



بهبود کیفیت کیک بدون گلوتن با استفاده از آرد برنج قهوه‌ای و سفید و صمغ‌های اسفروزه، فارسی و

قدومه شیرازی

نغمه علائی بخش^۱، علیرضا فرجی^{۲*}، فریبا نقی پور^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی گرایش زیست فناوری مواد غذایی، دانشکده علوم و فن آوری‌های نوین،

واحد علوم پزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲- گروه شیمی آلی، دانشکده شیمی دارویی، واحد علوم پزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۳- مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

چکیده

اطلاعات مقاله

امروزه افزایش کیفیت و ارزش تغذیه‌ای مواد غذایی مورد مصرف بیماران مبتلا به سلیاک توجه بسیاری از محققین را به خود جلب نموده است. از این‌رو هدف از انجام این پژوهش بررسی امکان بهبود خصوصیات کمی و کیفی خمیر و کیک بدون گلوتن توسط جایگزینی آرد برنج سفید با آرد برنج قهوه‌ای در سه سطح صفر، ۵۰ و ۱۰۰ درصد در حضور صمغ‌های بومی ایران (اسفروزه، فارسی و قدومه شیرازی هر کدام به صورت مجزا و به میزان ۱ درصد) بود. نتایج نشان داد که با افزایش میزان جایگزینی آرد برنج قهوه‌ای و افزودن صمغ‌ها، میزان ویسکوزیته خمیر افزایش یافت در حالیکه میزان وزن مخصوص خمیر با افزایش میزان آرد برنج قهوه‌ای و افزودن صمغ‌ها به ترتیب افزایش و کاهش پیدا کرد. هم‌چنین میزان پروتئین، چربی، رطوبت، سفتی بافت محصول با میزان جایگزینی آرد برنج قهوه‌ای افزایش یافت در حالی که افزودن صمغ‌ها تنها بر روی رطوبت و سفتی بافت تأثیرگذار بود، به گونه‌ای که با افزودن صمغ‌ها میزان سفتی بافت کاهش و میزان رطوبت محصول افزایش نشان داد. در خصوص میزان حجم مخصوص و تخلخل کیک بدون گلوتن نیز نتایج گویای آن بود که با افزایش میزان جایگزینی آرد برنج قهوه‌ای و استفاده از صمغ‌ها میزان این دو پارامتر به ترتیب کاهش و افزایش یافت. از طرفی صمغ اسفروزه نسبت به دو صمغ دیگر از توانایی بیشتری در بهبود خصوصیات محصول نهایی برخوردار بود. از سوی دیگر نتایج نشان داد با افزایش میزان جایگزینی آرد برنج قهوه‌ای میزان مؤلفه‌های L^* و a^* پوسته نمونه‌ها به ترتیب دارای روند نزولی و صعودی بود در حالیکه افزودن صمغ‌ها تنها باعث افزایش میزان مؤلفه L^* شد. در نهایت داوران چشایی با ارزیابی خصوصیات حسی، دو نمونه حاوی صفر درصد آرد برنج قهوه‌ای به همراه صمغ اسفروزه و نمونه حاوی ۵۰ درصد آرد برنج قهوه‌ای و صمغ اسفروزه را به‌عنوان بهترین نمونه معرفی نمودند.

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۲۹

کلمات کلیدی:

بیماری سلیاک،

بدون گلوتن،

برنج قهوه‌ای،

صمغ‌های بومی ایرانی،

کیک روغنی.

DOI: 10.22034/FSCT.19.128.69

DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.128.16.1

* مسئول مکاتبات:

alireza_ch57@yahoo.com

۱- مقدمه

به طور معمول در تولید کیک از آرد گندم که حاوی گلوتن است، استفاده می‌شود. اما با توجه به شیوع بیماری سلولیک تولید کیک‌های بدون گلوتن در اکثر مناطق جهان رو به گسترش است و آرد برنج مهمترین غله‌ای است که به علت نداشتن گلوتن، می‌تواند بدین منظور مورد استفاده قرار گیرد [۱]. افراد مبتلا به سلولیک بعد از مصرف غذاهای حاوی گلوتن دچار اختلال در هضم می‌شوند. ادامه چنین حالتی به مدت طولانی منجر به صدمه پرزهای موجود در روده کوچک، التهاب روده کوچک و اختلال در جذب چندین ماده مغذی مهم نظیر آهن، اسید فولیک، کلسیم و ویتامین‌های محلول در چربی می‌شود. بروز این نارسایی‌ها سبب یبوست، کم‌خونی، دردهای شکمی، نفخ، خستگی، ناباروری و پوکی استخوان می‌گردد و در صورت عدم درمان، زمینه سرطان روده ایجاد می‌شود [۲]. از سوی دیگر شایان ذکر است که تنها راه درمان بیماری سلولیک استفاده از یک رژیم غذایی فاقد پروتئین‌های گروه پرولامین یا اصطلاحاً بدون گلوتن در تمام طول عمر بیمار است [۳]. علاوه بر این مشتقات گندم، جو و چاودار نیز بایستی از رژیم غذایی فاقد گلوتن حذف شوند و غلات و شبه غلات فاقد گلوتن در تولید این دسته از محصولات مورد استفاده قرار گیرند [۴]. برنج یکی از مناسب‌ترین غلات جهت تولید محصولات فاقد گلوتن برای بیماران مبتلا به سلولیک می‌باشد که علت این امر ویژگی‌های آن از جمله طبیعی بودن، عدم ایجاد حساسیت، بی‌رنگی و طعم ملایم آن می‌باشد [۵]. پس از برداشت شلتوک از اراضی کشاورزی آن‌را خشک و سپس آسیاب کرده تا پوست آن جدا شود و در این مرحله محصول بدست آمده را برنج قهوه‌ای می‌نامند. برنج قهوه‌ای هنوز حاوی لایه سبوس بوده که اگر فرآیند آسیابانی را ادامه دهند برنج سفید حاصل می‌شود. میزان پروتئین آرد برنج قهوه‌ای از آرد برنج سفید بالاتر می‌باشد. هم‌چنین برنج قهوه‌ای نسبت به برنج سفید دارای مقادیر بیشتر اسید آمینه لیزین بوده که این امر به دلیل مقادیر بالاتر لیزین آلبومین موجود در لایه خارجی آلرون می‌باشد [۶]. ارزش بیولوژیکی این ترکیب و آرد آن به ترتیب ۶۷ الی ۸۹ و ۶۱ الی ۸۱ است [۷]. برنج قهوه‌ای نسبت به برنج سفید ترکیبات تغذیه‌ای بیشتر خصوصاً فیبرهای رژیمی، ویتامین، ترکیبات فنولیک و آنتی‌اکسیدان بیشتری دارد [۸]. این محصول دارای اندیس گلیسمی پایین

[۹] بوده درحالی‌که برنج سفید دارای اندیس گلیسمی بالاتری (۶۹-۵۸) می‌باشد [۱۰] که همین امر استفاده از برنج قهوه‌ای را برای افراد مبتلا به دیابت مطلوب می‌نماید [۱۱]. در حقیقت در فرآیند تولید برنج قهوه‌ای، فقط پوشش خارجی دانه (گلول) حذف شده و مابقی پوشش و غشاها به همراه دانه باقی می‌ماند، بنابراین از نظر کیفیت تغذیه‌ای، برنج قهوه‌ای در مقایسه با برنج سفید (فاقد آلرون و پوسته) از مواد مغذی، بخصوص ویتامین‌ها (تیامین، ریوفلاوین و نیاسین)، املاح (منگنز، سلنیوم و منیزیم) پروتئین، چربی و فیبر بیشتری برخوردار است [۱۲].

