به عنوان ترکیبی جذاب برای تولیدکنندگان مواد غذایی نظیر نان، کیک و محصولات مشابه در نظر گرفته شود (نوگنت، ۲۰۰۵). بسیاری از تحقیقات صورت گرفته در مورد ترکیبات و فرمولاسیون محصولات نظیر کیک، بر اساس تجربه استوار بوده و در نتیجه پژوهش‌های علمی قابل توجهی در زمینه فرمولاسیون‌های ویژه نظیر کاربرد نشاسته مقاوم در فرمول انواع کیک‌ها مشاهده نمی‌شود. اما کاربرد سایر فیبرهای خوراکی در فرمولاسیون کیک‌ها مورد تحقیق بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته است. در یک پژوهش، گریگمو و همکاران (۱۹۹۹) از فیبر هلو در سطوح متفاوت در تهیه مافین‌ها استفاده کردند. در تحقیقی، گومز و همکاران (۲۰۱۰) اثر اندازه فیبر را بر کیفیت کیک‌های غنی شده از فیبر مورد بررسی قرار دادند. در پژوهشی دیگر، آیدی و همکاران (۲۰۰۹) تأثیر نوعی فیبر رژیمی را بر خصوصیات کیک و جانشین کردن آرد گندم با آن مورد آزمون قرار دادند.

رنگ بافت مشابه آنچه در مورد رنگ پوسته بیان شد مورد ارزیابی قرار گرفت.

آنالیز پروفیل بافتی

بافت مغز کیک با استفاده از یک بافت‌سنج TA-TX2 (Stable Micro systems, UK) مورد بررسی قرار گرفت. در این آزمون از یک پلانجر آلومینیومی استوانه-ای با قطر ۲۵ میلی‌متر استفاده شد (گومز و همکاران، ۲۰۰۶). آنالیز پروفیل بافتی در یک آزمون فشرده‌سازی دوگانه با عمق نفوذ ۲۵ درصد، سرعت یک میلی‌متر بر ثانیه و با تاخیر ۳۰ ثانیه‌ای بین دو مرحله فشرده‌سازی صورت گرفت. در این روش، پارامترهایی همچون سفتی، صمغی شدن، قابلیت جویدن، انسجام و میزان فنری شدن یا الاستیسیته مورد بررسی قرار گرفتند. شایان ذکر است در هنگام انجام آزمون پوسته کیک‌ها حذف و نمونه‌ها با قطر ۳ سانتی‌متر تحت فشرده‌سازی قرار گرفتند.

آنالیز حسی کیک‌ها

کیک‌ها از نظر آروما، بافت، ظاهر، طعم و میزان پذیرش کلی در فرم‌های خیلی تازه، تازه، کمی تازه، بیات، کمی بیات و بسیار بیات توسط ۱۰ نفر از افراد آموزش دیده مورد ارزیابی قرار گرفتند. امتیاز ۶ برای کیک‌های خیلی تازه، امتیاز ۵ برای کیک‌های تازه، امتیاز ۴ برای کیک‌های کمی تازه، امتیاز ۳ برای کیک‌های بیات، امتیاز ۲ برای کیک‌های کمی بیات و امتیاز ۱ برای کیک‌های بسیار بیات در نظر گرفته شد (ماتساکیدو و همکاران، ۲۰۱۰).

بررسی ریزساختار کیک‌ها

جهت بررسی ریزساختار نمونه‌ها از میکروسکوپ الکترونی (philips XL30 model, Netherlands) استفاده شد. حداکثر ولتاژی که توسط این نوع میکروسکوپ مورد استفاده قرار گرفت ۷ کیلو ولت بود. نمونه‌ها پس از خشک شدن توسط خشک‌کن انجمادی بر روی پایه‌های ویژه تثبیت و فرآیند طلاکوبی بر روی

مقاوم نوع سوم، دارای خصوصیات فیزیکوشیمیایی مطلوب نظیر تورم، افزایش ویسکوزیته، تشکیل ژل و ظرفیت اتصال با آب می‌باشد (فاستو و همکاران، ۱۹۹۷). علاوه بر این، این فیبر دارای اندازه ذرات کوچک، ظاهری سفید، طعمی شیرین و مطلوب و ایجاد کننده تردی و افزایش حجم در محصول نهایی می‌باشد (ساجیلاتا و همکاران، ۲۰۰۶).

تعیین ویژگی‌های شیمیایی آرد

ویژگی‌های مختلف آرد شامل میزان رطوبت، خاکستر، چربی و پروتئین مورد آزمون قرار گرفت (AACC, 2010).

اندازه‌گیری رطوبت کیک

میزان رطوبت کیک‌ها بر اساس روش آون‌گذاری و در دو روز نگهداری روزهای اول و هفتم مورد بررسی قرار گرفت (AACC, 2010).

تعیین ارتفاع کیک

در این آزمون برشی عرضی از کیک‌ها تهیه و ارتفاع مرکز و از مرکز ۲/۵ سانتی‌متر به سمت چپ و راست به عنوان شاخصی از حجم کیک مورد بررسی قرار گرفت (رودریگوئز و همکاران، ۲۰۱۴).

اندازه‌گیری رنگ پوسته و بافت کیک

برای انجام این آزمون ابتدا، نمونه‌های کیک در جعبه تصویر برداری ویژه مجهز به دوربین ۱۰ مگاپیکسلی قرار گرفته و عکس مربوط به هر کیک در فرمت JPEG و در ابعاد ۳۶۴۸ * ۲۷۳۶ بدست آمد. در ادامه، آنالیز عکس‌ها با استفاده از نرم افزار (ImageJ Launcher Broken Symmetry Software) صورت گرفت. این روش یکی از معمول‌ترین روش‌های اندازه‌گیری رنگ و برخی دیگر از خصوصیات فیزیکی محصولات به شمار می‌رود. با استفاده از این نرم افزار شاخص‌های رنگ شامل a^* و b^* بدست آمدند (ویلدرجانس و همکاران، ۲۰۰۸). شایان ذکر است برای اندازه‌گیری رنگ بافت یا مغز کیک، پوسته رویی و اطراف کیک جدا شده و سپس

صورت معنی‌دار بودن، از آزمون مقایسه چندگانه Duncan استفاده شد. همچنین برای آنالیز داده‌ها از نرم‌افزار SPSS 17 استفاده گردید.

