مقاله کامل علمی-پژوهشی

نشریه فرآوری و نگهداری مواد غذایی
جلد سیزدهم، شماره اول، ۱۴۰۰
۵۷-۷۰
http://ejfpp.gau.ac.ir

DOI: 10.22069/EJFPP.2021.16568.1547

تأثیر افزودن آرد ارزن و صمغ زانتان بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی کیک بدون گلوتن

سیما مهاجر خراسانی، مهران اعلمی*، مهدی کاشانی‌نژاد، هدی شهیری طبرستانی

دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۲/۰۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۵/۲۵

چکیده

سابقه و هدف: برنج یکی از غلات مناسب جهت تهیه فرآورده‌های بدون گلوتن برای بیماران مبتلا به سلیاک می‌باشد. این غله ارزشمند با ویژگی‌های تغذیه‌ای منحصر به فرد، حاوی مقادیر کم سدیم، پروتئین، چربی و مقادیر زیادی از پلی‌ساکاریدهای با قابلیت هضم بالا می‌باشد. با توجه به اینکه طی فرآیند شالیکوبی به‌منظور تهیه برنج سفید بخش قابل توجهی از فیبر و مواد معدنی از دست می‌رود، در تهیه فرآورده‌های بدون گلوتن از آرد برنج لازم است از آرد سایر غلات و یا افزودنی‌های مجاز استفاده نمود تا فرآورده حاصل به‌لحاظ مواد مغذی از تعادل مطلوبی برخوردار بوده و نیاز بیماران سلیاکی را تأمین نماید. ارزن غنی از فیبرهای غذایی، پروتئین، موادمعدنی و ویتامین بوده و می‌تواند نیاز بیماران سلیاکی را از این لحاظ تأمین کند. صمغ زانتان نیز از متداولترین افزودنی‌های مجاز در تولید فرآورده‌های بدون گلوتن می‌باشد و به بهبود کیفیت و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی کیک بدون گلوتن کمک می‌کند. هدف از این پژوهش بررسی جایگزینی آرد برنج با آرد ارزن در ترکیب با صمغ زانتان در تولید کیک بدون گلوتن بر پایه برنج به‌منظور ارائه یک فرمولاسیون جدید می‌باشد.

مواد و روش‌ها: در پژوهش حاضر، کیک بدون گلوتن بر پایه آرد برنج و با جایگزینی مقادیر ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد آرد برنج با آرد ارزن و استفاده از مقادیر ۰/۱۵ و ۰/۳ درصد صمغ زانتان تولید شد. سپس ویژگی‌های خمیر و شاخص‌های فیزیکوشیمیایی و حسی کیک بدون گلوتن شامل ویسکوزیته، افت پخت، حجم مخصوص، تخلخل، سفتی بافت، محتوی رطوبت و پذیرش کلی با استفاده از روش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد ارزیابی قرار گرفتند.

یافته‌ها: با افزایش مقدار آرد ارزن، ویسکوزیته خمیر، رطوبت، حجم، تخلخل و نرمی بافت کیک کاهش یافت، اما با افزودن صمغ زانتان ویژگی‌های مذکور افزایش نشان داد ($P<0/05$). همچنین مشخص شد ترکیبی از مقدار مناسب آرد ارزن و صمغ زانتان از طریق ایجاد ویسکوزیته مناسب می‌تواند باعث بهبود ویژگی‌های خمیر و شاخص‌های فیزیکوشیمیایی و حسی کیک گردد. با افزودن آرد ارزن به میزان ۵۰ درصد و صمغ زانتان به میزان ۰/۱۵ درصد، ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی کیک بهبود یافت اما با افزایش بیشتر (۷۵ و ۱۰۰ درصد آرد ارزن و ۰/۳ درصد صمغ زانتان) از کیفیت کیک حاصل کاسته شد.

نتیجه‌گیری: طبق نتایج به‌دست آمده با استفاده از ۵۰ درصد آرد ارزن در ترکیب با ۰/۱۵ درصد صمغ زانتان ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی خمیر و کیک تا حد نمونه کنترل (۱۰۰ درصد آرد برنج) بهبود یافت.

واژه‌های کلیدی: ارزن، برنج، بدون گلوتن، صمغ زانتان، کیک.

*مسئول مکاتبه: mehranalami@gmail.com

مقدمه

تولید و بهبود ویژگی‌های محصولات بدون گلوتن برای بیماران سلیاکی، یکی از چالش‌های مهم در صنایع غذایی می‌باشد. بیماری سلیاک نوعی بیماری خودایمنی گوارشی است که در اثر عدم تحمل گلوتن حاصل می‌شود و موجب التهاب روده کوچک، تخریب پرزهای روده و در نتیجه باعث اختلال در جذب چندین ماده مغذی مانند آهن، اسیدفولیک، کلسیم و ویتامین‌های محلول در چربی می‌شود (۳). امروزه تنها راه درمان این بیماری استفاده از رژیم غذایی فاقد گلوتن می‌باشد. به‌همین منظور غلات بدون گلوتن مانند برنج، ارزن، سورگوم و ذرت می‌توانند برای تولید محصولات بدون گلوتن مورد استفاده قرار گیرند (۶). برنج یکی از غلات مناسب جهت تهیه فرآورده‌های بدون گلوتن برای بیماران مبتلا به سلیاک می‌باشد و اکثر فرآورده‌های بدون گلوتن بر پایه برنج تهیه می‌شوند. برنج دارای ویژگی‌های تغذیه‌ای منحصربه‌فرد، حاوی مقادیر کم سدیم، پروتئین، چربی و مقادیر زیادی کربوهیدرات‌های با قابلیت هضم بالاست (۸). اما از آن‌جا که در فرآیند شالیکوبی به‌منظور تهیه برنج سفید بخش قابل توجهی از فیبر و مواد معدنی از دست می‌رود، ضروری است در تهیه فرآورده‌های بدون گلوتن از آرد برنج، آرد سایر غلات، آرد برخی حبوبات و یا افزودنی‌های مجاز استفاده نمود تا فرآورده حاصل به‌لحاظ مواد مغذی از تعادل مطلوبی برخوردار بوده و نیاز بیماران سلیاکی را تأمین نماید. ارزن غله مقاوم به آفت و بیماری، دارای فصل رشد کوتاه و قابل تولید در شرایط خشکسالی است (۵). این غله ارزشمند غنی از فیبرهای غذایی، پروتئین، موادمعدنی و ویتامین بوده و غذای مناسبی برای بیماران سلیاکی می‌باشد (۲۱). ارزن معمولی یا ارزن پروسو[1] (*Miliaceum panicum*) قدیمی‌ترین نوع کشت شده ارزن بوده و کشت آن در ایران نیز رایج می‌باشد. همچنین با توجه به خشکسالی و کاهش منابع آبی در ایران، استفاده از این دانه امری توجیه‌پذیر می‌باشد. از طرفی تحقیقات اندکی پیرامون استفاده از ارزن در تولید محصولات بدون گلوتن انجام شده است.