از طرفی ذکر این نکته ضروری است که ماتریکس پروتئینی گلوتن که عامل اصلی خواص مهم خمیر نظیر کشش‌پذیری، مقاومت در برابر کشش، قابلیت اتساع، تحمل در حین اختلاط و توانایی نگهداری گاز در محصولات صنایع پخت می‌باشد، در آرد برنج وجود ندارد. یکی از روش‌های تحکیم بافت محصولات صنایع پخت استفاده از هیدروکلئیدها و موسیلاژ دانه‌ای می‌باشد. موسیلاژهای دانه‌ای و پلی‌ساکاریدهای گیاهی به آسانی در دسترس می‌باشند و به دلیل قیمت مناسب اهمیت ویژه‌ای دارند و اکثر آن‌ها در فرمولاسیون‌های غذایی قابل استفاده هستند [۱۳]. از انواع هیدروکلئیدهای بومی می‌توان به صمغ‌های اسفرزه، فارسی (زدو) و قدومه شیرازی اشاره نمود که در پروژه حاضر در فرمولاسیون کیک مورد استفاده قرار گرفت. در همین راستا ناجی طبسی و محبی (۲۰۱۵) اثر صمغ دانه شاهی روی ویژگی‌های ساختاری نان بدون گلوتن بر پایه آرد برنج را مورد بررسی قرار داده و بیان داشتند افزودن هیدروکلئیدها باعث افزایش خلل و فرج شده و هم‌چنین در طی زمان نگهداری اثر مثبت روی رنگ پوسته محصول خواهد داشت. ایشان هم‌چنین عنوان کردند صمغ دانه شاهی با تشکیل لایه ضخیم بر روی پایداری سلول‌های گازی اثر گذاشته و باعث منظم شدن و یکنواخت شدن آن‌ها در نان بدون گلوتن می‌شود [۱۴]. هم‌چنین بیک‌زاده و همکاران (۱۳۹۷) به بررسی اثر صمغ‌های اسفرزه و گزانتان بر ویژگی‌های فیزیکی، بیاتی و حسی کیک اسفنجی پرداختند. نتایج این محققان نشان داد که در طی روزهای نگهداری پس از پخت، بالاترین میزان رطوبت و کمترین میزان سفتی متعلق به نمونه حاوی ۰/۲۵ درصد صمغ گزانتان ۰/۷۵ درصد صمغ اسفرزه بود. هم‌چنین عنوان داشتند که ویژگی‌های نمونه‌های کیک اسفنجی حاوی ۰/۷۵

درصد صمغ اسفرزه مشابه نمونه‌های حاوی ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد صمغ تجاری گزانتان می‌باشد [۱۵].

از این رو با توجه به مطالب بیان شده در خصوص بیماری سلیاک و مزایای استفاده از برنج قهوه‌ای، هدف از انجام این پژوهش بررسی امکان تولید کیک روغنی بدون گلوتن با استفاده از آرد برنج قهوه‌ای و همچنین افزودن صمغ‌های بومی ایرانی (اسفرزه، فارسی و قدومه شیرازی) به منظور تقلید از خواص پروتئین گلوتن بود، به گونه‌ای که محصول بدون گلوتن تولیدی دارای خصوصیات کمی و کیفی مطلوب باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

آرد برنج سفید و قهوه‌ای مورد استفاده در فرمولاسیون نمونه‌های کیک روغنی بدون گلوتن تولیدی با نام تجاری ۱۱۱ (استان مازندران، شهر بابل)، از فروشگاه‌های معتبر خریداری شد. همچنین صمغ‌های بومی مورد استفاده در پژوهش حاضر (صمغ‌های اسفرزه، فارسی و قدومه شیرازی) از فروشگاه اینترنتی ریحان گام پارسین تهیه گردید. مقدار مورد نیاز از این ترکیبات برای انجام آزمایشات به صورت یکجا تهیه و در سردخانه با دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری شد. سایر مواد اولیه و مواد شیمیایی مورد استفاده در تحقیق حاضر نیز به ترتیب از فروشگاه‌های معتبر در سطح شهر و شرکت مرک آلمان تهیه شد. شربت اینورت نیز مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۸۰۲۵ تهیه گردید [۱۶].

۲-۲- روش‌ها

۲-۲-۱- ارزیابی خصوصیات فیزیکوشیمیایی آرد برنج

سفید و قهوه‌ای

ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آرد برنج سفید و قهوه‌ای مانند رطوبت، پروتئین، خاکستر و چربی بر اساس روش‌های استاندارد تدوین شده در انجمن شیمی دانان غلات آمریکا ($AACC^1$) (۲۰۰۰) اندازه‌گیری شد. میزان رطوبت مطابق استاندارد شماره ۱۶-۴۴، پروتئین ۱۰-۴۶، خاکستر ۰۱-۰۸ و چربی ۱۰-۳۰ ارزیابی گردید [۱۷]. میزان فیبر نیز طبق روش رانگانایاکی و همکاران (۲۰۱۲) تعیین شد [۱۸].

۲-۲-۲- تهیه خمیر و تولید کیک روغنی بدون گلوتن

مواد اولیه کیک روغنی بدون گلوتن شامل ۱۰۰ درصد آرد برنج سفید، ۲۵ درصد پودر شکر، ۳۶ درصد تخم‌مرغ، ۵۰ درصد آب، ۳۶ درصد روغن، ۱۲ درصد شربت اینورت، ۲ درصد بیکنینگ پودر، ۰/۵ درصد صمغ گوار، ۰/۲ درصد وانیل و آب به میزان لازم بود (مقدار موارد بر اساس وزن مخلوط آرد برنج می‌باشد) (نمونه شاهد). آرد برنج قهوه‌ای در سطح صفر، ۵۰ و ۱۰۰ درصد جایگزین آرد برنج سفید شد و در هر یک از تیمارهای تحقیق به میزان یک درصد از صمغ‌های اسفرزه، فارسی و قدومه شیرازی (هر یک به صورت مجزا)؛ استفاده گردید.

به طور کل جهت تهیه کیک در ابتدا روغن، پودر شکر و تخم‌مرغ با استفاده از یک همزن برقی (Electra EK-230M، ساخت کشور ژاپن) با سرعت ۱۲۸ دور در دقیقه و در مدت زمان ۶ دقیقه مخلوط شد تا یک کرم حاوی حباب‌های هوا ایجاد گردد. سپس آب، صمغ‌ها و شربت اینورت به این کرم اضافه گردید و عمل همزدن ادامه یافت. در مرحله بعد بیکنینگ پودر و وانیل به آرد برنج سفید و قهوه‌ای اضافه گردید و مخلوط حاصل به صورت تدریجی به کرم افزوده شد. سپس با استفاده از یک قیف پارچه‌ای ۵۵ گرم از خمیر تهیه شده، درون کاغذهای مخصوص کیک که درون قالب‌ها قرار گرفته بودند، ریخته شد. عمل پخت در فر الکتریکی (MIWE، ساخت کشور آلمان) در دمای ۱۷۰ درجه سلسیوس و به مدت زمان ۲۰ دقیقه انجام گردید. پس از سرد شدن، هر یک از نمونه‌ها در کیسه‌های پلی اتیلنی به منظور ارزیابی خصوصیات کمی و کیفی، بسته‌بندی و در دمای محیط نگهداری شد [۱۹].

۲-۲-۳- ارزیابی خصوصیات فیزیکوشیمیایی خمیر

کیک روغنی بدون گلوتن

ویسکوزیته

ویسکوزیته خمیر نمونه‌های کیک با استفاده از ویسکومتر چرخشی بروکفیلد در محدوده سرعت برشی ۱/۹ تا ۷۶ بر ثانیه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شدند [۲۰].

وزن مخصوص

جهت اندازه‌گیری این کمیت حجم مشابهی از خمیر کیک و آب دوبار تقطیر در یک درجه حرارت یکسان وزن گردید. با

1. American Association of Cereal Chemists (AACC)

تقسیم وزن خمیر کیک به وزن آب دوبار تقطیر، وزن مخصوص خمیر کیک محاسبه شد [۲۱].

۲-۲-۴- ارزیابی خصوصیات کیفی و کمی کیک روغنی بدون گلوتن

اندازه‌گیری میزان رطوبت

میزان رطوبت نمونه‌های تولیدی مطابق با استاندارد AAC (۲۰۰۰) شماره ۱۶-۴۴ اندازه‌گیری شد [۱۷].

اندازه‌گیری میزان پروتئین

محتوای پروتئین نمونه‌های تولیدی مطابق با استاندارد AAC (۲۰۰۰) شماره ۱۰-۴۶ اندازه‌گیری شد [۱۷].

اندازه‌گیری میزان روغن

میزان روغن نمونه‌های تولیدی مطابق با استاندارد AAC (۲۰۰۰) شماره ۱۰-۳۰ ارزیابی گردید [۱۷].

اندازه‌گیری میزان حجم مخصوص

برای اندازه‌گیری حجم مخصوص نمونه‌های تولیدی، از روش جایگزینی حجم با دانۀ کلزا^۲ مطابق با استاندارد AAC شماره ۱۰-۷۲ استفاده شد. برای این منظور قطعه مکعب شکل به ابعاد ۲۵ میلی‌متر با استفاده از یک چاقوی اره‌ای از هر نمونه جدا و توزین گردید و سپس درون یک سیلندر با حجم مشخص از دانه کلزا قرار گرفت و افزایش حجم یادداشت شد. در انتها از تقسیم حجم به وزن نمونه‌ها میزان حجم مخصوص گزارش گردید [۱۷].