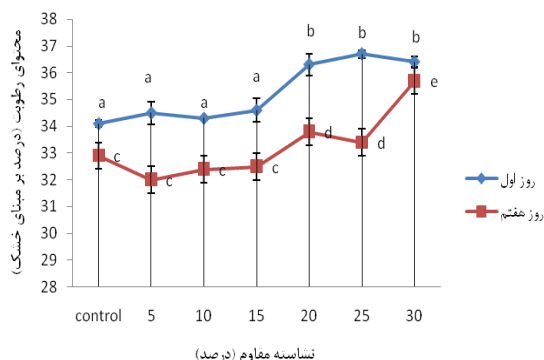
نتایج و بحث

ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی آرد

در جدول ۱ میزان رطوبت، خاکستر، چربی و پروتئین آرد بکار رفته در تهیه کیک آورده شده است.

جدول ۱- مشخصات شیمیایی آرد بکار رفته در تهیه

نمونه‌های کیک				
آرد	رطوبت (%)	خاکستر (%)	چربی (%)	پروتئین (%)
	۱۳	۰/۵۳	۰/۸	۹



شکل ۱- اثر سطوح مختلف فیبرهای نشاسته مقاوم بر

میزان رطوبت کیک

حروف غیر یکسان نشان‌دهنده اختلاف آماری معنی‌دار در سطح $p \leq 0.01$ می‌باشد.

بررسی ارتفاع کیک‌ها

نتایج مربوط به آزمون ارتفاع، به عنوان شاخصی از حجم، در شکل ۲ و تصاویر مربوط به برش عرضی نمونه‌های مورد بررسی نیز در شکل ۳ نشان داده شده است. در بررسی ارتفاع مرکز و $2/5$ سانتی‌متر از چپ و راست کیک‌ها مشخص شد که میزان ارتفاع تمامی

آن صورت گرفت. سپس نمونه‌ها آماده بررسی ریزساختار با میکروسکوپ الکترونی شدند.

محاسبه میزان انرژی

در این آزمون جهت بدست آوردن میزان انرژی محصول، مقادیر پروتئین، کربوهیدرات و چربی نمونه-های کیک مورد آنالیز قرار گرفته و با استفاده از فرمول زیر میزان انرژی کیک‌های شاهد و منتخب مورد محاسبه قرار گرفت (جیانگ و لی، ۲۰۱۴).

$$9 \times \text{میزان چربی} + 4 \times \text{میزان پروتئین} + 4 \times \text{میزان}$$

کربوهیدرات = میزان انرژی (کیلوکالری)

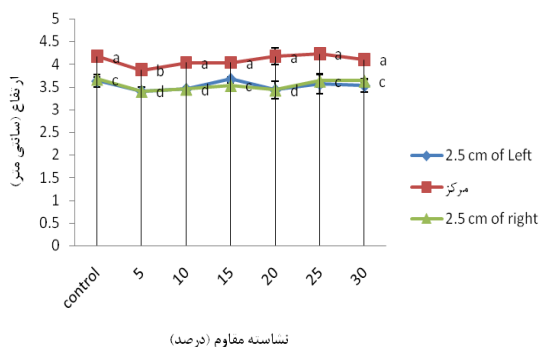
آزمون‌های آماری

در مورد ویژگی‌های کمی از آزمون تجزیه واریانس (ANOVA) در سطح $\alpha = 0.01$ استفاده گردید و در

بررسی محتوای رطوبت

شکل ۱، تأثیر سطوح مختلف نشاسته مقاوم بر میزان رطوبت نمونه‌های کیک را نشان می‌دهد. همان‌گونه که در شکل مشخص است، با گذشت زمان، میزان یا محتوای رطوبت نمونه‌های کیک کاهش می‌یابد. نتایج نشان داد که با افزایش سطوح نشاسته مقاوم، میزان رطوبت تا سطح ۱۵ درصد روند افزایشی را نشان داد که این افزایش معنی‌دار نبود در حالی که از سطح ۱۵ درصد به بالا، افزایش رطوبت بصورت معنی‌داری نمایان بود. همچنین میزان رطوبت نمونه‌ها پس از هفت روز نگهداری نیز روند تقریباً مشابهی را نشان داد. هم-سو با نتایج بدست آمده، گریگمو و همکاران (۱۹۹۹) از فیبر هلو در سطح ۲ تا ۱۰ درصد در مافین‌ها استفاده کردند. این محققان مشاهده کردند که رطوبت نمونه‌ها با افزایش سطوح فیبر افزایش یافت. دلیل چنین پدیده‌ای را شاید بتوان قابلیت بالای فیبر در افزایش ظرفیت نگهداری آب برشمرد.

و در نهایت تبخیر مولکول‌های آب در حین پخت می‌باشد و بنابراین کاهش میزان بخشی از آرد، آنچنان تغییرات منفی و قابل توجهی را ایجاد نمی‌نماید.



شکل ۲- اثر سطوح مختلف فیبرهای نشاسته مقاوم بر میزان ارتفاع کیک

حروف غیر یکسان نشان‌دهنده اختلاف آماری معنی‌دار در سطح $p < 0.01$ می‌باشد.