در محصولات بدون گلوتن، به‌دلیل فقدان پروتئین گلوتن برخی مشکلات کیفی نظیر حجم کم و بافت ضعیف در محصولات مشاهده می‌شود (۸). از جمله روش‌های معمول برای بهبود کیفیت محصولات بدون گلوتن می‌توان استفاده از هیدروکلوئیدها، پروتئین‌ها و آنزیم‌ها را نام برد. در تهیه خمیر بدون گلوتن، هیدروکلوئیدها اغلب برای ایجاد رفتار ویسکوالاستیک و منسجم گلوتن و افزایش ظرفیت نگهداشت گاز توسط افزایش ویسکوزیته استفاده می‌شوند. ساز و کار عمل هیدروکلوئیدها در خمیر به برهمکنش با مولکول‌های آب، کاهش انتشار آن‌ها و افزایش پایداری سامانه برمی‌گردد (۱۲). صمغ زانتان پلی ساکارید خارج سلولی است که توسط باکتری *زانتاموناس کامپستریس* تولید می‌شود. از جمله ویژگی‌های این صمغ می‌توان به حلالیت در آب سرد و گرم، ایجاد ویسکوزیته بالا در غلظت پایین، پایداری حرارتی و مقاومت نسبت به انجماد- رفع انجماد اشاره کرد. استفاده از این صمغ در به دام انداختن و حفظ حباب‌های هوا در خمیر کیک نقش داشته و باعث افزایش حجم و حفظ رطوبت این فرآورده می‌گردد (۱۸). مطالعات متعددی در خصوص استفاده از آرد سایر غلات و هیدروکلوئیدها، پروتئین‌ها و آنزیم‌ها در تولید محصولات بدون گلوتن صورت گرفته است.

1.Proso millet

در همین راستا گیوها و همکاران (۲۰۱۸) در بررسی تأثیر جایگزینی آرد گندم با آرد ذرت و صمغ زانتان مشاهده کردند استفاده از آرد ذرت تأثیر مثبتی بر حجم مخصوص، نرمی و ارتجاعیت بافت و پذیرش کلی کیک داشت؛ اما استفاده از صمغ زانتان باعث افزایش محتوی رطوبت کیک، سفتی و قابلیت جویدن بافت کیک و کاهش ارتجاعیت و حجم مخصوص کیک گردید. همچنین آن‌ها گزارش کردند نمونه تهیه شده از ۱۲/۷ درصد آرد ذرت و ۰/۴ درصد صمغ زانتان دارای بهترین کیفیت پذیرش کلی بود. جیوتسنا و همکاران (۲۰۱۶) از مخلوط آرد ارزن انگشتی و کنسانتره پروتئین آب پنیر به نسبت‌های مختلف در تهیه مافین استفاده کردند. مافین‌های تهیه شده با ۹۰ درصد آرد ارزن و ۱۰ درصد کنسانتره پروتئین، بیشترین حجم و نمره کیفیت کلی را داشتند. همچنین استفاده از کنسانتره پروتئین آب پنیر موجب کاهش سفتی و افزایش قابلیت ارتجاعی نمونه‌ها شد (۱۴). ترابی و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی تأثیر افزودن صمغ‌های زانتان، گوار، لوبیای لوکاست، کاراگینان و ترکیبی از گوار و زانتان در فرمولاسیون کیک بدون گلوتن حاصل از برنج دریافتند که استفاده از انواع صمغ‌ها به‌طور معنی‌داری بر تخلخل، حجم و بافت کیک تأثیر داشتند و بیشترین تأثیر آن‌ها مربوط به زانتان و ترکیب زانتان و گوار می‌باشد (۲۵). دادور و همکاران (۱۳۹۷) تأثیر استفاده از آرد شاه بلوط و آرد ذرت در نسبت های ۲۵:۷۵، ۵۰:۵۰ و ۷۵:۲۵ و صمغ زانتان در سه سطح ۰/۳، ۰/ ۶ و ۱ درصد را در تولید کیک بدون گلوتن مورد بررسی قرار دادند (۴). بر اساس گزارش این محققان نمونه حاوی ۷۵ درصد آرد شاه بلوط، ۲۵درصد آرد ذرت و ۰/۶ درصد صمغ زانتان بالاترین امتیاز پذیرش‌کلی را بدست آورد (۴). خاتمی و همکاران (۱۳۹۴) در بررسی تأثیر افزودن آرد سورگوم و صمغ زانتان در فرمولاسیون کیک بدون گلوتن بر پایه آرد برنج دریافتند نمونه حاوی ۲۰ درصد آرد سورگوم و ۰/۱ درصد صمغ زانتان بهترین فرمولاسیون از نظر بهبود ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی کیک بود (۱۵). در تحقیقات عوض صوفیان و همکاران (۱۳۹۳) نیز استفاده از صمغ زانتان و کنجاله بادام به‌طور معنی‌داری باعث بهبود ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی کیک بدون گلوتن حاصل از آرد برنج گردید (۲۳).

در مطالعه پژوهشی حاضر نیز از آرد ارزن در سطوح مختلف (۰، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد) و صمغ زانتان در سطوح ۰/۱۵ و ۰/۳ درصد در فرمولاسیون کیک بدون گلوتن بر پایه برنج استفاده شد (سطوح صمغ زانتان با استفاده از آزمون و خطا به دست آمد). نمونه شاهد فاقد آرد ارزن و صمغ زانتان بود. هدف از این پژوهش دستیابی به فرمولاسیون مناسب کیک بدون گلوتن بر پایه برنج از طریق استفاده از آرد ارزن و صمغ زانتان و تأثیر آن‌ها بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی خمیر و کیک بدون گلوتن می‌باشد.

مواد و روش‌ها

مواد اولیه: ارزن مورد استفاده در این تحقیق از نوع ارزن معمولی یا پروسو (*Miliaceum panicum*) بود که در سال ۱۳۹۶ از خراسان رضوی برداشت و توسط آسیاب سنگی به روش سایشی پوست‌گیری شد. همچنین از برنج رقم فجر استفاده شد. ارزن و برنج بعد از شستن با آب شهری در آون با دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به رطوبت ۱۰ درصد خشک شدند. سپس توسط آسیاب آزمایشگاهی آرد (آسان طوس شرق، مدل ۱۰۰۰، ایران) و از الک شماره ۸۰ (با اندازه منافذ ۱۸۰ میکرون) عبور داده شدند. صمغ زانتان (E415) از نمایندگی شرکت Rhodia food فرانسه تهیه شد. پودرقند، تخم مرغ

تـازه، روغـن آفتـابگردان، پـودر پخـت[1] (مخصـوص فرآورده‌های بدون گلوتن) و وانیـل از فروشـگاه‌هـای معتبر موادغذایی تهیه شدند.