اندازه‌گیری میزان تخلخل و رنگ پوسته

ارزیابی میزان تخلخل و رنگ پوسته کیک، با استفاده از تکنیک پردازش تصویر انجام شد. در ابتدا به منظور ارزیابی میزان تخلخل یک قطعه نمونه به ابعاد ۲۵ میلی‌متر توسط یک چاقوی اره‌ای جدا گردید و از هر سه مقطع آن با استفاده از اسکنر (مدل: HP Scanjet G3010) با وضوح ۶۰۰ پیکسل تصاویر تهیه و در اختیار نرم‌افزار Image J قرار داده شد و با محاسبه نسبت نقاط روشن به تاریک، میزان تخلخل نمونه‌ها برآورد گردید. در نهایت میانگین تخلخل محاسبه شده برای هر سه مقطع نمونه به‌عنوان عدد نهایی تخلخل گزارش شد [۲۲].

در ادامه به منظور تعیین سه شاخص L^* ، a^* و b^* از هر دو پوسته بالای و پایینی تصاویری با استفاده از اسکنر تهیه و در بخش Plugins نرم‌افزار فضای LAB فعال و شاخص‌های

فوق محاسبه شد و میانگین اعداد به‌دست آمده برای دو پوسته به‌عنوان مؤلفه‌های رنگ گزارش گردید [۲۳].

ارزیابی سفتی بافت

ارزیابی بافت کیک در فواصل زمانی یک و هفت روز پس از پخت، با استفاده از دستگاه بافت‌سنج انجام گرفت [۲۴]. حداکثر نیروی مورد نیاز برای نفوذ یک پروب استوانه‌ای با انتهای صاف (۲ سانتی‌متر قطر در ۲/۳ سانتی‌متر ارتفاع) با سرعت ۳۰ میلی‌متر در دقیقه از مرکز کیک، به‌عنوان شاخص سفتی^۳ محاسبه گردید. شایان ذکر است که به منظور دستیابی دقیق به میزان سفتی بافت داخلی کیک، قلعه‌ی کیک با یک چاقوی اره‌ای جدا گردید. نقطه شروع^۴ و نقطه هدف^۵ به ترتیب ۰/۰۵ نیوتن و ۳۰ میلی‌متر بود.

ارزیابی خصوصیات حسی

به منظور ارزیابی ویژگی‌های حسی مانند فرم و شکل، پوک‌ی و تخلخل، سفتی و نرمی بافت و بو، طعم و مزه که به‌ترتیب دارای ضریب رتبه ۴، ۲، ۲ و ۳ بودند، از روش هدونیک ۵ نقطه‌ای (۱: بسیار نامطلوب، ۲: نامطلوب و... ۵: بسیار مطلوب) استفاده شد. هریک از نمونه‌های کیک را ۱۰ داور ارزیابی کردند. میزان پذیرش کلی نمونه‌های تولیدی با استفاده از رابطه ۱؛ گزارش گردید [۲۵].

$$Q = \frac{\sum(P \times G)}{\sum P}$$

رابطه ۱:

که در آن: Q= پذیرش کلی، P= ضریب رتبه صفات و G= ضریب ارزیابی صفات است.

۲-۲-۵- طرح آماری و روش آنالیز نتایج

نتایج بدست آمده از این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین منظور از یک طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل دو عامله که عامل اول میزان جایگزینی آرد برنج سفید با آرد برنج قهوه‌ای (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ درصد) و عامل دوم نوع صمغ مصرفی (اسفرزه، فارسی و قدومه شیرازی) بود، استفاده گردید. نمونه‌ها در سه تکرار تهیه شده و میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح معنی‌داری ۵ درصد ($P < 0.05$) مورد مقایسه قرار گرفتند. در انتها برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

3. Hardness
4. Trigger Point
5. Target Value

2. Rape seed displacement

۳- نتایج و بحث

۳-۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی آرد برنج

نتایج ارزیابی خصوصیات فیزیکوشیمیایی آرد برنج سفید و قهوه‌ای مورد استفاده در فرمولاسیون کیک بدون گلوتن تخمیری در جدول ۱ آورده شده است.

Table 1 Physicochemical properties of rice flour and brown rice flour

Physicochemical properties (%)	Rice flour	Brown rice flour
Moisture	10.02 ± 0.01	10.33 ± 0.00
Protein	10.30 ± 0.02	12.35 ± 0.13
Ash	0.29 ± 0.00	1.57 ± 0.06
Fat	1.27 ± 0.03	3.23 ± 0.12
Fiber	0.29 ± 0.01	1.58 ± 0.00

۳-۲- خصوصیات خمیر کیک بدون گلوتن

۳-۲-۱- ویسکوزیته

امیری عقدایی و همکاران (۱۳۹۱) تأثیر موسیلاژ دانه‌های ریحان و اسفرزه بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، رئولوژیکی و حسی بستنی نرم را مورد بررسی قرار داده و بیان داشتند با افزودن موسیلاژ دانه‌های مذکور در فرمولاسیون اولیه بر میزان قوام محصول افزوده شد [۲۸] که در این راستا گوارداو همکاران (۲۰۰۴) توانایی جذب سریع و بالای آب توسط صمغ‌ها و ترکیبات حاوی موسیلاژ را عامل این امر دانستند [۲۹]. از طرفی پرنلو همکاران (۲۰۰۲) با بررسی اثر هیدروکلوئیدهای مختلف، تشکیل شبکه زلی توسط این ترکیبات در بافت خمیر محصولات صنایع

تأثیر جایگزینی سطوح متفاوت آرد برنج قهوه‌ای با آرد برنج سفید و افزودن صمغ‌های بومی (اسفرزه، فارسی و قدومه شیرازی) بر میزان ویسکوزیته خمیر نمونه‌های کیک بدون گلوتن در شکل ۱ آورده شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود افزایش سطح جایگزینی آرد برنج قهوه‌ای و افزودن صمغ‌های مورد استفاده در فرمولاسیون کیک باعث افزایش معنی‌دار میزان ویسکوزیته خمیر گردید ($P < 0.05$). البته در خصوص افزایش میزان این پارامتر در بین عملکرد صمغ‌های مورد استفاده تفاوت معنی‌داری مشاهده شد به گونه‌ای که نمونه‌های حاوی صمغ اسفرزه، صمغ قدومه شیرازی و صمغ فارسی به ترتیب از ویسکوزیته بالاتری نسبت به نمونه شاهد برخوردار بودند.

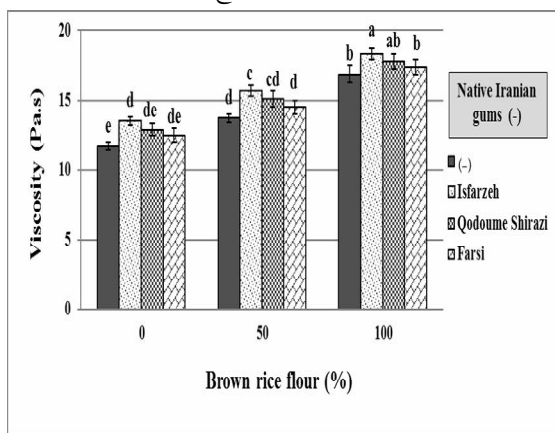


Fig 1 Effect of rice flour replacement by brown rice flour and native Iranian gums addition on viscosity of gluten free cake batter (Means with different letters differ significantly in $p < 0.05$)

پخت را فاکتوری مؤثر بر افزایش قوام معرفی کردند [۳۰]. هم‌چنین در خصوص تفاوت توانایی صمغ‌های مورد استفاده در افزایش ویسکوزیته مطالعاتی صورت گرفته است که در این رابطه مصطفوی و همکاران (۱۳۹۶) رفتار رئولوژیکی مخلوط صمغ کنیرا با صمغ‌های قدومه شیرازی، فارسی و خرنوب را مورد بررسی قرار داده و مشاهده نمودند صمغ قدومه شیرازی

در واقع با توجه به اینکه میزان پروتئین و فیبر آرد برنج قهوه‌ای از آرد برنج سفید بیشتر می‌باشد [۲۶] بنابراین افزایش میزان ویسکوزیته در حضور آرد برنج قهوه‌ای را می‌توان به جذب آب بالا توسط پروتئین‌ها و فیبرهای این ترکیب و ایجاد شبکه‌ای داخلی در خمیر کیک بدون گلوتن نسبت داد. در همین راستا غریب بی‌بالان و همکاران (۱۳۹۲) بررسی اثر افزودن سبوس برنج بر خواص رئولوژیکی خمیر و ترکیب شیمیایی کیک روغنی را مورد بررسی قرار داد و نتایج این محققین نشان داد با افزودن سبوس برنج به آرد گندم، جذب آب، زمان گسترش خمیر و ارزش والوریمتری افزایش و درجه سست شدن خمیر در مقایسه با نمونه شاهد کاهش یافت (در سطح ۵ درصد) [۲۷]. از سوی دیگر نتایج این بخش بیانگر افزایش قوام خمیر کیک بدون گلوتن با افزایش صمغ مورد استفاده در فرمولاسیون این محصول بود. در این زمینه

تولیدی می‌گردد [۳۴]. هم‌چنین زائری و همکاران (۱۳۹۸) نیز صمغ‌های دانه لوکاست و گزانتان (۰/۲، ۰/۴ و ۰/۶ درصد) به‌عنوان جایگزین چربی بر خواص فیزیکی‌شیمیایی، رئولوژیکی و حسی کیک روغنی را مورد بررسی قرار داده و مشاهده نمودند با افزودن صمغ‌های مذکور دانسیته خمیر کاهش یافت که ایشان علت این امر را به میزان بیشتر حباب‌های هوای موجود در خمیر ارتباط دادند [۳۵]. سوهان آجینی و همکاران (۱۳۹۶) هم در پژوهشی مشابه در تحقیقات خود بیان نمودند که کیک‌های روغنی حاوی بیشترین مقادیر صمغ، از کمترین میزان دانسیته برخوردار بودند [۳۶].

