

تأثیر افزودن آرد ذرت سفید و صمغ زانتان بر ویژگی‌های فیزیکی و حسی کیک فاقد گلوتن بر پایه آرد برنج

منصوره یانپی^۱، مهران اعلمی^{۲*}، جلال محمدزاده^۳، علیرضا صادقی^۴، محبوبه کشیری^۵

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۲- دانشیار دانشکده علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۳- استادیار و عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گلستان

۴- استادیار دانشکده علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۵- استادیار دانشکده علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

(تاریخ دریافت: ۹۵/۰۳/۲۵ تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۵/۰۵)

چکیده

سلیاک یک بیماری خودایمنی گوارشی است که در آن، بدن فرد مبتلا پس از مصرف غذاهای حاوی پروتئین گلوتن پاسخ‌های ایمنی ایجاد می‌کند که به بافت روده کوچک حمله می‌کنند. در حال حاضر تنها درمان موثر این بیماری رعایت یک رژیم غذایی بدون گلوتن در تمام طول عمر می‌باشد. لذا توجه به تولید و ارتقای کیفیت فراورده‌های غلاتی بدون گلوتن از اهمیت زیادی برخوردار است. ذرت سفید با کیفیت پروتئینی بالا رقم اصلاح شده‌ای است که اسیدهای آمینه لایزین و تریپتوفان آن تقریباً دو برابر ذرت معمولی است. در پژوهش حاضر، کیک بدون گلوتن بر پایه آرد برنج و با جایگزینی مقادیر ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ آرد برنج با آرد ذرت سفید و استفاده از مقادیر ۰/۲ و ۰/۴ درصد صمغ زانتان تولید شد. خمیرها و کیک‌های بدون گلوتن از لحاظ ویژگی‌های فیزیکی و حسی مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که با افزایش مقادیر صمغ زانتان و آرد ذرت سفید، ویسکوزیته خمیر و نیز مقدار رطوبت و سفتی بافت کیک افزایش یافت. مشخص شد که ترکیبی از مقدار مناسب صمغ زانتان و مقادیر کم آرد ذرت سفید از طریق ایجاد ویسکوزیته مناسب می‌تواند باعث بهبود حجم و تخلخل بافت کیک شود. با افزایش مقدار آرد ذرت در فرمولاسیون کیک، روشنی و زردی رنگ کیک‌ها کاهش یافت اما با افزایش مقدار زانتان این دو ویژگی افزایش نشان دادند. در پایان مشخص گردید که نمونه کیک حاوی ۱۰۰ درصد آرد ذرت به همراه صمغ زانتان نمره آزمون حسی را دریافت در حالی که بیشترین امتیاز به نمونه کیک حاوی ۲۵ درصد آرد ذرت و ۰/۲ درصد صمغ زانتان تعلق گرفت.

کلید واژگان: سلیاک، ذرت سفید، صمغ زانتان، کیک

*مسنول مکاتبات: mehranalami@gmail.com

۱- مقدمه

فرآورده‌های صنایع پخت اعم از نان، کیک، کلوچه، بیسکویت، کراکر که تقریباً در همه کشورها قسمتی از خوراک روزانه مردم را تشکیل می‌دهند عمدتاً از آرد گندم تهیه می‌شوند. به دلیل اینکه در بین آردهای غلات مختلف، تنها آرد گندم است که وقتی با مقدار مناسب آب مخلوط می‌شود، خمیری منسجم و قوی تشکیل می‌دهد که توانایی حفظ گاز را داشته و پس از پخت تبدیل به فرآورده‌ای متخلخل و سبک می‌شود. این ویژگی مربوط به پروتئین‌های ذخیره‌ای گندم یعنی گلوتین‌ها و گلاپدین‌ها است که در کنار هم شبکه پروتئینی گلوتن را تشکیل می‌دهند [۱]. با وجود این، برخی از افراد نسبت به مصرف گلوتن حساسیت دارند. سلیاک، بیماری خود ایمنی گوارشی است که افراد مبتلا به این بیماری دارای التهاب مزمن روده کوچک بوده که با مسطح و پهن شدن پرزهای روده در اثر مصرف پروتئین‌های سرشار از پرولین و گلوتامین نظیر پروتئین موجود در گندم، جو و چاودار بروز می‌کند [۲] و تنها راه درمان بیماری سلیاک در حال حاضر، اجتناب مادام‌العمر از مصرف محصولات حاوی گلوتن می‌باشد [۳]. بنابراین استفاده از آرد غلات فاقد گلوتن در تولید فرآورده‌های پختی حائز اهمیت می‌باشد.