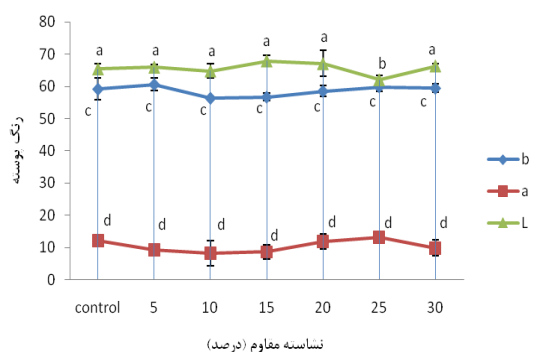
رنگ

نتایج فاکتورهای L^* ، a^* و b^* مربوط به رنگ پوسته و بافت کیک در شکل‌های ϵ و θ آورده شده است. همان‌گونه که در شکل مشاهده می‌شود، در مقایسه با نمونه شاهد، افزایش سطوح نشاسته مقاوم سبب تغییرات معنی‌داری در فاکتورهای رنگی نمی‌شود. به عبارت دیگر، هنگامی که سطوح فیبر افزایش می‌یابد هیچ روند قابل توجهی مشاهده نگردید. بیشترین میزان L^* مربوط به نمونه‌های محتوی ۱۵ و ۲۰ درصد نشاسته مقاوم و بیشترین میزان a^* مربوط به کیک‌های محتوی ۲۵ درصد فیبر بود. همچنین، نمونه دارای ۵ درصد فیبر بیشترین میزان b^* را نشان داد. اما در مورد رنگ بافت کیک، نمونه‌های محتوی ۲۰ درصد نشاسته مقاوم، L^* بالاتر و کیک‌های محتوی ۵ درصد فیبر، a^* و b^* بیشتری را نشان دادند. هم‌سو با نتایج بدست آمده، گومز و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی اثر فیبرها بر ویژگی‌های کیفی کیک‌ها دریافتند که افزایش میزان فیبر تغییر قابل توجهی در رنگ پوسته و بافت کیک ایجاد ننمود. همان‌طور که مشخص است، رنگ پوسته تحت

تیمارها در مقایسه با نمونه کنترل، تغییرات قابل توجهی را نشان ندادند. در این میان، کمترین میزان ارتفاع مربوط به کیک‌های محتوی ۵ درصد نشاسته مقاوم بود. جایگزینی نشاسته مقاوم در سطوح ۲۰ و ۲۵ درصد، بیشترین میزان ارتفاع کیک‌ها را در مقایسه با نمونه شاهد نشان داد که از نظر آماری این تفاوت‌ها معنی‌دار نبود. بنابراین می‌توان ادعا کرد که استفاده از فیبر نشاسته مقاوم هیچ گونه تاثیر منفی بر میزان ارتفاع به عنوان شاخصی از حجم را نشان نداد. مطابق نتایج بدست آمده گومز و همکاران (۲۰۱۰)، اثر اندازه فیبر بر کیفیت کیک‌های غنی شده از فیبر با درصد جانشینی ۱۲، ۲۴ و ۳۶ درصد را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها مشاهده کردند که با افزایش میزان فیبر تا سطح ۲۴ درصد، حجم کیک‌ها افزایش یافت اما درصد‌های بالاتر فیبر روند مخالفی را نشان داد. در مقابل، سودا و همکاران (۲۰۰۶)، در بررسی تاثیر پوره سیب بر خصوصیات فیزیکی و حسی کیک دریافتند که حجم نمونه‌ها با افزایش سطوح فیبر بصورت معنی‌داری کاهش یافت. محققان دیگری نیز دریافتند که با افزایش مقدار فیبر حجم کیک‌ها کاهش می‌یابد (چن و همکاران، ۱۹۸۸ و گریگمو و همکاران، ۱۹۹۹). شاید بتوان اختلاف در نتایج بدست آمده را به دلیل تفاوت در فرمول کیک و نوع فیبر دانست. در حقیقت، این اثر می‌تواند با ویسکوزیته خمیر کیک در ارتباط باشد چرا که این موضوع کاملاً شناخته شده است که جهت حفظ هوا در هنگام مخلوط کردن و هوای تولید شده توسط پودر نانویی در هنگام پخت، ویسکوزیته خمیر کیک باید در حد کافی بوده تا بتواند به حفظ گاز و در نتیجه افزایش حجم کیک کمک نماید. در مقابل، افزایش بیش از حد ویسکوزیته می‌تواند مشابه تاثیر درصد‌های بالای فیبر، مانع انبساط و سبب کاهش حجم گردد. بطورکلی شاید بتوان به این نکته اشاره کرد که نقش اصلی افزایش ارتفاع کیک‌ها بر عهده ترکیبات مولد گاز شیمیایی نظیر پودر نانویی، عملیات زدن و آمیختن هوا در خمیر کیک

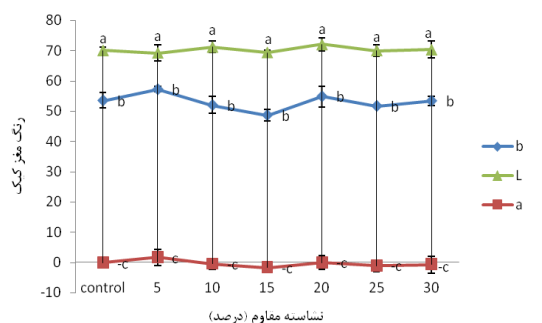


شکل ۳- برش عرضی کیک‌های مورد بررسی از ردیف بالا و از چپ به راست: نمونه‌های شاهد، ۱۰٪، ۱۵٪، ۲۰٪، ۲۵٪ و ۳۰٪ نشاسته مقاوم



شکل ۴- اثر سطوح مختلف فیبرهای نشاسته مقاوم بر میزان رنگ پوسته کیک

حروف غیر یکسان نشان‌دهنده اختلاف آماری معنی‌دار در سطح $p < 0.01$ می‌باشد.



شکل ۵- اثر سطوح مختلف فیبرهای نشاسته مقاوم بر میزان رنگ بافت کیک

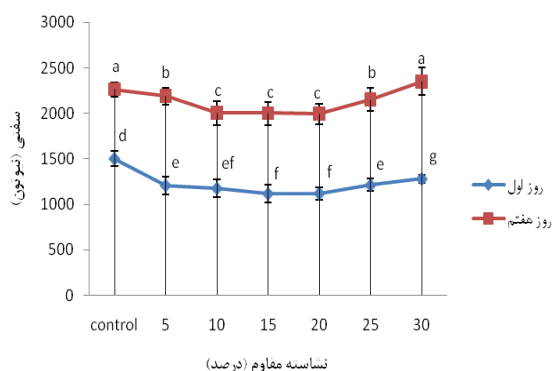
حروف غیر یکسان نشان‌دهنده اختلاف آماری معنی‌دار در سطح $p < 0.01$ می‌باشد.