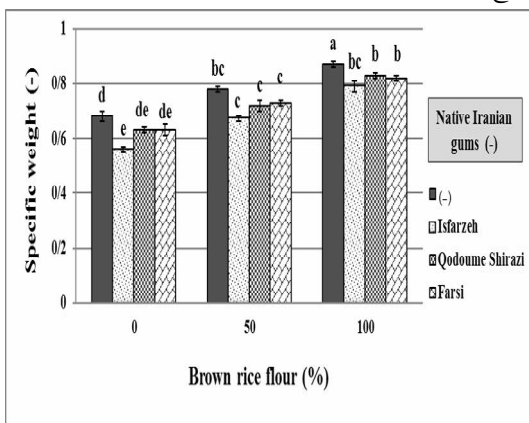


Fig 2 Effect of rice flour replacement by brown rice flour and native Iranian gums addition on specific weight of gluten free cake batter (Means with different letters differ significantly in $p < 0.05$)

۳-۳-۳- خصوصیات کیک بدون گلوتن

۳-۳-۳-۱- رطوبت، پروتئین و روغن

با افزایش سطح جایگزینی آرد برنج قهوه‌ای و افزودن صمغ‌های مورد استفاده در فرمولاسیون کیک، میزان رطوبت محصول نهایی افزایش یافت ($P < 0/05$). البته در خصوص افزایش میزان این پارامتر در بین عملکرد صمغ‌های مورد استفاده تفاوت معنی‌داری مشاهده شد به گونه‌ای که نمونه‌های حاوی صمغ اسفرزه نسبت به نمونه‌های حاوی صمغ قدومه شیرازی و صمغ فارسی از رطوبت بالاتری برخوردار بود، درحالی‌که بین دو صمغ قدومه شیرازی و صمغ فارسی تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید (جدول ۲).

از سوی دیگر نتایج نشان داد که تنها افزایش سطح جایگزینی آرد برنج قهوه‌ای در فرمولاسیون کیک باعث افزایش معنی‌دار میزان پروتئین و روغن محصول نهایی گردید ($P < 0/05$). با

در غلظت ۰/۲ درصد از توانایی بیشتر نسبت به صمغ فارسی در افزایش ویسکوزیته برخوردار می‌باشد، درحالی‌که توانایی آن از صمغ کتیرا کمتر است [۳۱]. عسکری و همکاران (۱۳۸۷) نیز استخراج هیدروکلوئید پوسته دانه اسفرزه و خواص رئولوژیکی آن را مورد مطالعه قرار داده و بیان داشتند هیدروکلوئید دانه اسفرزه به دلیل توانایی بالا برای ایجاد ویسکوزیته می‌تواند جایگزین مناسبی برای مواد غلیظ‌کننده‌های همچون کتیرا، آلژینات سدیم و کربوکسی متیل سلولز گردد [۳۲].

۳-۲-۲- وزن مخصوص

همان‌گونه که در شکل ۲ مشاهده می‌شود افزایش سطح جایگزینی آرد برنج قهوه‌ای و افزودن صمغ‌های مورد استفاده در فرمولاسیون خمیر کیک به ترتیب باعث افزایش و کاهش معنی‌دار میزان وزن مخصوص خمیر گردید ($P < 0/05$). هم‌چنین ملاحظه گردید که نمونه‌های حاوی صمغ اسفرزه از وزن مخصوص کمتری نسبت به نمونه‌های حاوی صمغ قدومه شیرازی و صمغ فارسی برخوردار بودند در حالی‌که بین عملکرد دو صمغ قدومه شیرازی و صمغ فارسی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. با توجه به بررسی‌های صورت گرفته می‌توان گفت که افزایش میزان وزن مخصوص در حضور آرد برنج قهوه‌ای را می‌توان از یک طرف به جذب آب بالا توسط پروتئین‌ها و فیبرهای این ترکیب و از طرف دیگر افزایش ویسکوزیته خمیر کیک بدون گلوتن نسبت داد. از سوی دیگر نتایج این بخش بیانگر کاهش وزن مخصوص خمیر کیک بدون گلوتن با افزایش صمغ‌های مورد استفاده در فرمولاسیون این محصول بود. در این زمینه رحیمی و همکاران (۱۳۹۸) فرمولاسیون کیک فنجان‌ی کم چربی استفاده از صمغ دانه‌بارهنگرا مورد بررسی قرار داده و بیان داشتند با افزایش میزان این صمغ در فرمولاسیون، وزن مخصوص خمیر کاهش می‌یابد. ایشان در این خصوص عنوان داشتند هیدروکلوئیدها (نظیر صمغ بارهنگ) می‌توانند جایگزین مناسبی برای گلوتن باشند. حضور یک صمغ با خاصیت ژل‌کنندگی می‌تواند نقص حاصل از فقدان گلوتن را پوشش دهد و در حفظ حباب‌های هوای ورودی طی فرآیند بهم زدن خمیر مؤثر باشد و موجبات کاهش وزن مخصوص را مهیا کند [۳۳]. در این راستا آشورینی و همکاران (۲۰۰۹) در تحقیقات خود بیان نمودند که افزودن سطوح مختلف صمغ‌ها موجب افزایش هوادهی در خمیرهای

سوی دیگر با توجه به این موضوع که میزان پروتئین و روغن آرد برنج سفید بیشتر می‌باشد، پر واضح است که افزایش میزان این ترکیب در فرمولاسیون کیک بدون گلوتن باعث افزایش میزان پروتئین و روغن محصول نهایی می‌شود. در همین راستا غریب بی‌بالان و همکاران (۱۳۹۲) بررسی اثر افزودن سبوس برنج بر خواص رئولوژیکی خمیر و ترکیب شیمیایی کیک روغنی را مورد بررسی قرار داد و بیان داشتند با افزایش میزان سبوس برنج در فرمولاسیون کیک روغنی میزان چربی نهایی محصول افزایش یافت که ایشان نیز علت این امر را به میزان بالای روغن موجود در این ترکیب نسبت داد [۲۷].

توجه به اینکه میزان پروتئین و فیبر آرد برنج قهوه‌ای از آرد برنج سفید بیشتر می‌باشد [۲۶]. بنابراین افزایش میزان رطوبت در حضور آرد برنج قهوه‌ای را می‌توان به جذب آب بالا توسط پروتئین‌ها و فیبرهای این ترکیب نسبت داد. از سوی دیگر توانایی هیدروکلئیدها در حفظ محتوای رطوبتی، ناشی از خاصیت آبدوستی آن‌ها (وجود گروه‌های هیدروکسیل) می‌باشد. در این زمینه رجبی محمد آباد و همکاران (۱۳۹۸) نیز اثر سطوح متفاوت صمغ فارسی بر بافت، ریزساختار و ویژگی‌های حسی کیک روغنی زعفرانی را مورد بررسی قرار داده و نتایج ایشان نشان داد، افزایش صمغ فارسی در فرمولاسیون سبب افزایش رطوبت محصول نهایی شد [۳۷]. از

Table 2 Effect of rice flour replacement by brown rice flour and native Iranian gums addition on moisture content, protein and fat of gluten free cake

Brown rice flour (%)	Gum	Moisture (%)	Protein (%)	Fat (%)
0	-	16.2±0.2 ^d	8.1±0.2 ^c	14.2±0.2 ^c
	Isfarzeh	18.9±0.3 ^b	8.2±0.2 ^c	14.5±0.3 ^c
	Qodoume Shirazi	18.3±0.4 ^{bc}	8.3±0.2 ^c	14.3±0.2 ^c
	Farsi	18.4±0.2 ^{bc}	8.2±0.2 ^c	14.1±0.2 ^c
50	-	17.7±0.1 ^c	9.5±0.1 ^b	15.5±0.3 ^b
	Isfarzeh	20.0±0.4 ^{ab}	9.4±0.4 ^b	15.6±0.4 ^b
	Qodoume Shirazi	19.2±0.3 ^b	9.6±0.3 ^b	15.7±0.3 ^b
	Farsi	19.2±0.5 ^b	9.4±0.3 ^b	15.7±0.5 ^b
100	-	18.4±0.2 ^{bc}	11.0±0.2 ^a	17.2±0.2 ^a
	Isfarzeh	20.5±0.4 ^a	11.1±0.4 ^a	17.1±0.4 ^a
	Qodoume Shirazi	20.1±0.5 ^{ab}	11.0±0.0 ^a	17.0±0.4 ^a
	Farsi	20.2±0.5 ^{ab}	11.0±0.5 ^a	17.0±0.3 ^a