از غلات مهم فاقد گلوتن می‌توان به ذرت و برنج اشاره کرد. از نظر تغذیه‌ای، ذرت مانند سایر غلات به لحاظ برخی از اسیدهای آمینه به خصوص لایزین و تربیتوفان کمبود دارد. تولید و بهبود کیفیت پروتئین ذرت از اواسط سال ۱۹۶۰ با معرفی ژن ذرت اوپک ۱۲ به نام ژن O₂ آغاز و در دهه‌های بعد منجر به تولید ذرت با کیفیت پروتئین بالا (: Quality Protein Maize QPM) شد [۴]. اولین واریته‌های QPM در اواخر سال ۱۹۹۰ توسط سیمیت^۱ معرفی شد [۵]. QPM از نظر ویژگی‌های زراعی و همچنین ترکیبات تغذیه‌ای مشابه ذرت معمولی است و تفاوت آن در محتوای پروتئینی است و به صورت کلی در محتوای پروتئینی QPM، تربیتوفان ۵۵ درصد و لایزین ۳۰ درصد بیشتر از ذرت معمولی است [۴و۶و۷].

بنابراین با توجه به اهمیت تولید فرآورده‌های پخت فاقد گلوتن و همچنین با توجه به اینکه فقدان گلوتن سبب تولید فرآورده‌ای با بافت خشک، رنگ ضعیف، حجم و تخلخل کم می‌شود، استفاده از جایگزین‌های مناسب گلوتن نظیر هیدروکلونیدها، نشاسته، آنزیم‌ها و پروتئین‌ها در تولید فرآورده‌های فاقد گلوتن برای ایجاد خواص ویسکوالاستیک مشابه گلوتن، ضروری می‌باشد [۸].

مطالعات زیادی در زمینه جایگزین‌های مناسب گلوتن به خصوص هیدروکلونیدها صورت پذیرفته است. در همین راستا، گومز و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند که استفاده از صمغ‌های کربوکسی متیل سلولز، گوار و آلژینات در فرمولاسیون کیک باعث بهبود حجم کیک و افزایش ویسکوزیته می‌شود. صمغ‌های مذکور در کاهش سرعت انتشار گازها در خمیر، تورم گرانول‌های نشاسته، افزایش جذب آب، تاخیر در بیاتی کیک، افزایش زمان ماندگاری و تازگی محصول نیز موثرند [۹]. همچنین ترابی و همکاران (۲۰۱۰) به بررسی تاثیر افزودن صمغ‌های زانتان، گوار، دانه لوکاست، کاراگینان و ترکیبی از گوار و زانتان پرداختند و به این نتیجه رسیدند که افزودن انواع صمغ‌ها بر خلل و فرج کیک تاثیر معنی داری داشتند و بیشترین تاثیر آن متعلق به زانتان و ترکیب زانتان و گوار می‌باشد [۱۰]. عوض‌صوفیان و همکاران (۱۳۹۳) جهت ارائه فرمولاسیون مناسب برای تولید کیک فاقد گلوتن از آرد برنج، به بررسی اثر زانتان و کنجاله بادام پرداختند. نتایج این مطالعه تاثیر مثبت زانتان و کنجاله بادام در ارتقای خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی محصول را نمایان ساخت [۱۱]. طی مطالعات نقی‌پور و همکاران (۱۳۹۰) با بررسی اثر مستقل و متقابل صمغ‌های گوار و زانتان هر یک در ۴ سطح ۰، ۰/۳، ۰/۶ و ۱/۰ درصد مشخص شد که بهترین نمونه مربوط به حالت ترکیبی صمغ‌های زانتان و گوار با نسبت ۰/۳ : ۰/۶ است [۱۲]. مطالعاتی نیز در زمینه اثر اختلاط آردهای مختلف در تولید کیک اسفنجی صورت پذیرفته است. نتایج مطالعات مهربان‌شندی و همکاران (۱۳۹۲) در زمینه بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی کیک اسفنجی تهیه شده از سطوح مختلف مخلوط آردهای ارزن-برنج، صمغ گوار و آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی، برابری بهترین تیمار (حاوی ۵۰ درصد آرد برنج، ۵۰ درصد آرد ارزن به همراه ۰/۲۵ درصد آنزیم گلوتامیناز میکروبی و ۱ درصد صمغ گوار) با نمونه حاوی ۱۰۰ درصد آرد گندم را مورد تایید قرار داد