روش تهیه خمیر و تولید کیک: کیک‌های پخته شـده در این پژوهش از نوع کیک‌های روغنی نسبت پـایین بوده و با استفاده از روش بنیون و بمفورد (۱۹۹۷) بـا کمـی تغییـرات تهیـه شـدند. روغـن آفتـابگردان (۵۷ درصد براساس وزن آرد) و پودرقنـد (۷۲ درصـد) بـا استفاده از همزن به‌مدت ۴ دقیقه بـا سـرعت متوسـط کاملاً مخلوط شـدند. تخـم مـرغ کامـل (۷۲ درصـد) به‌تدریج به مخلوط اضافه شده و به مدت ۵ دقیقـه بـا سرعت تند همزده شد (۲). آرد ارزن و آرد بـرنج کـه با پودر پخت، وانیل و صمغ زانتان الک شده بودند بـه تدریج و همزمان با آب (۳۰ درصد) به مخلوط اضافه شدند و ۱ دقیقه با سرعت کم مخلوط گردیدند. خمیر کیک در قالب‌هـای آلومینیـومی پخـت ریختـه شـد و کیک‌ها در فر با دمای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد به مـدت ۳۰ دقیقه پخته شدند. بعد از پخت کیـک‌هـا از قالـب خارج شده و در دمای اتاق به مدت یک ساعت خنک شدند. در نهایت کیک‌ها در کیسه‌های پلی اتیلنی بسته بندی شده و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گـراد تـا زمـان آزمون نگهداری شدند. کیک تهیه شده از ۱۰۰ درصـد آرد برنج به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شد.

ارزیابی ویژگـی‌هـای فیزیکوشـیمیایی آرد بـرنج و ارزن: آزمون‌های شـیمیایی آرد بـر اسـاس اسـتاندارد (AACC) شـامل رطوبـت (۱۵-۴۴)، خاکسـتر (۰۱-۰۸)، پروتئین (۱۲-۴۶) وچربی (۱۰-۳۰) انجـام شدند. میزان کربوهیدرات نیز به‌صورت اختلاف میزان رطوبت، خاکستر، پروتئین و چربـی از ۱۰۰ محاسـبه شد (۱).

ویسکوزیته خمیر کیک: ویسکوزیتـه خمیـر کیک توسط ویسکومتر چرخشی بروکفیلد سـاخت آمریکـا (مدل LVDV-II+pro) و با اسپیندل S07 اندازه‌گیـری شد. بدین منظور پس از ریخـتن نمونـه در یـک بشـر ۲۵۰ میلی‌لیتری، میزان ویسکوزیته نمونه‌ها در سرعت ۳۰ دور در دقیقه برحسب پاسکال ثانیه گـزارش شـد (۷).

افت پخت کیک: جهت اندازه‌گیری این کمیـت، وزن خمیر ریخته شده در هر قالـب و وزن کیـک پـس از یک ساعت سرد شدن در دمای محیط اندازه‌گیری شد. سپس میزان افت پخت طبق رابطه‌ی ۱ اندازه‌گیری شد (۲۴) که در آن W_1= وزن خمیر، W_2= وزن کیک بعد از پخت و یک سـاعت سـرد شـدن در دمـای محـیط می‌باشد.

رابطه ۱. $\text{افت پخت} = \frac{(w1-w2)}{w1} \times 100$

حجم مخصوص کیک: حجم مخصوص کیـک‌هـا بـا استفاده از روش جابجایی دانه‌های کلـزا انـدازه‌گیـری شد. در این روش ابتدا وزن و حجم مقدار مشخصـی از دانه‌های کلزا تعیین و دانسیته توده‌ای دانه‌های کلـزا محاسبه شد. سپس کیک کامل به همراه دانه‌های کلـزا در یک ظرف با ابعاد مشخص قرار گرفته، توزین شـد و حجـم کیـک محاسـبه گردیـد. در نهایـت حجـم مخصوص کیک بـا تقسـیم حجـم کیـک بـر وزن آن محاسبه گردید (۱).

تخلخل کیک: به‌منظور ارزیابی میزان تخلخل کیک از روش پردازش تصویر استفاده شد. بدین منظور برشی به ابعاد ۲۰×۲۰×۲۰ میلی‌متر از مغز کیک تهیـه شـد و به وسیله اسکنر (اچ پـی، مـدل SCANJET G3110، آمریکا) با وضوح ۶۰۰ نقطـه در ایـنچ تصـویربرداری شد. سپس تصـویر تهیـه شـده در اختیـار نـرم افـزار Image j نسخه 1.42e قرار گرفت (۱۱).

ارزیابی بافت کیک: بافت مغزکیـک در روز پخـت و همچنین روز هفتم بعد از پخت، با اسـتفاده از آزمـون

1. Baking powder

تجزیه و تحلیل پروفیل بافت[1] (TPA) توسط دستگاه بافت سنج (شرکت استیل میکروسیستم، مدل TA.XT plus، انگلستان) مورد ارزیابی قرار گرفت. برای آماده سازی نمونه پس از برداشتن پوسته کیک، یک قطعه مکعبی ۲۰ ×۲۰×۲۰ میلی‌متر از مغز کیک تهیه شد. سپس با استفاده از یک پروب استوانه‌ای آلومینیومی (قطر ۲۵ میلی‌متر)، به اندازه ۱۰ میلی‌متر (۵۰ درصد) از بافت کیک فشرده شد. سرعت نیروی واردشده حین آزمون ۲ میلی‌متر بر ثانیه و زمان تأخیر بین دو سیکل ۳۰ ثانیه بود. فاکتور سفتی (نیوتن) بافت کیک توسط منحنی نیرو-زمان گزارش شد (۱۶).

رطوبت کیک: میزان رطوبت کیک در روزپخت، سه و هفت روز پس از پخت در طی نگه‌داری مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین منظور ۳ گرم از مغز کیک در ظروف فلزی مخصوص اندازه‌گیری رطوبت که از قبل به وزن ثابت رسیده و توزین شده ریخته شد. پس از ۶۰ ساعت نگه‌داری در دمای محیط به منظور خشک شدن اولیه نمونه، در آون با دمای ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. پس از رسیدن به وزن ثابت، ظرف حاوی نمونه در دیسیکاتور سرد و سپس توزین شد. میزان رطوبت با استفاده از رابطه ۲ تعیین گردید (۱) که در آن W_1= وزن اولیه نمونه و ظرف، W_2= وزن ظرف و نمونه پس از رسیدن به وزن ثابت، m= وزن اولیه نمونه (گرم) می‌باشد.

رابطه ۲. $\text{درصد رطوبت کیک} = \frac{W1-W2}{m} \times 100$

ارزیابی حسی: ویژگی‌های حسی نمونه‌های کیک شامل بافت، رنگ و ظاهر، طعم، بو و پذیرش کلی توسط ده نفر ارزیاب آموزش دیده مورد امتیازدهی قرار گرفتند. به این منظور از روش ارزیابی ۹ نقطه‌ای (۱= بسیار نامطلوب، ۵= متوسط، ۹= بسیار مطلوب) استفاده شد (۷).

آنالیزهای آماری: در این تحقیق کلیه آزمون‌ها در سه تکرار انجام گرفت. در این پژوهش تأثیر دو فاکتور مختلف جایگزینی آرد برنج با آرد ارزن (در سطوح مختلف ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد) و صمغ زانتان (در سطوح ۰/۱۵ و ۰/۳ درصد) بر ویژگی‌های کیک با استفاده از روش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد بررسی قرار گرفت. آنالیز واریانس و مقایسه تیمارها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 انجام گرفت. مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن درسطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

ویژگی‌های شیمیایی آرد ارزن و برنج: ترکیب شیمیایی آرد برنج و آرد ارزن پروسو در جدول ۱ آورده شده است. آرد ارزن در مقایسه با آرد برنج دارای میزان چربی و پروتئین بالاتری است.