(Means in each column with different letters differ significantly in $p < 0.05$)

توانایی انبساط و افزایش حجم را از دست داده و در برابر انبساط از خود مقاومت نشان می‌دهد. در این راستا نقی‌پور و همکاران (۱۳۹۲) در مطالعات خود در زمینه کیک بدون گلوتن بیان نمودند هنگام استفاده از ترکیباتی نظیر صمغ و پودر شیر سویا (یک منبع پروتئینی) چنانچه میزان این افزودنی‌ها در فرمولاسیون بیش از حد مورد نیاز باشد، می‌تواند از طریق افزایش بیش از حد ضخامت دیواره حباب‌های هوا، مانع از انبساط آن‌ها در طی فرآیند پخت شود و بالطبع نه تنها افزایش حجمی در محصول نهایی نخواهیم داشت، بلکه بافتی فشرده و سفت مشاهده خواهیم نمود [۳۸].

همچنین میزان تخلخل در ارتباط مستقیم با تعداد سلول‌های گازی و مهم‌تر از آن توزیع یکنواخت آن‌ها در بافت محصول می‌باشد [۳۹]. با عنایت به بررسی بخش ارزیابی بافت و حجم مخصوص کیک بدون گلوتن قابل انتظار بود که تخلخل محصول با افزایش سطح جایگزینی آرد برنج قهوه‌ای در

۳-۲-۳- حجم مخصوص و تخلخل بافت

همانگونه در شکل ۳ مشاهده می‌گردد، افزایش سطح جایگزینی آرد برنج قهوه‌ای و افزودن صمغ‌های مورد استفاده در فرمولاسیون کیک به ترتیب باعث کاهش و افزایش معنی‌دار میزان حجم مخصوص و تخلخل بافت نمونه‌ها گردید ($P < 0.05$). به گونه‌ای که نمونه‌های حاوی صمغ اسفرزه از حجم مخصوص و تخلخل بیشتری نسبت به نمونه حاوی صمغ قدومه شیرازی و صمغ فارسی برخوردار بودند.

حجم مخصوص یکی از پارامترهای مهم در محصولاتی همانند کیک می‌باشد. به طور کلی پیوستگی حباب‌های هوا در حین مخلوط کردن و حفظ آن در طول پخت در ایجاد حجم مناسب تأثیر گذار است [۲۷]. کاهش میزان حجم مخصوص در حضور آرد برنج قهوه‌ای را می‌توان به افزایش ویسکوزیته و افزایش وزن مخصوص خمیر کیک بدون گلوتن نسبت داد. به نظر می‌رسد با افزایش دو پارامتر مذکور خمیر

فرمولاسیون کیک کاهش یابد. چرا که میزان تخلخل محصول در ارتباط با بافت و حجم مخصوص آن می‌باشد. از سوی دیگر نتایج بیانگر افزایش حجم مخصوص و تخلخل کیک بدون گلوتن با افزایش صمغ‌های مورد استفاده در فرمولاسیون این محصول بود. در این راستا گاولیقی و همکاران (۲۰۰۶) عنوان کردند هیدروکلوئیدها باعث پایداری سیستم خمیر در طی استراحت می‌شوند که این امر منجر به افزایش قدرت خمیر جهت نگهداری سلول‌های گازی در طی پخت می‌گردد. در نتیجه آن خروج گازها از سیستم کاهش یافته و حجم نان بهبود می‌یابد [۴۰].

۳-۳-۳- رنگ پوسته

نتایج نشان داد که با افزایش سطح جایگزینی آرد برنج قهوه‌ای و افزودن صمغ‌ها در فرمولاسیون کیک میزان مؤلفه L^* پوسته محصول به ترتیب کاهش و افزایش یافت (جدول ۳) ($P < 0.05$). شایان ذکر است که نمونه‌های حاوی صمغ اسفزه از میزان مؤلفه L^* پوسته بالاتری نسبت به نمونه حاوی صمغ قدومه شیرازی و صمغ فارسی برخوردار بودند. این در حالی بود که تنها با افزایش سطح جایگزینی آرد برنج قهوه‌ای در فرمولاسیون کیک میزان مؤلفه a^* پوسته محصول افزایش یافت و با افزایش سطح جایگزینی آرد برنج قهوه‌ای و افزودن صمغ‌ها، میزان مؤلفه b^* پوسته محصول بدون تغییر باقی ماند ($P < 0.05$).

رنگ پوسته کیک در طی فرآیند پخت و به دلیل انجام واکنش‌های میلارد (بین آمینو اسید و قند احیاءکننده) و کاراملیزاسیون قندها به وجود می‌آید [۴۱]. به نظر می‌رسد با افزایش میزان جایگزینی آرد برنج قهوه‌ای به دلیل اینکه این ترکیب از میزان پروتئین بیشتری نسبت به آرد برنج سفید برخوردار می‌باشد طی فرآیند پخت واکنش میلارد تشدید شده و در نتیجه رنگ محصول به قرمز و قهوه‌ای متمایل می‌شود می‌شود که این امر باعث کاهش روشنایی (مؤلفه L^*) و افزایش مؤلفه a^* سطح کیک بدون گلوتن خواهد شد [۴۲]. از طرفی صالح و همکاران (۲۰۱۹) بیان داشتند برنج قهوه‌ای به علت وجود مقدار بالای فیبر در مقایسه با برنج سفید از رنگ تیره‌تری برخوردار می‌باشد که این امر نیز می‌تواند باعث کاهش میزان روشنایی سطح کیک بدون گلوتن می‌شود [۲۷]. هم‌چنین سوخون‌تارا (۲۰۱۷) کاربرد آرد برنج قهوه‌ای در کیک

فرمولاسیون کیک کاهش یابد. چرا که میزان تخلخل محصول در ارتباط با بافت و حجم مخصوص آن می‌باشد.

از سوی دیگر نتایج بیانگر افزایش حجم مخصوص و تخلخل کیک بدون گلوتن با افزایش صمغ‌های مورد استفاده در فرمولاسیون این محصول بود. در این راستا گاولیقی و همکاران (۲۰۰۶) عنوان کردند هیدروکلوئیدها باعث پایداری سیستم خمیر در طی استراحت می‌شوند که این امر منجر به افزایش قدرت خمیر جهت نگهداری سلول‌های گازی در طی پخت می‌گردد. در نتیجه آن خروج گازها از سیستم کاهش یافته و حجم نان بهبود می‌یابد [۴۰].

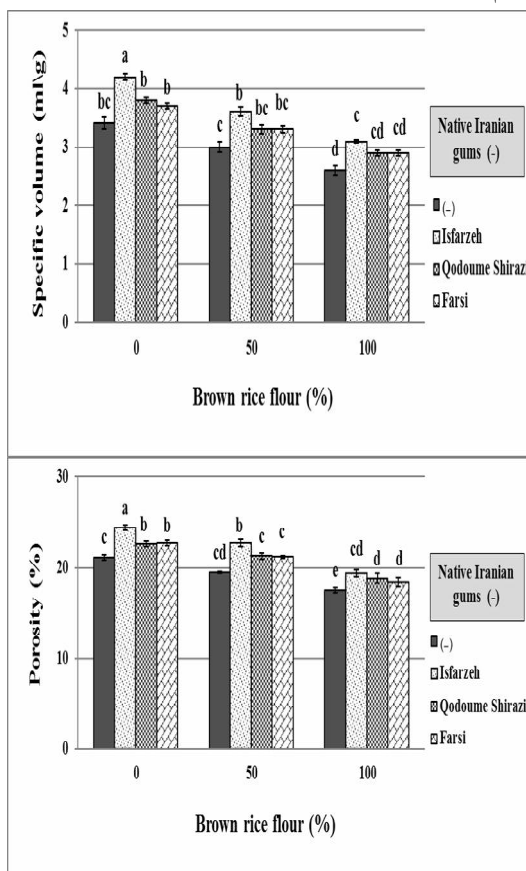


Fig 3 Effect of rice flour replacement by brown rice flour and native Iranian gums addition on specific volume and porosity of gluten free cake (Means with different letters differ significantly in $p < 0.05$)

هم‌چنین رجیبی محمد آباد و همکاران (۱۳۹۸) اثر سطوح متفاوت صمغ فارسی (صفر، ۰/۳، ۰/۶، ۱ درصد) بر بافت، ریزساختار و ویژگی‌های حسی کیک روغنی زعفرانی (بر پایه ۷۵ درصد آرد گندم و ۲۵ درصد آرد ارزن) را مورد بررسی قرار داده و نتایج ایشان نشان داد، افزایش صمغ فارسی در

L* پوسته محصول نهایی شد. ایشان در این خصوص بیان داشتند صمغ فارسی به احتمال زیاد با نگهداری و حفظ رطوبت بیشتر در محصول نسبت به نمونه شاهد، سطحی هموار و یکنواخت در پوسته ایجاد نموده که به موجب آن انعکاس نور از سطح محصول تولیدی افزایش یافته و درخشندگی و روشنایی بیشتری ایجاد شده است [۳۷]. هم‌چنین صالحی و اخلاص (۲۰۱۸) اثر صمغ بذر مریم گلی وحشی روی ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر و کیفیت کیک اسفنجی را مورد مطالعه قرار داده و بیان داشتند میزان مؤلفه L* با افزودن میزان این صمغ در فرمولاسیون، افزایش می‌یابد [۴۴].