1. Opaque 2
2. CIMMYT: International Maize and Wheat Improvement Center

مرغ، شکر، پودر آب پنیر، شیر خشک، بکینگ پودر، وانیل، صمغ زانتان و امولسیفایر بود. QPM سفید از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گرگان تهیه و پس از آسیاب دانه کامل ذرت و عبور از الک ۸۰ تبدیل به آرد QPM سفید شد. برای تهیه آرد برنج نیز برنج رقم فجر به صورت نیم دانه از کارخانه شالی‌کوبی شهرستان گرگان تهیه و پس از آسیاب و عبور از الک ۸۰ به آرد برنج تبدیل شد. صمغ زانتان با نام تجاری (Rhodia Gel (Xanthan Gum, E415 از شرکت Rhodia فرانسه، پودر آب پنیر و شیرخشک بدون چربی نیز از شرکت پگاه گلستان و بقیه مواد از فروشگاه‌های محلی در گرگان خریداری شدند.

۲-۲- روش‌ها و آزمون‌ها

۲-۲-۱- تهیه خمیر و تولید کیک

خمیر کیک حاوی ۱۰۰ درصد آرد، ۵۷ درصد روغن، ۷۲ درصد پودر قند، ۷۲ درصد تخم مرغ، ۴ درصد پودر آب پنیر، ۲ درصد شیرخشک، ۲ درصد بکینگ پودر، ۰/۵ درصد وانیل و ۳۰ میلی لیتر آب برای همه تیمارها، مطابق با روش خمیر شکر (sugar/batter) بنیون و همکاران (۱۹۹۷)، با اعمال تغییراتی تهیه شد [۱۷]. بدین صورت که ابتدا روغن و شکر تا تولید رنگ روشن با استفاده از یک همزن برقی مخلوط شد سپس تخم مرغ را اضافه گردید و به مدت مشخص با دور تند هم زده شد. در انتها مواد پودری و آب اضافه گردید و با دور کند، عمل همزدن تا تهیه خمیر صاف و یکنواخت ادامه یافت. در این پژوهش، آرد QPM سفید، در ۴ سطح (۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ذرت) جایگزین آرد برنج شد. صمغ زانتان نیز در سه سطح (صفر، ۰/۲، ۰/۴) برپایه ۱۰۰ درصد آرد (مخلوط آرد QPM و برنج) اضافه شد. نمونه شاهد فاقد آرد QPM و صمغ زانتان بود. پس از تهیه خمیر ۳۰ گرم از آن درون قالب‌های فلزی با ابعاد مشخص ریخته شد و عمل پخت به مدت ۲۵ دقیقه در دمای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد در فر برقی (LETTO, Model NO: 0-10) ساخت چنین صورت گرفت. هر یک از نمونه‌های کیک پس از سرد شدن، در کیسه های پلی اتیلنی، در دمای محیط برای انجام آزمون‌ها نگهداری شدند.