ویسکوزیته خمیر: نتایج حاصل از تأثیر استفاده از صمغ زانتان و آرد ارزن بر ویسکوزیته خمیر کیک در شکل ۱ آورده شده است. ویسکوزیته خمیر یکی از ویژگی‌های مهم در پخت کیک محسوب می‌شود و تعیین‌کننده میزان حباب‌های هوا، نحوه توزیع آن‌ها، بافت و پذیرش حسی محصول نهایی می‌باشد (۱۳). ویسکوزیته پایین خمیر موجب کاهش حجم کیک می‌گردد زیرا خمیر توانایی به‌دام انداختن حباب‌های هوا را نداشته و در نتیجه این حباب‌ها به سطح خمیر رفته و در فر پخت از کیک خارج می‌گردند (۴). با این حال ویسکوزیته بالا نیز همیشه موجب افزایش حجم کیک نمی‌گردد و همواره یک ویسکوزیته کافی و بهینه برای به‌وجود آوردن حجم بالا نیاز است (۱۰). نتایج تحقیق حاضر نشان داد با افزودن آرد ارزن به فرمولاسیون کیک بر پایه برنج، میزان ویسکوزیته خمیر نسبت به نمونه حاوی ۱۰۰ درصد آرد برنج کاهش یافت که این موضوع می‌تواند به کاهش قابلیت

1. Texture Profile Analysis

خمیر در نگهداری گاز مرتبط باشد. از طرفی با افزودن صمغ زانتان در فرمولاسیون کیک ویسکوزیته خمیر کیک افزایش یافت که این امر موجب به دام افتادن بیشتر حباب‌های هوا در خمیر کیک می‌گردد. با توجه به نتایج بدست آمده کمترین ویسکوزیته مربوط به خمیر کیک حاوی ۱۰۰ درصد آرد ارزن (بدون صمغ) و بیشترین ویسکوزیته مربوط به نمونه حاوی ۵۰ درصد آرد ارزن و ۵۰ درصد آرد برنج به همراه ۰/۳ درصد صمغ زانتان بود. جیوتسنا و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند ویسکوزیته خمیر کیک ارزن انگشتی نسبت به خمیر کیک گندم کمتر بود. اما استفاده از افزودنی‌های مختلف مانند کنسانتره پروتئین آب پنیر، امولسیفایرها و هیدروکلوئیدها در فرمولاسیون، ویسکوزیته خمیر را به‌طور قابل توجهی افزایش داد (۱۴). صوفیان و همکاران (۱۳۹۲) اثر کنجاله بادام شیرین در سه سطح (۰، ۵ و ۱۰ درصد) و صمغ زانتان در چهارسطح (۰، ۰/۳، ۰/۶ و ۱) را در فرمولاسیون کیک بدون گلوتن برنج بررسی کردند. بر اساس نتایج به‌دست آمده، با افزایش سطح کنجاله بادام شیرین و افزودن صمغ زانتان میزان ویسکوزیته خمیر کیک افزایش یافت (۲۳).

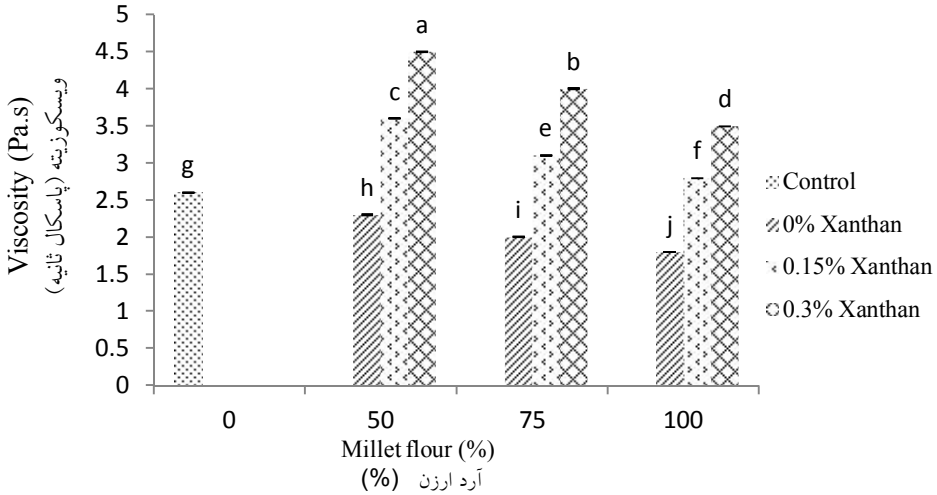
جدول ۱- تجزیه تقریبی ترکیبات آرد ارزن و آرد برنج

Table 1. Proximate composition of rice flour and millet flour (wb, %)

نمونه Sample	خاکستر (درصد) Ash (%)	چربی (درصد) Lipid (%)	پروتئین (درصد) Protein (%)	رطوبت (درصد) Moisture (%)
آرد برنج Rice flour	0.56±0.05[a]	1.4±0.07[b]	9.06±0.21[b]	10±0.15[a]
آرد ارزن Millet flour	0.95±0.02[a]	2.85±0.1[a]	11.1±0.25[a]	10±0.10[a]

حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین نمونه‌های مختلف است (P<۰/۰۵).

Different superscripts indicate significant differences among samples (P<0.05).



شکل۱- اثر متقابل آرد ارزن و صمغ زانتان بر ویسکوزیته خمیر کیک

Figure 1. Interaction effect of Millet flour and Xanthan gum on cake batter viscosity

حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین نمونه‌های مختلف است (P<۰/۰۵).

Different superscripts indicate significant differences among treatments (P<0.05).

افت پخت کیک: نتایج مربوط به افت پخت در جدول ۲ نشان داده شده است. افت پخت نشان دهنده کاهش وزن کیک در طول فرآیند پخت است. طبق نتایج به‌دست آمده از تحلیل آماری، با جایگزینی آرد برنج با آرد ارزن، میزان افت پخت به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ($P<۰/۰۵$) که دلیل این امر کاهش ظرفیت نگهداشت آب توسط آرد ارزن می‌باشد. از طرفی با افزودن صمغ زانتان میزان افت وزن کیک در طول پخت کاهش یافت که دلیل آن را می‌توان افزایش ظرفیت نگهداشت آب در آرد تیمار شده دانست. این امر موجب می‌شود رطوبت کمتری در طول پخت تبخیر شود و در نتیجه افت وزن کمتری بعد از پخت مشاهده می‌شود. با بررسی نتایج حاصل، بیشترین میزان افت پخت مربوط به نمونه حاوی ۱۰۰ درصد آرد ارزن و کمترین میزان افت پخت مربوط به نمونه حاوی ۵۰ درصد آرد ارزن به همراه ۰/۳ درصد صمغ زانتان بود. گواسمی و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند با افزایش میزان جایگزینی آرد گندم با آرد ارزن (نوع بارنیارد)، میزان افت وزن در طول پخت افزایش یافت و بیشترین افت پخت مربوط به کیک تهیه شده از ۱۰۰ درصد آرد ارزن و کمترین افت پخت مربوط به کیک تهیه شده از ۱۰۰ درصد آرد گندم بود. آن‌ها بیان داشتند ظرفیت اتصال آب بالاتر آرد گندم موجب می‌شود رطوبت کمتری در طول پخت تبخیر شود و بنابراین افت وزن کمتری وجود داشت. آردهای بدون گلوتن ظرفیت اتصال آب کمتری دارند، بنابراین در مافین‌های ارزن افت رطوبت بیشتری در طول پخت وجود داشت و در نتیجه افت وزن مافین‌های پخته شده افزایش یافت (۹). سبحانی و همکاران (۱۳۹۴) گزارش کردند استفاده از صمغ زانتان در فرمولاسیون کیک بدون گلوتن حاصل از برنج، باعث کاهش افت پخت شد (۲۲).