خرمایی (بدون گلوتن بر پایه آرد برنج) را مورد بررسی قرار داده و نتایج ایشان نشان داد با افزایش میزان این ترکیب در فرمولاسیون میزان مؤلفه L* و مؤلفه a* محصول به ترتیب کاهش و افزایش می‌یابد [۴۳].

از سوی دیگر نتایج این بخش بیانگر افزایش میزان مؤلفه L* پوسته کیک بدون گلوتن با افزودن صمغ مورد استفاده در فرمولاسیون این محصول بود. در این زمینه رجیبی محمدآباد و همکاران (۱۳۹۸) اثر سطوح متفاوت صمغ فارسیرا بر بافت، ریزساختار و ویژگی‌های حسی کیک روغنی زعفرانی را مورد بررسی قرار داده و نتایج ایشان نشان داد، افزایش صمغ فارسی تا سطح ۰/۶ درصد در فرمولاسیون سبب افزایش میزان مؤلفه

Table 3 Effect of rice flour replacement by brown rice flour and native Iranian gums addition on crust color of gluten free cake

Brown rice flour (%)	Gum	L* (-)	a* (-)	b* (-)
0	-	54.00±1.3 ^{bc}	15.6±0.3 ^c	21.2±1.0 ^a
	Isfarzeh	61.24±0.2 ^a	15.5±0.3 ^c	22.2±0.5 ^a
	Qodoume Shirazi	57.36±0.5 ^b	15.5±0.5 ^c	21.8±0.0 ^a
	Farsi	58.16±0.6 ^b	15.6±0.3 ^c	21.2±0.5 ^a
50	-	46.60±0.7 ^d	17.8±0.1 ^b	21.7±0.0 ^a
	Isfarzeh	53.12±1.4 ^{bc}	17.9±0.4 ^b	21.5±0.2 ^a
	Qodoume Shirazi	50.78±0.5 ^c	17.8±0.4 ^b	21.6±0.7 ^a
	Farsi	50.46±0.6 ^c	17.8±0.2 ^b	22.2±0.2 ^a
100	-	39.60±0.3 ^e	20.2±0.3 ^a	22.5±0.1 ^a
	Isfarzeh	45.20±0.5 ^d	20.2±0.5 ^a	21.7±1.0 ^a
	Qodoume Shirazi	42.17±0.5 ^{de}	20.0±0.5 ^a	22.0±0.9 ^a
	Farsi	42.21±0.6 ^{de}	20.1±0.4 ^a	21.9±0.3 ^a

(Means in each column with different letters differ significantly in p<0.05).

نشاسته بر می‌گردد [۴۵]. همان‌گونه که در قسمت نتایج مشاهده گردید، افزایش سطح جایگزینی آرد برنج قهوه‌ای در فرمولاسیون کیک باعث افزایش معنی‌دار میزان سفتی بافت محصول در هر دو بازه زمانی یک و هفت روز پس از پخت گردید. با توجه به نتایج بخش اندازه‌گیری ویسکوزیته و اینکه میزان فیبر آرد برنج قهوه‌ای از آرد برنج سفید بیشتر می‌باشد [۲۷]. بنابراین افزایش میزان سفتی بافت در حضور آرد برنج قهوه‌ای را می‌توان به جذب آب بالا توسط فیبرهای این ترکیب و هم‌چنین افزایش ویسکوزیته خمیر نسبت داد. در همین راستا سوخونتارا (۲۰۱۷) کاربرد آرد برنج قهوه‌ای در کیک خرمایی (بدون گلوتن بر پایه آرد برنج) را مورد بررسی قرار داده و نتایج ایشان نشان داد با افزایش میزان این ترکیب در فرمولاسیون میزان سفتی محصول افزایش می‌یابد. ایشان در این خصوص بیان نمودند احتمالاً به دلیل محتوای فیبری بالای این ترکیب انبساط سلول‌های گازی محدود شده است [۴۳].

۳-۳-۴- سفتی بافت

همان‌گونه که مشاهده می‌شود افزایش سطح جایگزینی آرد برنج قهوه‌ای و افزودن صمغ‌های مورد استفاده در فرمولاسیون کیک به ترتیب باعث افزایش و کاهش معنی‌دار میزان سفتی بافت محصول نهایی در هر دو بازه زمانی یک و هفت روز پس از پخت، گردید ($P < 0.05$). هم‌چنین نمونه‌های حاوی صمغ اسفرزه نسبت به نمونه‌های حاوی صمغ قدومه شیرازی و صمغ فارسی از سفتی بافت کمتری برخوردار بود، درحالی‌که بین دو صمغ قدومه شیرازی و صمغ فارسی تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید (جدول ۴). سفتی نان در طی نگهداری معمولاً به خشک شدن مغز نسبت داده می‌شود. ولی مکانیسم این تغییرات فراتر از یک مهاجرت ساده از مغز به پوسته می‌باشد. فرآیند سفت شدن بافت عمدتاً به دو علت می‌باشد که عبارتند از سفتی ناشی از انتقال رطوبت از مغز به پوسته و سفت شدن ذاتی مواد سلولی که به کریستالیزاسیون مجدد

[۲۷]. از سوی دیگر ترکیبات مذکور این توانایی را دارند که با رشته‌های آمیلوز پیوند برقرار کرده و مانع از اتصال رشته‌های آمیلوزی به یکدیگر (رتروگراداسیون) شود [۴۳]. در این زمینه رجبی محمد آباد و همکاران (۱۳۹۸) نیز اثر سطوح متفاوت صمغ فارسی بر بافت، ریزساختار و ویژگی‌های حسی کیک روغنی زعفرانی را مورد بررسی قرار داده و نتایج ایشان نشان داد، افزایش صمغ فارسی تا سطح ۰/۶ درصد در فرمولاسیون سبب کاهش میزان سفتی بافت محصول نهایی شد [۳۷].

از سوی دیگر نتایج این بخش بیانگر کاهش میزان سفتی بافت کیک بدون گلوتن (در هر دو بازه زمانی یک و هفت روز پس از پخت) با افزودن صمغ مورد استفاده در فرمولاسیون این محصول بود. وجود گروه‌های هیدروکسیل در ساختار صمغ‌ها و واکنش متقابل این گروه‌ها با آب از طریق پیوند هیدروژنی، سبب افزایش جذب آب می‌شود؛ هم‌چنین صمغ‌ها به علت محبوس کردن آب در ساختار خودخواص جریانی مشابه چربی را ایجاد می‌کنند و در نتیجه سبب نرمی بافت می‌شوند

Table 4 Effect of rice flour replacement by brown rice flour and native Iranian gums addition on firmness of gluten free cake during storage

Brown rice flour (%)	Gum	Firmness (N)	
		First day	Seventh day
0	-	13.3±0.3 ^d	18.1±0.4 ^c
	Isfarzeh	11.4±0.3 ^c	16.5±0.6 ^d
	Qodoume Shirazi	12.1±0.4 ^{de}	16.7±0.8 ^d
	Farsi	12.0±0.5 ^{de}	16.8±0.6 ^d
50	-	15.7±0.1 ^a	21.8±0.6 ^b
	Isfarzeh	13.5±0.4 ^d	18.6±0.5 ^c
	Qodoume Shirazi	14.2±0.4 ^{cd}	20.0±0.5 ^{bc}
	Farsi	14.3±0.2 ^{cd}	20.1±0.4 ^{bc}
100	-	19.3±0.3 ^a	23.9±0.2 ^a
	Isfarzeh	17.6±0.4 ^b	21.3±0.7 ^b
	Qodoume Shirazi	18.5±0.6 ^{ab}	23.1±0.8 ^{ab}
	Farsi	18.4±0.5 ^{ab}	23.0±0.4 ^{ab}

(Means in each column with different letters differ significantly in $p < 0.05$)

قرار داده و نتایج ایشان نشان داد با افزایش میزان این ترکیب در فرمولاسیون میزان امتیاز رنگ محصول کاهش می‌یابد.