آنالیز پروفیل بافتی

شکل ۶ الف، میزان سفتی نمونه‌ها را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشخص است، با گذشت زمان و پس از هفت روز نگهداری، میزان سفتی نمونه‌های کیک بطور معنی‌داری افزایش یافت. اما در میان تیمارها، سطوح ۱۵

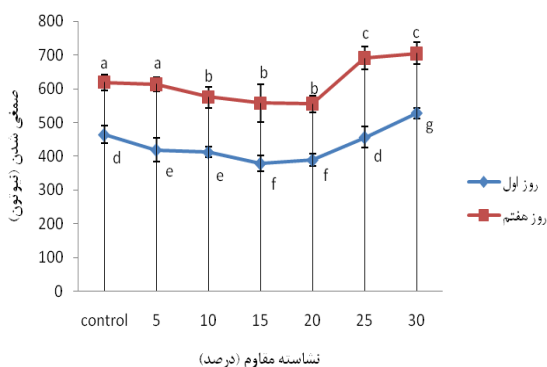
تأثیر واکنش‌های قهوه‌ای شدن مایلاردی قرار می‌گیرد. از آن‌جا که فیبرها، به دلیل ماهیت شیمیایی آن، نمی‌توانند میزان قندها و آمینواسیدها را تحت تأثیر قرار دهد (اگرچه آرد به نسبت کمتری در فرمولاسیون استفاده می‌شود) بنابراین عدم تأثیرگذاری معنی‌دار فیبرها بر رنگ نمونه‌های کیک را با چنین استدلالی می‌توان توجیه نمود. در مورد رنگ بافت، همان‌طور که پیشتر اشاره شد در طول تهیه کیک و در مراحل پخت آن در آون، واکنش‌های مایلارد به میزان زیادی صورت می‌گیرد. ترکیبات تشکیل شده از این واکنش‌ها مسئول تغییر رنگ و همچنین موثر بر طعم و خصوصیات بافتی می‌باشند (پینو و گونزالس، ۲۰۰۲). در طول فرایند پخت، کاهش رطوبت از درون به بیرون کیک‌ها انجام می‌شود (توروادسون و اسکودبران، ۱۹۹۸). همان‌طور که دما افزایش می‌یابد محتوای رطوبت در لایه بیرونی سریع‌تر کاهش یافته و واکنش‌های مایلاردی با سرعت بیشتری صورت می‌گیرد. این موارد به رنگ تیره‌تر پوسته منجر می‌شود. در قسمت‌های درونی‌تر کیک‌ها، افت آب کمتر و فعالیت آبی بالاتری وجود دارد و دمای مغز کیک‌ها به بالاتر از 105°C نمی‌رسد. تحت چنین شرایطی، واکنش‌های مایلاردی به کندی پیشرفت کرده و بنابراین مغز کیک، تغییرات رنگی بسیار کمی را به خود می‌بیند (گونزالس و همکاران، ۲۰۰۹). رنگ، از شاخصه‌های مهم مواد غذایی می‌باشد که می‌تواند در جلب نظر مصرف‌کننده تأثیر بسزایی داشته باشد. تفاوت‌ها در فرمولاسیون کیک‌ها می‌تواند رنگ آن را تحت تأثیر قرار دهد. رنگ سفید نشاسته مقاوم، می‌تواند سبب روشنی رنگ کیک‌ها گردد (بیکسولی و همکاران، ۲۰۰۸).

میزان فیبر پارامترهای سفتی و الاستیسیته بطور معنی-داری کاهش یافت. آن‌ها دلیل این امر را با قطع پیوند پروتئین - نشاسته در طول تشکیل ماتریکس پستا مرتبط دانستند. بنابراین می‌توان این‌گونه نتیجه گرفت که نشاسته مقاوم بر خلاف سایر فیبرها، تا سطوح مشخصی می‌تواند سبب نرم‌تر شدن بافت کیک گردد که دلیل چنین پدیده‌ای را شاید بتوان قدرت جذب آب بیشتر نشاسته مقاوم در مقایسه با سایر فیبرهای اشاره شده برشمرد.



شکل ۶ الف- اثر سطوح مختلف فیبرهای نشاسته مقاوم بر میزان سفتی بافت کیک

حروف غیر یکسان نشان‌دهنده اختلاف آماری معنی‌دار در سطح $p < 0.05$ می‌باشد.

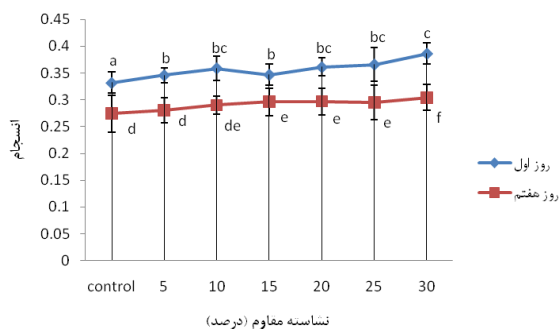


شکل ۶ ب- اثر سطوح مختلف فیبرهای نشاسته مقاوم بر میزان صمغی شدن بافت کیک

حروف غیر یکسان نشان‌دهنده اختلاف آماری معنی‌دار در سطح $p < 0.05$ می‌باشد.