[۱۳]. خاتمی و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهش خود به بررسی اثر افزودن آرد سورگوم و صمغ زانتان در تولید کیک فاقد گلوتن بر پایه آرد برنج پرداختند و نمونه حاوی ۲۰ درصد آرد سورگوم و ۰/۱ درصد صمغ زانتان، به دلیل بهبود خصوصیات فیزیکی کیک به عنوان بهترین ترکیب افزودن صمغ و آرد سورگوم پیشنهاد شد [۱۴]. سبحانی و همکاران (۱۳۹۴) نیز به بررسی تأثیر افزودن آرد بدون چربی دانه کدو به همراه صمغ زانتان بر روی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و حسی کیک بدون گلوتن بر پایه آرد برنج پرداختند و نمونه کیک حاوی ۱۰ درصد آرد بدون چربی دانه کدو و ۰/۲ درصد زانتان را به عنوان بهترین فرمولاسیون کیک بدون گلوتن معرفی کردند [۱۵]. همچنین در زمینه کاربرد آرد QPM، سرجیو و همکاران (۲۰۰۸) مطالعه‌ای را بر روی خواص توریتلای مکزیکی تولید شده از انواع واریته‌های QPM انجام دادند و پس از تعیین بهترین هیبریدهای QPM از نظر کیفیت پروتئین و خواص فیزیکی دانه به این نتیجه رسیدند که QPM پتانسیل خوبی برای کاربرد صنعتی دارد و همچنین استفاده از آن در تولید توریتلا علاوه بر بهبود کیفیت تغذیه‌ای، از نظر تکنولوژیکی نیز به خوبی توریتلای تولید شده از ذرت تجاری است [۱۶]. در مطالعه پژوهشی حاضر نیز از آرد QPM سفید در ۴ سطح (۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ درصد) و صمغ زانتان در ۳ سطح (صفر، ۰/۲، ۰/۴ درصد) در تولید کیک فاقد گلوتن بر پایه آرد برنج استفاده شد. نمونه شاهد فاقد آرد QPM و صمغ زانتان بود. هدف از این پژوهش نیز دستیابی به فرمولاسیونی مناسب از طریق بررسی اثر آرد QPM سفید و صمغ زانتان بر میزان رطوبت، حجم، تخلخل، شاخص‌های رنگی پوسته، سفتی بافت و حسی کیک بود.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

مواد اولیه جهت تولید کیک شامل آرد برنج (رطوبت ۹/۳ درصد، پروتئین ۸/۴۰ درصد، خاکستر ۰/۵ درصد، چربی ۰/۳۵ درصد)، آرد QPM سفید (رطوبت ۹/۹ درصد، پروتئین ۱۱/۹۴ درصد، خاکستر ۲/۲ درصد، چربی ۴/۸ درصد)، روغن گیاهی، تخم

۲-۲-۲- تعیین ویسکوزیته خمیر

شد. جهت تبدیل تصاویر خاکستری به تصاویر دودویی^۲، قسمت دودویی نرم افزار فعال گردید. این تصاویر مجموعه‌ای از نقاط روشن و تاریک است. محاسبه نسبت نقاط روشن به تاریک به عنوان شاخصی از میزان تخلخل نمونه‌ها برآورد شد که هرچه این نسبت بیشتر باشد نشان دهنده تخلخل بیشتر در بافت نمونه است [۲۰].

۲-۲-۶- ارزیابی شاخص‌های رنگ پوسته کیک

جهت ارزیابی رنگ پوسته کیک در فاصله زمانی ۲ ساعت بعد از پخت از تکنیک پردازش تصویر استفاده گردید. بدین منظور تصاویر از سطح پوسته کیک در ابعاد ۲ در ۲ سانتی‌متر توسط اسکنر مدل HP Scanjet G 2710 تهیه و در اختیار نرم‌افزار image J قرار گرفت. با فعال کردن فضای LAB در بخش Plugins، سه شاخص رنگ L^* ، a^* ، b^* محاسبه شد. شاخص L^* بیانگر میزان روشنایی نمونه می‌باشد و دامنه آن از صفر (سیاه خالص) تا ۱۰۰ (سفید خالص) متغیر است. شاخص a^* ، میزان نزدیکی رنگ نمونه به رنگ‌های سبز و قرمز را نشان می‌دهد و دامنه آن از ۱۲۰- (سبز خالص) تا ۱۰۰ (قرمز خالص) متغیر است. شاخص b^* میزان نزدیکی رنگ نمونه به رنگ‌های آبی و زرد را نشان می‌دهد و دامنه آن از ۱۲۰- (آبی خالص) تا ۱۰۰ (زرد خالص) متغیر است. آنالیز رنگ پوسته از طریق تعیین این سه شاخص صورت پذیرفت [۲۱].

۲-۲-۷- ارزیابی سفتی بافت کیک

جهت ارزیابی سفتی بافت مغز کیک در فاصله زمانی ۲ ساعت بعد از پخت از دستگاه بافت سنج مدل TA-XT plus (شرکت استیبل میکروسیستم، انگلستان) استفاده شد. برای این منظور قطعه مکعب مربع ۲ سانتی‌متری از مغز کیک تهیه شد. پروب P/36R (قطر ۳۶ میلی‌متر) به اندازه ۱ سانتی‌متر (۵۰ درصد) از بافت را فشرده کرد. سرعت نیروی وارد شده قبل، حین و بعد از آزمون به ترتیب ۲، ۱ و ۲ میلی‌متر بر ثانیه بود [۲۱].