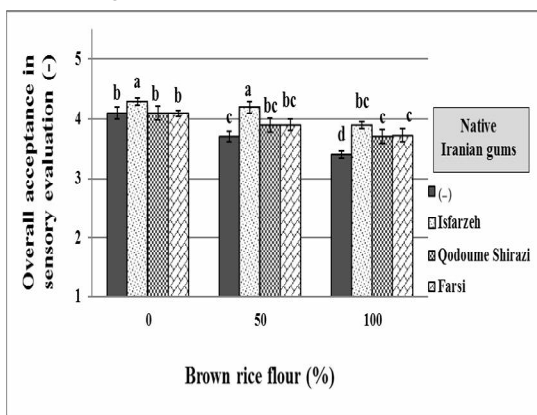


Fig 4 Effect of rice flour replacement by brown rice flour and native Iranian gums addition on overall acceptance of gluten free cake in sensory evaluation (Means with different letters differ significantly in $p < 0.05$)

هم‌چنین براساس نتایج به‌دست آمده از ارزیابی بافت طی هر دو بازه زمانی مورد ارزیابی، انتظار می‌رفت که داوران چشایی به نمونه‌های دارای بالاترین سطوح مصرف آرد برنج قهوه‌ای و

۳-۳-۵- پذیرش کلی در آزمون حسی

افزایش سطح جایگزینی آرد برنج قهوه‌ای و افزودن صمغ‌های مورد استفاده در فرمولاسیون کیک به ترتیب باعث کاهش و افزایش معنی‌دار میزان امتیاز پذیرش کلی محصول گردید (شکل ۴) ($P < 0.05$). البته در خصوص افزایش میزان این پارامتر در بین عملکرد صمغ‌های مورد استفاده تفاوت معنی‌داری مشاهده شد به گونه‌ای که نمونه‌های حاوی صمغ اسفرزه از میزان مقبولیت بیشتری نسبت به نمونه حاوی صمغ قدومه شیرازی و صمغ فارسی برخوردار بودند در حالی که بین عملکرد دو صمغ قدومه شیرازی و صمغ فارسی تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید. با توجه به بخش ارزیابی شاخص‌های رنگ، آرد برنج قهوه‌ای به دلیل وجود ترکیبات فیبری رنگ‌دار و هم‌چنین میزان بالای پروتئین (باعث تشدید واکنش‌های میلارد شده) رنگ محصول را تیره می‌کنند که این امر باعث تیره شدن سطح کیک بدون گلوتن می‌شود [۴۲]. در همین راستا سوخوتنارا (۲۰۱۷) کاربرد آرد برنج قهوه‌ای در کیک خرمایی (بدون گلوتن بر پایه آرد برنج) را مورد بررسی

- [3] Niewinski, M. 2008. Advances in celiac disease and gluten-free diet. *Journal of the American Dietetic Association*, 108: 661-672.
- [4] Haboubi, N.Y., Taylor, S., and Jones, S. 2006. Coeliac disease and oats: a systematic review. *Postgrad. Medicine Journal*, 82: 672-678.
- [5] Gujral, H.S., Guardiola, I., Carbonell, J.V., and Rosser, C.M. 2003. Effect of cyclodextrinase on dough Rheology and bread quality from rice flour. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51: 3814-3818.
- [6] Tamura, S., and Kenmohi, K. 1963. Studies on amino acids content of rice. III. Distribution of amino acid in rice grain. *Nippon NageikagakuKaishi*, 37:735.
- [7] Sure, B., and House, F. 1948. The relative biological values of proteins in cereal grains. *Journal of Nutrition*, 36: 595.
- [8] Pitiwiwattanakul, V., Phimphilai, S., Nuglor, S., and Chiyasut, C. 2011. Effects of germinating conditions on antioxidant properties, total polyphenol and phytate contents in quick-cooking husked Hom Dam Sukhothai 2 rice. *Asian Journal of Food Agro-Industry*, 4(5): 297-305.
- [9] Alencar, N.M., Steel, C.J., Alvim, I.D., de Morais, E.C., and Bolini, H.M. 2015. Addition of quinoa and amaranth flour in glutenfree breads: Temporal profile and instrumental analysis. *LWT-Food Science and Technology*, 62(2):1011-8.
- [10] Foster-Powell, K., Susanna, H.A.H., and Brand- Miller, J. 2002. International tables of glycemic index and glycemic load value. *American Journal of Clinical Nutrition*, 62: 5-56.
- [11] Kumar, S.B., and Prabhasankar, P. 2014. Low glycemic index ingredients and modified starches in wheat based food processing: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 35: 32-41.
- [12] Peighambardoust, S.H. 2009. Cereal Products Technology, Tabriz: University of Medical Sciences Publications, Volume 1.
- [13] Karazhiyan, H., Razavi, S.M.A., and Phillips, G.O. 2011. Optimization of hydrocolloid extraction from garden seed (*Lepidium Sativum*) using Response Surface Methodology. *Food Hydrocolloids*, 25: 915-920.
- [14] Naji-Tabasi, S., and Mohebbi, M. 2015. Evaluation of cress seedgum and xanthan

بدون صمغ امتیاز پایین تری بدهند، زیرا این نمونه از سایر نمونه‌ها سفتی بیشتری داشت. این در حالی بود که افزودن صمغ‌ها باعث بهبود امتیاز بافت محصول می‌شود، به گونه‌ای که ارزیابان حسی اذعان داشتند محصول بافت یکپارچه تری داشت [۴۳].

هم‌چنین به نظر می‌رسد نمونه‌هایی که از بافتی بهتر برخوردار بودند و توانایی نگهداری مواد مولد عطر و طعم را داشتند امتیاز طعم بیشتری را کسب نمودند. در نهایت ارزیابان حسی به دو نمونه حاوی صمغ اسفرزه و ۱۰۰ درصد آرد برنج سفید و صمغ اسفرزه ۵۰ درصد آرد برنج قهوه‌ای بیشترین امتیاز را تخصیص دادند.

۴- نتیجه گیری

به نظر می‌رسد که با افزایش تشخیص تعداد بیماران مبتلا به سلیاک در کشور، بایستی به تولید و توزیع مواد اولیه مورد استفاده در این محصولات به ویژه انواع آردهای بدون گلوتن توجه بیشتری نمود. در این راستا می‌توان به استفاده از آرد برنج قهوه‌ای که حاوی مقادیر بیشتری از ترکیبات فیبری می‌باشد، اشاره نمود که در تحقیق حاضر جایگزین آرد برنج سفید موجود در فرمولاسیون شد و به همراه صمغ‌های بومی که ترکیبات طبیعی و سالم می‌باشند، در تولید کیک روغنی به عنوان یک میان وعده پرمصرف مورد استفاده قرار گرفت. با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان بیان داشت جایگزینی آرد برنج قهوه‌ای با آرد برنج سفید تا سطح ۵۰ درصد در فرمولاسیون کیک بدون گلوتن با حضور ۱ درصد صمغ اسفرزه تأثیر نامطلوبی در خصوصیات کمی و کیفی محصول ایجاد ننموده و منجر به افزایش ارزش تغذیه‌ای کیک بدون گلوتن خواهد شد.

۵- منابع

- [1] Gelinas, P., and Gullet, M. 1999. Relative effects of ingredients on cake staling based on an accelerated shelf-life test. *Journal of Food Science*, 64: 937-940.
- [2] Gallagher, E., Gormley, T.R., and Arendt, E.K. 2003. Crust and crumb characteristics of gluten free breads. *Journal of Food Engineering*, 56: 153-161.