و ۲۰ درصد نشاسته مقاوم کمترین میزان سفتی را در هر دو روز نگهداری نشان دادند. شایان توجه است که نمونه‌های محتوی ۱۵ و ۲۰ درصد فیبر در هر دو روز نگهداری در مقایسه با نمونه شاهد، بافت نرم‌تری را نشان دادند. اما در سطوح بالاتر یعنی سطوح ۲۵ و ۳۰ درصد افزایش سفتی مشاهده شد. مطابق نتایج بدست آمده گومز و همکاران (۲۰۱۰)، تاثیر فیبرهای سبوس گندم، سبوس یولاف و سلولز میکروکریستالی را بر کیفیت فیزیکی و حسی کیک‌های لایه‌ای مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها دریافتند که هنگامی که درصد فیبرها افزایش می‌یابد میزان سفتی بافت کیک‌ها نیز روند افزایشی را بطور معنی‌داری نشان می‌دهد. همچنین در پژوهشی دیگر، آیدی و همکاران (۲۰۰۹) تاثیر نوعی فیبر رژیمی را بر خصوصیات کیک و جانشین‌سازی آرد گندم با آن تا سطح ۲۰ درصد را مورد آزمون قرار دادند. آن‌ها مشاهده کردند که سطح ۵ درصد، کمترین میزان سفتی را در میان تیمارها و در مقایسه با نمونه شاهد نشان داد. اما افزایش سطوح فیبر سبب بالا رفتن میزان سفتی بافت نمونه‌های کیک گردید. بیکسولی و همکاران (۲۰۰۸) در تحقیقی به بررسی تاثیر جانشینی آرد گندم با سطوح مختلف نشاسته مقاوم در مافین‌های تازه پرداختند. آن‌ها مشاهده کردند که با افزایش سطوح فیبر، از میزان سفتی نمونه‌ها کاسته شد بصورتی که کمترین میزان سفتی مربوط به بالاترین سطوح نشاسته مقاوم بود. همچنین، همان‌طور که میزان نشاسته مقاوم افزایش می‌یافت، پارامترهای قابلیت فنی شدن، انسجام و رزیلیانس مافین‌ها با کاهش روبرو شد اگرچه که این کاهش، بیشتر در سطوح بالاتر از ۱۵ درصد آشکار و معنی‌دار بود. آن‌ها دلیل چنین پدیده‌ای را متراکم شدن محصول در سطوح بالاتر نشاسته مقاوم برشمردند. همچنین توانایی نمونه‌های محتوی فیبر برای بهبود بافت پس از تغییر شکل بافت روبرو شد. بطور مشابه، تودوریکا و همکاران (۲۰۰۲)، دریافتند که در پستا غنی شده با فیبر رژیمی، با افزایش

درصد نشاسته مقاوم بیشترین و نمونه‌های شاهد کمترین میزان انسجام را در هر دو روز نگهداری نشان دادند. هم‌سو با نتایج بدست آمده، راسلی و همکاران (۲۰۱۴) در تعیین تاثیر سبوس‌های ذرت بر ویژگی‌های فیزیکی کیک‌های شیفون مشاهده نمودند که با افزایش سطوح فیبر، فاکتور انسجام افزایش یافت.

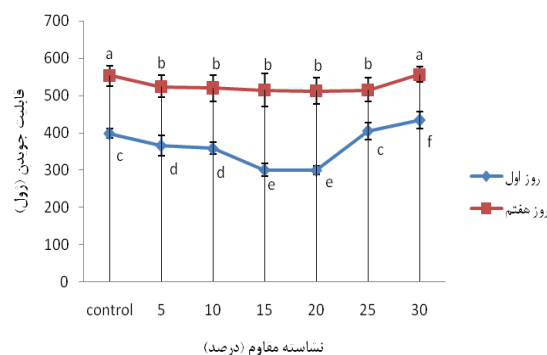


شکل ۶-د- اثر سطوح مختلف فیبرهای نشاسته مقاوم بر میزان انسجام بافت کیک

حروف غیر یکسان نشان دهنده اختلاف آماری معنی‌دار در سطح $p \leq 0.05$ می‌باشد.

الاستیسیته یا قابلیت فنری شدن بر اساس میزان برگشت نمونه به حالت اول پس از حذف فشار و نیرو تعریف می‌گردد. نتایج مربوط به این پارامتر در شکل ۶ ه، نشان داده شده است. همان‌طور که مشخص است مشابه پارامتر انسجام، با گذشت زمان میزان فنری شدن نمونه‌ها بطور معنی‌داری کاهش می‌یابد. همچنین در میان تیمارها نیز روند افزایشی الاستیسیته با افزایش سطوح نشاسته مقاوم بطور آشکاری مشاهده می‌شود. در این پارامتر نیز، نمونه محتوی بالاترین درصد نشاسته مقاوم، بیشترین و نمونه‌های شاهد، کمترین میزان قابلیت فنری شدن را نشان دادند. برخلاف نتایج بدست آمده، گومز و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی اثر فیبرهای سبوسی بر ویژگی‌های بافتی کیک-های لایه‌ای نشان دادند که پارامترهای الاستیسیته و انسجام با افزایش میزان فیبر کاهش یافتند. اختلاف در نتایج بدست آمده توسط پژوهشگران مختلف را می‌توان به تفاوت در ساختار شیمیایی و ویژگی‌های فیزیکی

پارامترهای صمغی شدن و قابلیت جویدن، بصورت انرژی لازم برای متلاشی کردن یک غذای نیمه جامد و جامد و آماده کردن برای بلع تعریف می‌گردند. با گذشت زمان، این دو فاکتور روند افزایشی را در مورد نمونه‌های کیک نشان دادند. بطورکلی هر دو پارامترهای صمغی شدن و قابلیت جویدن فاکتورهایی هستند که وابسته به پارامتر سفتی بوده و بنابراین در هر دو روز نگهداری و همچنین در مقایسه فرمولاسیون‌های مختلف، روندهای مشابه سفتی را نشان می‌دهند (شکل ۶ ب و ج).



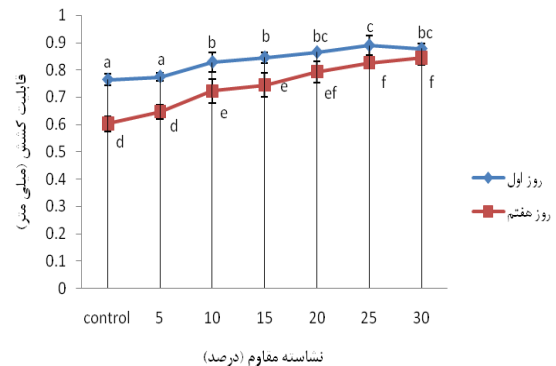
شکل ۶-ج- اثر سطوح مختلف فیبرهای نشاسته مقاوم بر قابلیت جویدن بافت کیک

حروف غیر یکسان نشان دهنده اختلاف آماری معنی‌دار در سطح $p \leq 0.05$ می‌باشد.