حجم مخصوص و تخلخل کیک: جدول ۲ داده‌های بدست آمده از آزمون‌های حجم مخصوص و تخلخل را نشان می‌دهد. با جایگزینی آرد برنج با آرد ارزن حجم مخصوص و تخلخل به‌طور معنی‌داری کاهش یافت که می‌تواند به‌دلیل کاهش ویسکوزیته و در نتیجه کاهش قابلیت نگهداری هوا در خمیر کیک و طی پخت باشد. با در نظرگرفتن این موضوع که همواره یک ویسکوزیته کافی و بهینه برای بوجود آوردن حجم مخصوص و تخلخل بالا مورد نیاز است می‌توان دریافت افزودن صمغ زانتان به میزان ۰/۱۵ درصد باعث افزایش حجم مخصوص و تخلخل کیک گردیده است؛ درحالی‌که با افزودن ۰/۳ درصد صمغ زانتان در تمام سطوح آرد ارزن باعث کاهش معنی‌دار حجم مخصوص و تخلخل کیک شد ($P<۰/۰۵$). این امر به‌دلیل افزایش بیش از حد ویسکوزیته و در نتیجه کاهش حجم مخصوص و تخلخل می‌باشد. کمترین حجم مخصوص و تخلخل مربوط به کیک حاصل از ۱۰۰ درصد آرد ارزن و بیشترین حجم مخصوص و تخلخل مربوط به نمونه حاوی ۵۰ درصد آرد ارزن و ۵۰ درصد آرد برنج به همراه ۰/۱۵ درصد صمغ زانتان بود. این تیمار دارای حجم مخصوص و تخلخل بالاتری نسبت به نمونه کنترل (نمونه حاصل از ۱۰۰ درصد آرد برنج) بود. جیوتسنا و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که جایگزینی آرد گندم با آرد ارزن انگشتی موجب کاهش حجم مخصوص کیک گردید. خمیر تهیه شده از ۱۰۰ درصد آرد ارزن دارای کمترین حجم مخصوص بود که به‌دلیل ویسکوزیته کم قادر به نگهداری هوا نبوده و در نتیجه حجم مخصوص کیک کاهش یافت. استفاده از امولسیفایرها و هیدروکلوئیدهای مختلف باعث افزایش ویسکوزیته خمیر و افزایش حجم مخصوص آن شد (۱۴). پری

چارت و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی اثر صمغ زانتان در سه سطح ۰/۲، ۰/۳ و ۰/۴ درصد در کیک بدون گلوتن فرموله شده با آرد ذرت و آرد برنج نشان دادند با افزایش صمغ زانتان میزان حجم مخصوص کیک افزایش یافت (۱۹). سبحانی (۱۳۹۴) در بررسی اثر افزودن آرد بدون چربی دانه کدو و صمغ زانتان بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی کیک بدون گلوتن بر پایه آرد برنج دریافتند با افزایش سطح آرد بدون چربی دانه کدو و صمغ زانتان ویسکوزیته خمیر افزایش و همچنین حجم و تخلخل کیک افزایش یافت (۲۲).

جدول ۲- اثر متقابل آرد ارزن و صمغ زانتان بر افت پخت، حجم مخصوص و تخلخل نمونه‌های کیک

Table 2. Interaction effect of Millet flour and Xanthan gum on baking loss, specific volume and porosity values of cake samples

افت پخت (درصد) Cooking loss (%)	حجم مخصوص (cm^3/g) Specific volume (cm^3/g)	تخلخل (درصد) Porosity (%)	آرد ارزن (درصد) Millet flour (%)	آرد برنج (درصد) Rice flour (%)	صمغ زانتان (درصد) Xanthan (%) gum	تیمارها Treatments
14.48 ± 0.05^{g}	1.88 ± 0.1^{b}	33.67 ± 0.06^{b}	0	100	0	Control
14.84 ± 0.04^{e}	1.53 ± 0.08^{f}	27.81 ± 0.03^{e}	50	50	0	1
14.22 ± 0.05^{h}	1.91 ± 0.07^{a}	34.70 ± 0.09^{a}	50	50	0.15	2
13.96 ± 0.04^{i}	1.78 ± 0.7^{c}	30.20 ± 0.17^{c}	50	50	0.3	3
15.07 ± 0.05^{c}	1.34 ± 0.38^{h}	23.63 ± 0.37^{h}	75	25	0	4
14.59 ± 0.04^{f}	1.73 ± 0.45^{d}	29.55 ± 0.16^{d}	75	25	0.15	5
14.21 ± 0.02^{h}	1.59 ± 0.53^{e}	25.48 ± 0.43^{f}	75	25	0.3	6
15.41 ± 0.02^{a}	1.16 ± 0.66^{i}	19.83 ± 0.19^{j}	100	0	0	7
15.21 ± 0.02^{b}	1.47 ± 0.76^{g}	24.34 ± 0.21^{h}	100	0	0.15	8
14.98 ± 0.03^{d}	1.33 ± 0.30^{h}	21.40 ± 0.12^{i}	100	0	0.3	9

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین نمونه‌های مختلف است (P<۰/۰۵).

Small different letters in each column indicate the significant effect (P<0.05).

سفتی بافت کیک: سفتی به‌عنوان بیشینه نیروی لازم برای فشردن بافت کیک تا یک میزان معین و در یک سرعت مشخص اندازه‌گیری می‌شود. نتایج حاصل از سفتی بافت نمونه‌های کیک در طول نگهداری در جدول ۳ گزارش شده است. نتایج سفتی در روز پخت نشان داد با جایگزینی آرد برنج با آرد ارزن در فرمولاسیون کیک بدون گلوتن، میزان سفتی بافت کیک به‌طور معنی‌داری افزایش یافت که این امر به دلیل کاهش ویسکوزیته و درنتیجه کاهش قابلیت خمیر در نگهداشت حباب‌های هوا و ایجاد بافت متراکم می‌باشد. از طرفی با افزودن صمغ به‌میزان ۰/۱۵ درصد از سفتی بافت کیک کاسته شد ولی با افزودن ۰/۳ درصد صمغ کیک بافت سفت‌تری پیدا کرد که به‌دلیل افزایش بیش از حد ویسکوزیته و در نتیجه ایجاد شبکه فشرده و تخلخل پایین بود. به‌طور کلی نمونه حاوی ۱۰۰ درصد آرد ارزن دارای بیشترین میزان سفتی و نمونه حاوی ۵۰ درصد آرد ارزن به همراه ۰/۱۵ درصد صمغ دارای کمترین میزان سفتی در روز پخت و همچنین طی نگهداری بود و این نمونه در مقایسه با نمونه کنترل (۱۰۰ درصد آرد برنج) نیز دارای سفتی کمتری بود. راجیو و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی تأثیر جایگزینی آرد گندم با آرد ارزن انگشتی بر ویژگی‌های کیفی مافین بیان کردند در مقادیر بالای ۶۰ درصد آرد ارزن، ویسکوزیته، حجم و