- consumer research. Academic press Inc. U.S.A, 360-366.
- [26] Saleh, A.S.M., Wang, P., Wang, N., Yang, L., and Xiao, Zh. 2019. Brown Rice Versus White Rice: Nutritional Quality, Potential Health Benefits, Development of Food Products, and Preservation Technologies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(4): 1070-1096.
- [27] Gharib bibalan, Gh., Atayesalehi, S., and Mohammad Sani, A. 2013. Investigation of the effect of adding rice bran on the rheological properties of dough and the chemical composition of oily cakes. *Innovation in Food Science and Technology (Food Science and Technology)*, 5(2): 1-7 [in Persian].
- [28] Amiri Aghdaei, S.S. Aalami, M., Rezaei, R., Dadpour, M., and Khomeiri, M. 2012. Effect of isfarzeh and basil seed mucilages on physicochemical, rheological and sensory properties of ice cream. *Research and Innovation in Food Science and Technology*, 1(1): 23-38 [in Persian].
- [29] Guarda, A., Rosell, C.M., Benedito, C., and Galotto, M.J. 2004. Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents. *Food Hydrocolloids*, 18: 214-247.
- [30] Pernell, C.W., Luck, P.J., Foegeading, E.A., and Daubert, C.R. 2002. Heat -induced changes in angel food cakes containing egg -white protein or whey protein isolate. *Journal of Food Science*, 67(8): 2945-2951.
- [31] Mostafavi, F., Kadkhodai, R., Emadzadeh, F., and Koochaki, A. 2017. Evaluating Rheological Behaviour of Tragacanth Gum Blend with Qodoume Shirazi, Farsi and Locust Bean Gums. *Journal of Food Science and Technology*, 63(14): 129-141 [in Persian].
- [32] Askari, H., Farahnaki, A., Amin lari, M., Majzobi, M., Mesbahi, Gh. 2008. Extraction of Pomegranate Seed Hydrocolloid and Investigation of Its Rheological Properties. *18th National Congress of Food Science and Technology*, Mashhad, 1-13 [in Persian].
- [33] Rahimi, Sh., Sheikholeslami, Z., and SeyedainArdebili, S.M. 2020. The formulation of low-fat cupcake by using Plantago major L. gum. *Journal of Food Science and Technology*, 97(1): 13-28 [in Persian].
- gum effect on macrostructure properties of gluten-free bread by image processing. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 9(1): 110-119.
- [15] Beikzadeh, S., Peighambaroust, S.H., Azizi, A., Beikzadeh, M., Asghari Jafar-abadi, M., and Homayouni-Rad, A. 2018. Effect of psyllium seed and xanthan gums on physical, sensory and staling properties of sponge cake. *Journal of Food Science and Technology* 76(15): 141-152 [in Persian].
- [16] Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Invert syrup - specifications. ISIRI no 8025. 1rd edition, Karaj: ISIRI; 2004 [in Persian].
- [17] AACC. 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 10th Ed, *American Association of Cereal Chemists*, St. Paul, MN.
- [18] Ranganayaki, S., Vidhya, R., and Jaganmohan, R. 2012. Isolation and proximate determination of protein using defatted sesame seed oil cake. *International Journal of Nutrition and Metabolism*, 4(10): 141-145.
- [19] Naghipour, F. 2012. Investigate the possibility of producing gluten-free cakes using sorghum, soy milk and guar and xanthan gums. M.Sc. Thesis, Ferdowsi University of Mashhad.
- [20] Salehi, F., Kashaninejad, M., Asadi, F., and Najafi, A. 2016. Improvement of quality attributes of sponge cake using infrared dried button mushroom. *Journal of Food Science and Technology*, 53(3): 1418-1423.
- [21] Ashwini, A., Jyotsna, R., and Indrani, D. 2009. Effect of hydrocolloids and emulsifiers on the rheological, microstructural and quality characteristics of eggless cake. *Food Hydrocolloids*, 23: 700-707.
- [22] Haralick, R.M., Shanmugam, K., and Dinstein, I. 1973. Textural features for image classification. *IEEE Transactions of ASAE*, 45(6): 1995-2005.
- [23] Sun, D. 2008. Computer vision technology for food quality evaluation. Academic Press, New York.
- [24] Ronda, F., Gomes, M., Blanco, C.A., and Caballero, P.A. 2005. Effects of polyols and no digestible oligosaccharides on the quality of sugar free sponge cakes. *Journal of Food Chemistry*, 90: 549-55.
- [25] Gacula, J.R., Singh, J., Bi, J., and Altan, S. 1984. Statistical methods in food and

- starches on properties of gluten-free dough and bread. Part II: Quality and staling of gluten-free bread. *Food Hydrocolloids*, 29(1): 68-74.
- [40] Gavilighi, H.A., Azizi, M.H., Barzegar, M., and Ameri, M.A. 2006. Effect of selected hydrocolloids on bread staling as evaluated by DSC and XRD. *Journal of Food Technology*, 4(3): 185-188.
- [41] Majzoobi, M., Sharifi, S., Imani, B., and Farahnaky, A. 2013. The effect of particle size and level of rice bran on the batter and sponge cake properties. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 15: 1175-1184.
- [42] Fatemi, H. 2008. Food chemistry. 4th Edition Publications of Publishing Company. Tehran, pp. 30-72.
- [43] Sukhonthara, S. 2017. Using Brown Rice Flour and Alternative Sweetener to Reduce Glycemic Index in Toddy Palm Cake. *Science, Engineering and Health Studies*, 11(1): 17-26.
- [44] Salehi, F., and Ekhlās, S. 2018. The Effects of Wild Sage Seed Gum (*Salvia macrosiphon*) on the Rheological Properties of Batter and Quality of Sponge Cakes. *Islamic Azad University, Science and Research Branch*, 8(2): 41-48.
- [45] Maleki, G., and Milani, J. 2013. Effect of Guar Gum, Xanthan Gum, CMC and HPMC on Dough Rheology and Physical Properties of Barbari Bread. *Food Science and Technology Research*, 19 (3): 353-358.
- [34] Ashwini, A., Jyotsna, R., and Indrani, D. 2009. Effect of hydrocolloids and emulsifiers on the rheological, microstructural and quality characteristics of eggless cake. *Food Hydrocolloids*, 23: 700-707.
- [35] Zaeri, M., Asadollahi, S., and Hashemiravan, N. 2019. Effects of locust bean gum and xanthan gum as a fat substitute on the physicochemical, rheological and sensory properties of oil cake. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 15(1): 55-65 [in Persian].
- [36] Souhan Agini, A., Movahhed, S., and Ahmadi Chenarbon, H. 2017. Effect of Guar and xanthan gums as a part replacement of lipid on the qualitative properties of oily cake. *Journal of Food Science and Technology*, 69(14): 295-306 [in Persian].
- [37] Rajabi Mohammad Aabad, M., Sheikholeslami, Z., and Almasi, M. Evaluation of different levels of Persian gum (Zedu) on texture, microstructure and sensory properties of saffron cup cake. *Journal of Food Science and Technology*, 97(16): 137-148 [in Persian].
- [38] Naghipour, F., Karimi, M., Habibi Najafi, M.B., HadadKhodaparast, M.H., Sheikholeslami, Z., Ghiafeh Davoodi, M., and Sahraiyān, B. 2013. Investigation on production of gluten free cake utilizing sorghum flour, guar and xanthan gums. *Journal of Food Science and Technology*, 41: 127-139 [in Persian].
- [39] Ziobro, R., Korus, J., Witczak, M., and Juszczyk, L. 2012. Influence of modified



Improve the quality of gluten-free cakes using brown and white rice flour and Isfarzeh, Qodoume Shirazi and Farsi gums

Alaie bakhsh, N.¹, Faraji, A.^{2*}, Naghipour, F.³

1. M.Sc Student of Food Sciences, Faculty of Advanced Sciences & Technology, Medical Sciences Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2. Department of Organic Chemistry, Faculty of Medicinal Chemistry, Medical Sciences Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
3. Seed and Plant Improvement Institute, Agriculture Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

ABSTRACT

Today, increasing the quality and nutritional value of food consumed by patients with celiac disease has attracted the attention of many researchers. Therefore, the aim of this study was to investigate the possibility of improving the quantitative and qualitative characteristics of gluten-free cake by replacing brown rice flour at three levels of 0, 50 and 100% by white rice flour in the presence of native Iranian gums (Isfarzeh, Qodoume Shirazi and Farsi separately at level of 1%). Results showed by increasing the amount of replacement of brown rice flour and adding gums, the viscosity of the dough increased, while with increasing the amount of these compounds, the specific gravity of the dough increased and decreased, respectively. The results showed the amount of protein, fat, moisture, firmness of the texture (during both periods) increased with the replacement of brown rice flour, while the addition of gums only affected the moisture and firmness of the texture in such a way that with the addition of gums, the amount of texture firmness decreased and the amount of moisture in the product increased. Regarding the specific volume and porosity of gluten-free cake, the results showed that with increasing the replacement of brown rice flour and the use of gums, the amount of these parameters decreased and increased, respectively. On the other hand, according to the results, among the gums used, Isfarzeh gum had more ability to improve quality of final product in compare o the other gums. According to the results, with increasing the amount of replacement of brown rice flour, the amount of L* and a* components of the samples had a downward and upward trend, respectively, while the addition of gums only increased the amount of L* component. Finally, the panelists evaluated the sensory properties and introduced two samples containing 0% brown rice flour with Isfarzeh gum and sample containing 50% brown rice flour and Isfarzeh gum as the best samples.

ARTICLE INFO

Article History:

Received 2022/ 03/ 30

Accepted 2022/ 06/ 19

Keywords:

Celiac disease,
Gluten free, Brown rice,
Iranian Native Gums,
Cake.

DOI: 10.22034/FSCT.19.128.69

DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.128.16.1

*Corresponding Author E-Mail:
alireza_ch57@yahoo.com