۲-۲-۸- ارزیابی خصوصیات حسی کیک

جهت ارزیابی خصوصیات حسی کیک از روش هدونیک ۵ نقطه‌ای استفاده شد. برای این منظور، تعداد ۸ نفر بعد از

برای تعیین ویسکوزیته خمیر از دستگاه ویسکومتر بروکفیلد (RVDV-II متصل به Helipath) ساخت آمریکا استفاده شد. پس از انجام آزمون و خطا جهت تشخیص اسپیندل مناسب برای اندازه‌گیری ویسکوزیته، اسپیندل T-C از مجموعه Spindle Helipath انتخاب شد. ویسکوزیته نمونه‌های خمیر در سرعت چرخشی ۲۵ دور در دقیقه اندازه‌گیری شد [۱۸].

۲-۲-۳- اندازه‌گیری درصد رطوبت

آزمون رطوبت مطابق استاندارد AACC، شماره ۲۰۰۰-۱۶-۴۴ انجام شد. جهت انجام این آزمون نمونه‌ها در فاصله زمانی ۲ ساعت پس از پخت، در آون با حرارت ۱۰۵-۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند [۱۹].

۲-۲-۴- اندازه‌گیری حجم کیک

ارزیابی حجم کیک به روش جابجایی دانه‌های کلزا مطابق با استاندارد AACC، شماره ۲۰۰۰-۱۰-۷۲ انجام شد. بدین صورت که ابتدا دانسیته توده‌های کلزا با اندازه‌گیری وزن حجم معینی از دانه کلزا تعیین شد. سپس نمونه مورد نظر داخل ظرفی با حجم مشخص قرار گرفت و بقیه فضاهای خالی ظرف توسط دانه‌های کلزا پر و توزین شد. در نهایت، حجم کیک طبق روابط زیر محاسبه گردید [۱۹]:

$$W_{\text{ظرف}} - W_{\text{کیک}} - W_{\text{کلزا}} = W_{\text{ظرف}}$$

$$V_{\text{کلزا}} = W_{\text{کلزا}} / \rho_{\text{کلزا}}$$

$$V_{\text{کلزا}} - V_{\text{ظرف}} = V_{\text{کیک}}$$

W: وزن (گرم)

p: دانسیته (گرم بر سانتی‌متر مکعب)

V: حجم (سانتی‌متر مکعب)

۲-۲-۵- ارزیابی میزان تخلخل مغز کیک

جهت ارزیابی میزان تخلخل مغز کیک در فاصله زمانی ۲ ساعت بعد از پخت از تکنیک پردازش تصویر استفاده گردید. بدین منظور برشی به ابعاد ۲ در ۲ سانتی‌متر از مغز کیک تهیه و توسط اسکنر مدل HP Scanjet G 2710 تصویر برداری شد. سپس تصاویر نمونه‌های کیک در اختیار نرم‌افزار image J قرار گرفت. با فعال کردن قسمت ۸ بیت^۳، تصاویر سطح خاکستری^۴ ایجاد

2. Gray Level images

3. Binary images

1. Bit

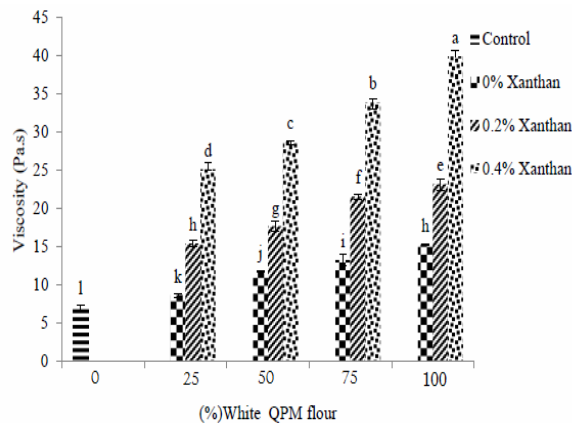


Fig 1 Interaction effect of xanthan gum and QPM flour on viscosity of gluten-free batters. Bars carrying different letters are significantly different ($P < 0.05$) from each other.