شکل ۶ د، میزان انسجام نمونه‌ها را نشان می‌دهد. پارامتر انسجام به عنوان مقاومت درونی ساختار مواد غذایی تعریف می‌گردد. همان‌طورکه آشکار است، میزان انسجام، با گذشت زمان بصورت معنی‌داری کاهش یافت. این کاهش می‌تواند به افت جذب درون مولکولی ترکیبات و تمایل به خرد شدن با گذشت زمان مرتبط شود (گومز و همکاران ۲۰۰۶). همان‌گونه که از نمودار پیداست با افزایش میزان نشاسته مقاوم در فرمولاسیون، میزان انسجام کیک‌ها روند افزایشی را نشان داد. در میان تیمارها، فرمول‌های محتوی ۳۰

¹ Crumbliness

فیبرها و همچنین تفاوت در فرمولاسیون انواع کیک‌ها مرتبط دانست.



شکل ۶- اثر سطوح مختلف فیبرهای نشاسته مقاوم بر میزان الاستیسیته بافت کیک

حروف غیر یکسان نشان‌دهنده اختلاف آماری معنی‌دار در سطح $p < 0.01$ می‌باشد.

آزمون حسی

جدول ۲، نتایج آزمون ارگانولپتیک نمونه‌های مختلف کیک را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، جایگزینی بخشی از آرد با سطوح متفاوت نشاسته مقاوم، بطور معنی‌داری تمامی پارامترهای مورد بررسی را در مقایسه با نمونه شاهد با کاهش روبرو ساخت بصورتی که کمترین امتیازات فاکتورهای ظاهر، طعم، آروما و بافت به نمونه محتوی ۳۰ درصد فیبر اختصاص یافت. در میان تیمارها، در مورد فاکتورهای ظاهر و آروما، با افزایش سطح نشاسته مقاوم هیچ تفاوتی مشاهده نشد. در مقابل، فاکتورهای طعم و بافت تفاوت معنی‌داری را با افزایش میزان فیبر نشان دادند. بصورتی که نمونه‌های شاهد و کیک‌های محتوی ۵ درصد نشاسته مقاوم بالاترین و نمونه‌های محتوی ۲۵ و ۳۰ درصد کمترین امتیازات را به خود اختصاص دادند. شایان ذکر است که سطوح ۱۵ و ۲۰ درصد از این فیبر نیز امتیازات متوسط رو به بالایی را کسب کردند. با وجود همه این تفاوت‌ها، امتیازهای بالای بدست آمده در مورد بیشتر کیک‌ها نشان داد که نمونه-

های محتوی نشاسته مقاوم می‌توانند رضایت مصرف‌کنندگان را جلب نمایند. سودا و همکاران (۲۰۰۶)، آيادی و همکاران (۲۰۰۹) و گومز و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی استفاده از سطوح مختلف انواع فیبرها در کیک‌های گوناگون، به نتایج مشابهی دست یافتند. همچنین، بیکسولی و همکاران (۲۰۰۸)، ماندگاری مافین‌های تهیه شده با سطوح مختلف نشاسته مقاوم را بوسیله روش آنالیز بقا و توزیع ویبال مورد بررسی قرار دادند. بر طبق نتایج بدست آمده، مشخص شد که داده‌های مربوط به دو سطح از نشاسته مقاوم یعنی سطوح صفر و ۲۰ درصد کاملاً متفاوت است. در طول روزهای اولیه نگهداری، درصد عدم پذیرش برای نمونه‌های شاهد در مقایسه با نمونه ۲۰ درصد کمتر بود که این می‌توانست به این دلیل باشد که مصرف‌کنندگان در روزهای اول هنوز طعم و بافت مافین‌های معمول را به خاطر داشتند. اما همان‌طور که زمان در حال سپری شدن بود نتایج معکوسی بدست آمد بصورتی که این بار، عدم پذیرش برای نمونه‌های شاهد بیشتر از نمونه‌های محتوی ۲۰ درصد نشاسته مقاوم بود. این محققان بر این باور بودند که دلیل چنین پدیده‌ای، تغییر کمتر بافت مافین‌های محتوی ۲۰ درصد فیبر با گذشت زمان مشابه آنچه که پیشتر بیان شد می‌باشد. شایان ذکر است، در پایان ۲۳ روز نگهداری، درصد عدم پذیرش برای نمونه‌های تهیه شده با نشاسته مقاوم، کمتر از نمونه کنترل بود. بنابراین با توجه به تاثیر قابل توجه فیبرهای نشاسته مقاوم بر سلامت مصرف‌کننده و همچنین با در نظر گرفتن اثرات آن بر خصوصیات فیزیکی و حسی نمونه‌های کیک، می‌توان سطح ۲۰ درصد از این فیبر ارزشمند را برای استفاده در فرمولاسیون کیک‌های اسفنجی پیشنهاد نمود.

جدول ۲- آنالیز حسی فرمولاسیون‌های مختلف کیک

فرمول	ظاهر	طعم	آروما	بافت	پذیرش کلی
شاهد	۵ ^{a*}	5 ^a	5 ^a	۵ ^a	۵ ^a
%۵	ε ^b	۵ ^a	۵ ^a	۵ ^a	۴/۷۵ ^a
%۱۰	ε ^b	ε ^b	۵ ^a	ε ^b	۴/۲۵ ^{bc}
%۱۵	ε ^b	ε ^b	۵ ^a	ε ^b	۴/۲۵ ^{bc}
%۲۰	ε ^b	ε ^b	۵ ^a	ε ^b	۴/۲۵ ^{bc}
%۲۵	ε ^b	۳ ^c	5 ^a	۳ ^c	۳/۷۵ ^c
%۳۰	ε ^b	۲ ^d	5 ^a	۳ ^c	۳/۵ ^c

* حروف غیر یکسان در هر ستون نشان دهنده اختلاف آماری معنی‌دار در سطح $p \leq 0.01$ می باشد.