نمره کل ارزیابی حسی کاهش و سفتی مغز افزایش یافت. آن‌ها دلیل این یافته را کاهش تعداد سلول‌های هوا در خمیر دانستند که نشان دهنده اختلاط ضعیف هوا می‌باشد (۲۰). سومنو و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف صمغ زانتان و گوار و مخلوط آن‌ها بر بیاتی کیک برنج بدون گلوتن نشان دادند ترکیب صمغ زانتان با گوار به‌میزان قابل توجهی سفتی بافت کیک را در روز پخت و همچنین طی نگهداری کاهش دادند (۲۴).

جدول ۳- اثر متقابل آرد ارزن و صمغ زانتان بر سفتی نمونه‌های کیک

Table 3. Interaction effect of Millet flour and Xanthan gum on hardness values of cake samples

سفتی (نیوتن) Hardness (N)		صمغ زانتان (درصد)	آرد ارزن (درصد)	آرد برنج (درصد)	تیمارها
(۲ ساعت بعد از پخت) (2 hours after baking)	(۷ روز بعد از پخت) (7 days after baking)	Xanthan gum(%)	Millet flour (%)	Rice flour (%)	Treatments
5.320 ± 0.113^{Ae}	7.911 ± 0.012^{Ah}	0	0	100	Control
6.545 ± 0.107^{Ad}	9.049 ± 0.076^{Ac}	0	50	50	1
5.113 ± 0.173^{Af}	7.796 ± 0.065^{Ai}	0.15	50	50	2
5.311 ± 0.107^{Ae}	8.038 ± 0.135^{Ag}	0.3	50	50	3
7.001 ± 0.113^{Ab}	9.779 ± 0.023^{Ab}	0	75	25	4
6.573 ± 0.016^{Ad}	8.155 ± 0.046^{Af}	0.15	75	25	5
6.671 ± 0.014^{Ad}	8.374 ± 0.034^{Ae}	0.3	75	25	6
7.525 ± 0.042^{Aa}	10.610 ± 0.012^{Aa}	0	100	0	7
6.8 ± 0.029^{Ac}	8.9 ± 0.044^{Ad}	0.15	100	0	8
7.0 ± 0.007^{Ab}	9.1 ± 0.086^{Ac}	0.3	100	0	9

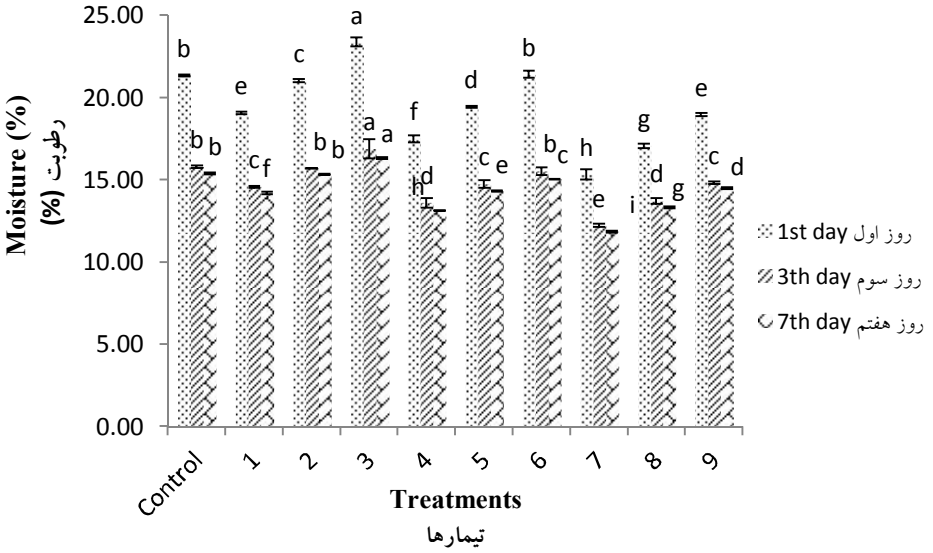
حروف کوچک متفاوت مربوط به مقایسه بین تیمارها در یک روز و حروف بزرگ مختلف مربوط به اثر یک تیمار طی ۷ روز نگهداری است (P<۰/۰۵).

The small different letter is related to the comparison between treatments in a given day and capital different letters are related to the comparison of the effect of a treatment within 7 days of storage (P<0.05).

رطوبت کیک: میزان رطوبت مغز کیک در روزهای مختلف نگهداری در شکل ۳ نشان داده شده است. تفاوت در فشار بخار بین پوسته و مغز کیک منجر به مهاجرت رطوبت از مغز به پوسته کیک می‌شود. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد با جایگزینی آرد برنج با آرد ارزن، میزان رطوبت مغز کیک به‌طور معنی‌داری کاهش یافت که دلیل این امر کاهش ظرفیت نگهداشت آب توسط آرد ارزن می‌باشد (P<۰/۰۵). از طرفی با افزایش سطح صمغ میزان رطوبت کیک افزایش یافت؛ به‌طوری‌که کمترین میزان رطوبت بعد از پخت و طی نگهداری مربوط به نمونه حاوی ۱۰۰ درصد آرد ارزن و بالاترین محتوی رطوبت متعلق به نمونه دارای ۵۰ درصد آرد ارزن به همراه ۰/۳ درصد صمغ زانتان بود. هیدروکلوئیدها دارای ماهیت آبدوست هستند و در برهمکنش با آب می‌توانند سبب پایداری حضور آب در سیستم شوند. از این رو افزودن صمغ به فرمولاسیون محصولات نانوایی سبب افزایش رطوبت در محصول نهایی می‌گردد. جیوتسنا و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند با جایگزینی آرد گندم با آرد ارزن انگشتی، محتوی رطوبت کیک‌ها کاهش یافت که دلیل آن کاهش قدرت آرد ارزن در نگهداشت آب بود. اما استفاده از کنسانتره پروتئین آب پنیر موجب افزایش رطوبت کیک و همچنین کاهش سفتی نمونه‌ها شد (۱۴).

گیوها و همکاران (۲۰۱۸) بیان کردند استفاده از صمغ زانتـان در فرمولاسـیون کیـک بـدون گلـوتن باعـث افزایش محتوی رطوبت کیک شده اسـت. صـوفیان و همکاران (۱۳۹۳) بیان کردند افزودن صمغ زانتـان در فرمولاسیون کیک بدون گلوتن بر پایه آرد برنج باعث افزایش میزان رطوبت محصـول نهـایی گردیـد (۲۳).