۲-۳-۲-رطوبت

نتایج اثر متقابل صمغ زانتان و آرد QPM بر میزان رطوبت کیک فاقد گلوتن، در جدول ۱ نشان داده شده است. آنالیز آماری داده‌های مربوط به میزان رطوبت، اختلاف معنی‌داری را بین نتایج رطوبت نمونه‌های حاوی آرد QPM و صمغ زانتان نسبت به نمونه شاهد نشان داد ($P < 0.05$)، به طوری که با افزایش میزان درصد آرد QPM و صمغ زانتان در نمونه‌های کیک بدون گلوتن، میزان رطوبت نمونه‌های کیک افزایش یافت. هیدروکلوئیدها دارای ماهیت آبدوست هستند و همه آنها با آب برهمکنش داده و سبب پایداری حضور آب در سیستم می‌شوند. از این رو افزودن صمغ به فرمولاسیون محصولات نانویی سبب افزایش میزان رطوبت در محصول نهایی می‌گردد [۱۳]. عوض صوفیان و همکاران (۱۳۹۳) نیز در مطالعه خود به این نتیجه رسیدند که افزایش صمغ زانتان در کیک فاقد گلوتن، سبب افزایش رطوبت کیک می‌شود زیرا صمغ زانتان از قدرت جذب و قابلیت نگهداری آب بالایی برخوردار است [۱۱]. همچنین جذب آب به میزان ترکیبات هیدروفیلیک و قاعدتاً پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌های موجود در فرمولاسیون بستگی دارد [۱۴]. آرد ذرت به دلیل دارا بودن گرانول‌های نشاسته بزرگتر از گرانول‌های نشاسته برنج، آب بیشتری را جذب کرده است. همچنین نشاسته پروتئین در فاز خمیر و فاز پخت جذب آب یکسان و ثابتی ندارند به عبارت دیگر، پروتئین در فاز خمیر آب زیادی را جذب

آموزش‌های مقدماتی در مورد آزمون حسی به عنوان ارزیاب انتخاب شدند. به هر یک از ارزیاب‌ها یک نمونه کد گذاری شده به همراه آب و یک فرم امتیاز دهی داده شد. ارزیاب‌ها نمونه‌های کیک را از نظر ویژگی‌های بافت، رنگ، ظاهر نمونه، عطر و طعم و پذیرش کلی مورد ارزیابی قرار دادند [۲۲].

۲-۲-۹- تجزیه و تحلیل آماری

نتایج به دست آمده از این پژوهش بر پایه آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم افزار آماری SAS نسخه ۹، مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. آزمون‌ها حداقل در ۳ تکرار و مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون دانکن در سطح ۵ درصد انجام شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- ارزیابی ویسکوزیته

نتایج مربوط به ویسکوزیته خمیرنمونه‌های کیک، اختلاف معنی داری را نسبت به نمونه شاهد نشان داد ($P < 0.05$) به طوری که با افزایش میزان درصد آرد QPM سفید و صمغ زانتان، ویسکوزیته خمیر افزایش یافت. نتایج تأثیر متقابل آرد QPM سفید و صمغ زانتان، در شکل ۱ نشان داده شده است. مقادیر بالای ویسکوزیته خمیر فاقد گلوتن حاوی صمغ زانتان ناشی از ساختار پلیمری آن و اثرات متقابل بین زنجیره‌های پلیمری و ترکیبات فرمولاسیون می‌باشد [۱۱]. همچنین صمغ زانتان با تشکیل شبکه شبه گلوتن و قدرت جذب و نگهداری آب بالا سبب افزایش ویسکوزیته می‌شود [۱۴]. افزایش ویسکوزیته به گرانول‌های نشاسته در آرد هم بستگی دارد و گرانول‌های بزرگتر آب بیشتری را جذب می‌کنند و سبب افزایش ویسکوزیته می‌شوند. کوچکترین گرانول‌های نشاسته را در بین غلات برنج دارد و اندازه آنها در محدوده ۳ الی ۸ میکرومتر و گرانول‌های نشاسته ذرت حدود ۱۵ میکرومتر است [۲۳]. همچنین دانه‌های ذرت به طور معمول بافت کاملاً سخت، دارند. گرانول‌های شکسته شده بیانگر وجود پیوند بسیار قوی بین نشاسته و پروتئین است [۱]. نشاسته‌های صدمه دیده نیز جذب آب بالایی دارند لذا باعث افزایش ویسکوزیته می‌شوند.