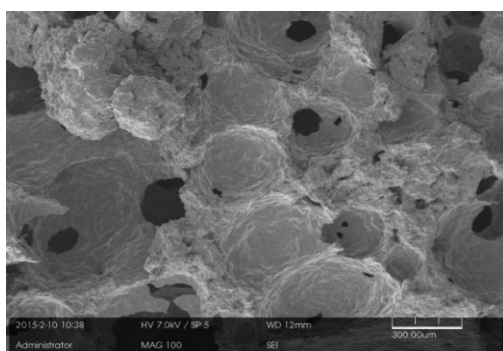
جدول ۳- میزان ترکیبات شیمیایی و انرژی کیک‌های شاهد و منتخب

نوع کیک	میزان پروتئین (درصد)	میزان کربوهیدرات (درصد)	میزان چربی (درصد)	میزان انرژی (کیلوکالری)
شاهد	۳/۱۵	۶۴/۶۸	۱۰/۵	۳۶۵/۸۲
%۲۰	۴/۴۶	۵۲/۱۶	۱۵	۳۶۱/۴۸

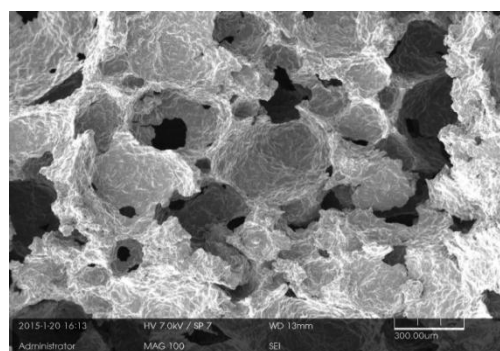
بررسی ریزساختار

شکل ۷، تصاویر ریزساختار نمونه‌های کیک محتوی ۲۰ درصد نشاسته مقاوم و شاهد را با بزرگنمایی ۱۰۰ برابر نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل‌ها مشخص است، ریزساختار نمونه‌ها از نظر موقعیت و اندازه

حفره‌ها و همچنین برجستگی‌ها و فرورفتگی‌های درون بافت، تفاوت قابل توجهی را نشان نمی‌دهد. با توجه به این تصاویر می‌توان تاکید نمود که جانشین‌سازی ۲۰ درصدی آرد با فیبر نشاسته مقاوم با کمترین اثر نامطلوب در ویژگی‌های مختلف کیفی کیک‌ها نظیر بافت همراه خواهد بود.



(ب)



(الف)

شکل ۷- تصاویر ریزساختار میکروسکوپ الکترونی نمونه‌های (الف) شاهد (ب) کیک محتوی ۲۰ درصد نشاسته مقاوم با بزرگنمایی ۱۰۰

حقایق تغذیه‌ای

با توجه به میزان پروتئین، کربوهیدرات و چربی ارائه شده در جدول ۳، میزان انرژی نمونه‌های شاهد و کیک-های محتوی ۲۰ درصد نشاسته مقاوم مورد محاسبه قرار گرفت. همان‌طور که در جدول مشخص است، کیک محتوی فیبر از میزان انرژی کمتری در مقایسه با نمونه شاهد برخوردار بود بصورتی که مقادیر انرژی برای نمونه‌های شاهد و محتوی فیبر به ترتیب ۳۶۵/۸۲ و ۳۶۱/۴۸ کیلوکالری بدست آمد. این تفاوت در میزان انرژی دو نمونه را می‌توان به کاهش میزان مصرفی در فرمولاسیون تهیه کیک نسبت داد. شایان ذکر است که این میزان کاهش انرژی، در عمل و در بدن انسان می‌تواند نمود بیشتری داشته باشد چرا که بر طبق روش‌های اندازه‌گیری، بخش نشاسته مقاوم نیز جزء کل کربوهیدرات‌ها محاسبه شده است در حالی که این فیبر با توجه به ماهیت آن توسط آنزیم‌های گوارشی تجزیه نمی‌گردد.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق جایگزینی ۲۰ درصدی آرد به عنوان یکی از اجزای اصلی تشکیل‌دهنده کیک با فیبرهای نشاسته مقاوم توانست ویژگی‌های فیزیکی و حسی قابل رقابتی را در مقایسه با کیک نمونه شاهد ایجاد نماید. با جایگزین کردن بخشی از آرد با فیبرهای نشاسته مقاوم، نه تنها در برخی پارامترها کمترین تغییرات کاهشی مشاهده شد بلکه برخی فاکتورهای مهم نظیر رطوبت و ویژگی‌های بافتی، تغییرات افزایشی و مثبتی را نشان دادند. بنابراین با توجه به نتایج بدست آمده و با در نظر گرفتن اهمیت کاهش کالری‌زایی محصولات نانویی نظیر کیک و استفاده از ترکیبات عملگرا در آن می‌توان به تولید کیک‌های فراسودمند همراه با دارا بودن خصوصیات فیزیکی و حسی مطلوب امیدوار بود.

تشکر و قدردانی

این محققین بر خود لازم می‌دانند، از شرکت شهرک‌های صنعتی استان گلستان بابت حمایت‌های مادی و معنوی، مراتب سپاس‌گذاری خویش را اعلام دارند.