نقی‌پور و همکاران (۱۳۹۰) نشان دادند صمغ زانتان و گوار به‌خصـوص در حالـت ترکیبـی باعـث افـزایش محتوی رطوبت کیک بدون گلـوتن تهیـه شـده از آرد سـورگوم در روز پخـت و همچنـین طـی یـک هفتـه ماندگاری بودند (۱۷).



شکل۲- اثر متقابل آرد ارزن و صمغ زانتان بر محتوی رطوبت نمونه‌های کیک

Figure 2. Interaction effect of Millet flour and Xanthan gum on moisture content values of cake samples

حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین نمونه‌های مختلف در هر روز مشخص است (P<۰/۰۵).

Different superscripts indicate significant differences among treatments in each specific day (P<0.05).

پذیرش کلی: نتـایج حاصـل از ویژگـی‌هـای حسـی (جدول ۸) حاکی از آن است که بـا افـزودن آرد ارزن از میزان مقبولیت نمونه های کیـک نسـبت بـه نمونـه کنتـرل بـه‌طـور معنـی‌داری کاسـته شـد (P<۰/۰۵). نمونه‌های حاوی صمغ زانتـان در ترکیـب بـا سـطوح پایین آرد ارزن (۵۰ درصـد) نسـبت بـه سـطوح بـالا اختلاف معنی‌داری داشتند و امتیاز بیشـتری را کسـب کردنـد زیـرا آرد ارزن دارای ظرفیـت نگهداشـت آب پایین‌تری می‌باشد. در نتیجه کیک حاصل دارای حجم و تخلخل کمتر و سفتی بیشـتری مـی‌باشـد. بررسـی نتایج پـذیرش کلـی نشـان داد جـایگزین نمـودن ۵۰ درصد آرد ارزن در ترکیب با ۰/۱۵ درصد صمغ زانتان دارای مقبولیتی مشابه با نمونه کنترل بود و از این نظر تفاوت معنی‌داری نداشت. همچنین کمتـرین پـذیرش حسی مربوط به نمونـه حـاوی ۱۰۰ درصـد آرد ارزن بود. به‌طور کلـی نتـایج ارزیـابی حسـی نشـان داد بـا جایگزین نمودن سـطوح بـالای آرد ارزن از مقبولیـت کیک کاسته شد و حضور صمغ زانتـان در ترکیـب بـا سطوح پایین آرد ارزن، سبب ارتقـا کیفیـت محصـول نهایی شد. خـاتمی و همکـاران (۱۳۹۴) بیـان کردنـد جـایگزینی ۳۰ درصـد آرد سـورگوم در کیـک بـدون گلوتن بر پایه برنج اثر معنی‌داری بر ویژگی‌های حسی آن نداشـت (۱۵). راجیـو و همکـاران (۲۰۱۱) در بررسی تأثیر جایگزینی آرد ارزن انگشتی با آرد گنـدم بر ویژگی‌های کیفی مافین نشان دادند بـا افـزودن آرد

ارزن در مقادیر بیشتر از ۶۰ درصد میزان مقبولیت نمونه‌ها کاهش یافت (۲۰).

جدول٤- اثر متقابل آرد ارزن و صمغ زانتان بر خصوصیات حسی کیک

Table 4. Interaction effect of Millet flour and Xanthan gum on sensory evaluation of cake

پذیرش کلی Total acceptability	بافت Texture	مزه Taste	بو Odor	رنگ و ظاهر Color and appearance	تیمارها Treatments
7.13±0.89[a]	7.20±0.63[a]	7.45±0.55[a]	7.35±0.47[a]	8.15±0.41[a]	Control
6.31±0.43[b]	5.75±0.59[d]	5.70±0.71[d]	5.59±0.55[cd]	7.55±0.44[b]	1
7.75±0.61[a]	7.35±0.75[a]	7.50±0.58[a]	7.15±0.88[a]	8.20±0.42[a]	2
7.10±0.25[c]	7.00±0.63[b]	7.12±0.56[b]	6.50±0.22[b]	7.00±0.52[bc]	3
5.00±0.56[d]	5.50±0.43[d]	5.00±0.63[d]	5.50±0.33[c]	5.00±0.24[d]	4
6.25±0.65[bc]	6.32±0.65[c]	6.00±0.35[c]	6.00±0.62[b]	6.50±0.41[c]	5
6.00±0.37[c]	6.25±0.25[c]	6.00±0.42[c]	5.50±0.23[c]	5.00±0.33[d]	6
4.75±0.23[de]	4.50±0.36[e]	5.00±0.41[d]	4.50±0.55[d]	4.00±0.52[c]	7
5.35±0.55[d]	4.95±0.543[e]	5.00±0.60[d]	5.50±0.32[c]	5.00±0.65[d]	8
5.5±0.61[d]	5.35±0.74[d]	4.89±0.55[e]	4.36±0.33[d]	4.5±0.53[e]	9

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین نمونه‌های مختلف است (P<۰/۰۵).

Small different letters in each column indicate the significant effect of different treatments (P<0.05).

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی بر اساس نتایج آزمون‌های فیزیکی و حسی مشخص شد که با افزایش آرد ارزن از مقبولیت و مطلوبیت کیک بدون گلوتن بر پایه آرد برنج کاسته شد. همچنین حضور صمغ زانتان در حد مطلوب در ترکیب با سطوح پایین آرد ارزن سبب ارتقاء کیفیت محصول نهایی شد. در مجموع، نمونه کیک حاوی ۵۰ درصد آرد ارزن در ترکیب با ۰/۱۵ درصد صمغ زانتان تأثیر خوبی بر ویژگی‌های فیزیکی و حسی کیک بدون گلوتن داشت و امتیاز بیشتری را در آزمون‌های ارزیابی کسب نمود. همچنین این نمونه از لحاظ ویژگی‌های فیزیکی و حسی اختلاف معنی‌داری با نمونه کنترل (۱۰۰ درصد آرد برنج) داشت.

منابع

1. Quinton, L.A., and Kennedy, J.F. 2002. American Association of Cereal Chemists Approved Methods, American Association of Cereal Chemists, American, 515 p.
2. Bennion, E. B., and Bamford, G.S.T. and Bent, A.J. 1997. The Technology of Cake-making processes. Springer, Boston,MA, pp: 251-274.
3. Blades, M. 1997. Food allergies and intolerances: an update. Nutrition and Food Science. 97: 4. 146-151.
4. Dadvar, P., Ataiesalehi, E., and Sheikholeslami, Z. 2018. Formulation of gluten-free cake and its qualitative properties. Innovation in Science and Technology of Food. 2: 36.57-70. (in Persian)
5. Delcour, J.A., and Hoseney, R.C. 2010. Principles of Cereal Science and Technology Third Edition. American Association of Cereal Chemists. Inc., St. Paul, MN, 327p.
6. Devi, P.B., Vijayabharathi, R., Sathyabama, S., Malleshi, N.G., and Priyadarisini, V.B. 2014. Health benefits of finger millet (*Eleusine coracana* L.) polyphenols and dietary fiber: a review. J. of Food Science and Technology. 51: 6. 1021-1040.
7. Fasano, A. 2003. Celiac disease: How to handle a clinical chameleon. New