منابع مورد استفاده

- AACC, American Association of Cereal Chemists. 2010. International. approved methods of analysis. St. Paul: Approved Methods Committee. Available at: [http:// methods.aacenet.org/](http://methods.aacenet.org/).
- Ayadi MA, Abdelmaksoud W, Ennouri M, and Attia H, 2009. Cladodes from *Opuntia ficus indica* as a source of dietary fiber: Effect on dough characteristics and cake making. *Industrial Crops and Products* 30: 40-47.
- Bennion EB, and Bamford GS, 1997. The technology of cake making. London, UK: Blackie Academic and Professional.
- Baixaui R, Salvador A, and Fiszman SM, 2008. Textural and colour changes during storage and sensory shelf life of muffins containing resistant starch. *European Food Research and Technology* 226: 23-30.
- Charalampopoulos D, Wang R, Pandiella SS, and Webb C, 2002. Application of cereals and cereal components in functional foods: A review. *International Journal of Food Microbiology* 79: 131-141.
- Chen H, Rubenthaler GL, Leung HK, and Baranowski JD, 1988. Chemical, physical, and baking properties of apple fiber compared with wheat and oat bran. *Cereal Chemistry* 65: 244-247.
- Fausto FD, Kacchi AI, and Mehta D, 1997. Starch products in confectionery. *Beverage and Food World*, 24: 4-16.
- 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.
- Gomez M, Ronda F, Caballero P, Blanco C, and Rosell CM, 2006. Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes. *Food Hydrocolloids* 21: 167-173.

- Gonzalez S, Gonzalez M.L, and Muniz P, 2009. Presence of Maillard products in Spanish muffins and evaluation of colour and antioxidant potential. *Food and Chemical Toxicology* 47: 798-805.
- Grigelmo-Miguel N, Carreras-Boladeras E, and Martin-Belloso O, 1999. Development of high-fruit-dietary fibre muffins. *European Food Research and Technology* 210: 123-128.
- Haralampu SG, 2000. Resistant starch: A review of the physical properties and biological impact of RS3. *Carbohydrate Polymers* 41: 285-292.
- Jiang Y, and Lie J, 2014. The effect of food toppings on calorie estimation and consumption. *Journal of Consumer Psychology* 24: 63-69.
- Lebesi D, and Tzia C, 2012. Use of endoxylanase treated cereal brans for development of dietary fiber enriched cakes. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 13: 207-214.
- Lunn J, and Buttriss JL, 2007. Carbohydrates and dietary fibre. *Nutrition Bulletin* 32: 21-64.
- Matsakidou A, Blekas G, and Paraskevopoulou A, 2010. Aroma and physical characteristics of cakes prepared by replacing margarine with extra virgin olive oil. *LWT - Food Science and Technology* 43: 949-957.
- Mermelstein NH, 2009. Analyzing for resistant starch. *Food Technology* 4: 80-84.
- Mikulikova D, Masar S, and Kraic J, 2008. Biodiversity of legume health-promoting starch. *Starch* 60: 426-432.
- Nugent AP, 2005. Health properties of resistant starch. *British Nutrition Foundation, Nutrition Bulletin* 30: 27-54.
- Pino R, and Gonzalez ML, 2002. Effects of brown pigments on the texture properties of bakery products. *Meeting Cost*, 9-19.
- Rodriguez-Garcia J, Sahi S, and Hernando I, 2014. Functionality of lipase and emulsifiers in low-fat cakes with inulin. *LWT - Food Science and Technology* 58: 173-182.
- Rosli WI, Jauharah CMZ, Robert SD, and Aziz AI, 2014. Young Corn Ear Enhances Nutritional Composition and Unchanged Physical Properties of Chiffon Cake. *APCBEE Procedia* 8: 277-281.
- Sajilata MG, Singhal RS, and Kulkarni PR, 2006. Resistant starch, A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 5: 1-17.
- Sharma A, Yadav BS, and Ritika, 2008. Resistant starch: Physiological roles and food applications. *Food Reviews International* 24: 193-234.
- 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: 686-692.
- Tharanathan RN, 2002. Food-derived carbohydrates: Structural complexity and functional diversity. *Critical Reviews in Biotechnology* 22: 65-84.
- Trasande L, Cronk C, Durkin M, Weiss M, Schoeller D, and Hewitt JB, 2009. Environment and obesity in the national children's study. *Environmental Health Perspectives* 117: 159-166.
- Thorvasldsson K, and Skjoldebrand C, 1998. Water diffusion in bread during baking. *LWT - Food Science and Technology* 31: 58-63.
- Tudorica CM, Kuri V, and Brennan CS, 2002. Nutritional and physicochemical characteristics of dietary fiber enriched pasta. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 50: 47-56.
- Viuda-Martos M, Lopez-Marcos MC, Fernandez-Lopez J, Sendra E, Lopez-Vargas JH, and Perez-Alvarez JA, 2010. The role of fibre in cardiovascular diseases: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 9: 240-258.
- Wilderjans E, Luyts A, Brijs K, and Delcour J, 2013. Ingredient functionality in batter type cake making. *Trends in Food Science & Technology* 30: 6-15.
- Wilderjans E, Pareyt B, Goesaert H, Brijs K, and Delcour JA, 2008. The role of gluten in a pound cake system: A model approach based on gluten–starch blends. *Food Chemistry* 110: 909-915.

Effect of resistant starch on physical and organoleptic attributes of sponge cakes

Y Maghsoudlou^{1*}, E Ahmadi², Mh Azizi³, M Alami⁴ and M Ghorbani⁴

Received: March 06, 2015

Accepted: October 03, 2015

¹Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

²Ph.D Student, Department of Food Science and Technology, Faculty of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

³Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

⁴Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

*Corresponding author: Email: y.maghsoudlou@gau.ac.ir

Abstract

In this study, the effect of substituting resistant starch on qualitative properties of sponge cake with the aim of preparing functional cake with lesser calories and minimum quality loss was evaluated. The effect of resistant starch fiber at levels 5, 10, 15, 20, 25 and 30% (by weight flour) on various properties of cakes including moisture, height, color and texture were tested. The results showed that fiber cakes, compared to control samples contained more moisture but showed no significant change in the color and height parameters. Also, the results of the texture profile analysis indicated that increased levels of fibers caused significant changes in some parameters of texture instrumental. Based on the results of sensory tests and despite all the differences with the control sample, cakes containing resistant starch achieved high scores of consumer satisfaction. Also, after calculating the energy contents of selective and control samples, cakes containing resistant starch had lesser energy contents.

Key Words: Cake, Resistant Starch, Sensory Test, Texture Profile Analysis