England J. of Medicine. 348: 25.2568-2570.
8. Fathi, B., Aalami, M., Kashaninejad, M., and Sadeghi Mahoonak, A. 2016. Utilization of Heat-Moisture Treated Proso Millet Flour in Production of Gluten-Free Pound Cake. J. of Food Quality. 39: 6. 611-9.
9. Gallagher, E., Gormley, T.R., and Arendt, E.K. 2004. Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. Trends in Food Science & Technology. 1: 15. 143-52.
10. Goswami, D., Gupta, R.K., Mridula, D., Sharma, M., and Tyagi, S.K. 2015. Barnyard millet based muffins: Physical, textural and sensory properties. LWT-Food Science and Technology. 64: 1. 374-380.
11. Gularte, M. A., Gómez, M., and Rosell, C.M. 2012. Impact of legume flours on quality and in vitro digestibility of starch and protein from gluten-free cakes. Food and Bioprocess Technology. 5: 8. 3142-3150.
12. Guohua, H., and Na, X. 2018. Effects of xanthan gum and corn flour on the quality of sponge cake using response surface methodology. Czech J. of Food Sciences. 36: 4. 349-356.
13. Haralick, R.M., and Shanmugam, K. 1973. Textural features for image classification. IEEE Transactions on systems, man, and cybernetics. 1: 6. 610-21.
14. Houben, A., Höchstötter, A., and Becker, T. 2012. Possibilities to increase the quality in gluten-free bread production: an overview. European Food Research and Technology. 235: 2. 195-208.
15. Jia, C., Huang, W., Ji, L., Zhang, L., Li, N., and Li, Y. 2014. Improvement of hydrocolloid characteristics added to angel food cake by modifying the thermal and physical properties of frozen batter. Food Hydrocolloids. 1: 41.227-232.
16. Jyotsna, R., Soumya, C., Swati, S., and Prabhasankar, P. 2016. Rheology, texture, quality characteristics and immunochemical validation of millet based gluten free muffins. J. of Food Measurement and Characterization. 10: 4. 762-772.
17. Khatami. E., Aalami, M., Maghsoudlou, Y., and Kadivar, M. 2015. Application of rice and sorghum flour in the formulation of gluten free cake. A thesis of M.Sc. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. (in Persian)
18. Lebesi, D.M., and Tzia, C. 2012. Use of endoxylanase treated cereal brans for development of dietary fiber enriched cakes. Innovative Food Science & Emerging Technologies. 1: 13. 207-14.
19. Naghipour, F., Karimi, M., Habibi Najafi M.B., Hadad Khodaparast, M.H., Sheikholeslami, Z., Ghiafeh Davoodi, M., and Sahraiyan, B. 2013. Investigation on production of gluten free cake utilizing sorghom flour, guar and xanthan gums J. of Food Science and Technology. 10: 4. 127-139. (in Persian)
20. Phillips G.O., and Williams P.A. 2000. Handbook of hydrocolloids, Woodhead Publishing, CRC. 948p.
21. Preichardt, L. D., Vendruscolo, C. T., Gularte, M. A., and Moreira, A. D. S. 2011. The role of xanthan gum in the quality of gluten free cakes: improved bakery products for coeliac patients. International J. of Food Science & Technology. 46: 12. 2591-2597.
22. Rajiv, J., Soumya, C., Indrani, D., and Venkateswara Rao, G. 2011. Effect of replacement of wheat flour with finger millet flour (*Eleusine corcana*) on the batter microscopy, rheology and quality characteristics of muffins. J. of Texture Studies. 42: 6. 478-489.
23. Saleh, A. S., Zhang, Q., Chen, J., and Shen, Q. 2013. Millet grains: nutritional quality, processing, and potential health benefits. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 12: 3. 281-295.
24. Sobhani, S., M., Aalami, M., Sadeghi Mahoonak, A., and Kashaninejad, M. 2015. Application of pumpkin seed meal and xanthan gum in formulation of gluten-free cake. A thesis of M.Sc. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. (in Persian)

25.Sofian, A., Alami, M., Sadeg,i. A., Ghorbani, M., and Ziaiefar, A. 2014. Use of sweet almond and xanthan gum in the production of gluten-free cakes. Iranian J. of Research and Innovation in Food Science and Technology. 3: 2.185-196. (in Persian)

26.Sumnu, G., Koksel, F., Sahin, S., Basman, A., and Meda, V. 2010. The effects of xanthan and guar gums on staling of gluten-free rice cakes baked in different ovens. International J. of Food Science & Technology. 1: 45. 87-93.

27.Turabi, E., Summu, G., and Sahin, S. 2008. Rheological properties and quality of rice cakes formulated with different gums and an emulsifier blend. Food Hydrocolloids. 22: 2. 305-312.

EJFPP, Vol. 13 (1): 57-70
http://ejfpp.gau.ac.ir

Effect of adding millet flour and Xanthan gum on the physicochemical and sensory properties of gluten-free batter and rice cake

S. Mohajer Khorasani, M. Alami*, M. Kashaninejad, H. Shahiri Tabarestani
Faculty of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran

Received: 2019/04/27; Accepted: 2019/08/16

Abstract

Background and objectives: Rice is one of the most suitable cereals for the production of gluten free products for patients with celiac disease. It contains low sodium, protein, fat and high amounts of digestible carbohydrates with unique nutritional properties. However, a significant portion of fiber and minerals are lost during milling process to produce white rice. In this regard, the application of other cereal flour or permitted additives is necessary in order to achieve the desired nutrient, which provide the needs of patients with celiac disease in the production of gluten-free products based on rice flours. Millet is rich in dietary fiber, protein, minerals and vitamins that can meet the needs of patients with celiac disease. Xanthan gum is also one of the most commonly used additives in the production of gluten free products, and helps to improve the quality and physicochemical properties of gluten-free cakes. The purpose of this research is to replace rice flour by millet flour and xanthan gum mixture in the production of novel gluten-free cake formulation.

Materials and methods: In the present study, millet flour used as an alternative to 50, 75 and 100% of rice flour in the formulation of gluten-free rice cake with 0.15 and 0.3% of xanthan gum. Then, physicochemical and sensory properties of gluten-free batter and cake including viscosity, cooking loss, specific volume, porosity, texture, moisture content and total acceptance were evaluated.

Results: The results showed that the samples containing higher amount of millet flour had the lowest dough viscosity, moisture content, porosity and softness of the cake texture but these properties increased with the addition of xanthan gum. It was also found that combining the appropriate amount of millet and xanthan gum with proper viscosity could improve the physicochemical and sensory properties of the dough and cake. By adding 50% millet flour and 0.15% xanthan gum, the physicochemical properties of cake were improved, but by increasing this amount (75 and 100% millet flour and 0.3% xanthan gum), the cake quality was reduced. The sample containing 50% millet flour and 50% rice flour with 0.15% xanthan gum had the highest volume, porosity and sensory acceptance, as well as the least firmness during the storage period.

Conclusion: According to the results, using 50% millet flour in combination with 0.15% Xanthan gum could improve the physico-chemical and sensory properties of the dough and cake to the control sample (100% rice flour based cake).

***Keywords*:** Millet, Rice, Xanthan gum, Cake, Gluten-free

*Corresponding author: mehranalami@gmail.com