علاوه بر ویسکوزیته خمیر به فاکتورهای متعددی از جمله نسبت آمیلوز به آمیلوپکتین، حضور ترکیبات فعال سطحی، تجمع پروتئین‌ها در اثر حرارت و حضور لیپیدهای قطبی در ترکیب هم بستگی دارد. لیپیدهای قطبی از طریق پایداری حباب‌های گازی در طی فرآیند پخت در بهبود حجم موثر هستند [۲۵]. ویژگی نگهداری گاز توسط پروتئین به توانایی متورم شدن و خصوصیات امولسیفایری آنها بستگی دارد [۲۶]. با افزایش آرد QPM سفید با محتوای پروتئینی بالاتر و قوی‌تر از آرد برنج، در سطوح بالا، حباب‌های ریز و فشرده‌تری نسبت به نمونه شاهد در بافت کیک تشکیل گردید و حجم کیک کاهش پیدا کرد. همچنین همانطور که در نتایج آزمون ویسکوزیته ذکر شد افزایش آرد QPM سبب افزایش ویسکوزیته هم می‌شود و در سطوح بالاتر به همراه صمغ زانتان سبب افزایش بیش از اندازه ویسکوزیته شده که این امر باعث کاهش ورود و توزیع نامناسب حباب‌های هوا می‌شود. خاتمی و همکاران (۱۳۹۴) در مطالعه خود بر روی تولید کیک فاقد گلوتن با استفاده از آرد سورگوم و برنج گزارش کردند که آرد سورگوم در سطوح بالا به دلیل محتوای پروتئینی بیشتر، افزایش بیش از اندازه ویسکوزیته و همچنین به دلیل عدم حضور لیپیدهای قطبی، سبب کاهش حجم کیک می‌گردد [۱۴]. ترکیب اسیدهای چرب لیپیدهای ذرت مشابه سورگوم و ارزن است [۱].

۳-۴- ارزیابی تخلخل

نتایج تاثیر متقابل افزودن آرد QPM و صمغ زانتان بر ویژگی تخلخل در جدول ۱ آورده شده است. با بررسی نتایج مشخص شد که با افزودن ۰/۲ درصد صمغ زانتان به نمونه‌های کیک حاوی ۲۵ و ۵۰ درصد آرد QPM، تخلخل کیک افزایش یافت ولی این افزایش تخلخل تفاوت معنی‌داری در مقایسه با نمونه شاهد نداشت ($P > 0.05$) و با افزودن ۰/۲ درصد زانتان به نمونه‌های کیک حاوی ۷۵ و ۱۰۰ درصد آرد QPM تخلخل کیک کاهش معنی‌دار با نمونه شاهد داشت ($P < 0.05$). افزودن ۰/۴ درصد صمغ در تمام سطوح آرد QPM سبب کاهش معنی‌دار تخلخل شد ($P < 0.05$). بر طبق نتایج جدول ۱، نمونه حاوی ۲۵ درصد آرد QPM و ۰/۲ درصد صمغ زانتان بیشترین تخلخل و نمونه ۱۰۰ درصد آرد QPM و ۰/۴ درصد صمغ،

نموده و در فاز پخت آب را از دست می‌دهد. در حالی که شدت آبیگری نشاسته در فاز پخت بیشتر از فاز خمیر است و آب بیشتری را در فاز پخت حفظ می‌کند [۲۴]. همچنین وجود مقدار زیاد نشاسته صدمه دیده در ذرت، سبب افزایش جذب آب می‌شود.

۳-۳- ارزیابی حجم

نتایج تاثیر متقابل افزودن آرد QPM و صمغ زانتان بر ویژگی حجم در جدول ۱ آورده شده است. با بررسی نتایج مشخص شد که با افزایش آرد QPM تا سطح ۵۰ درصد در ترکیب با هر سه سطح از صمغ زانتان، اختلاف معنی‌داری با نمونه شاهد مشاهده نشد ولی جایگزینی سطوح ۷۵ و ۱۰۰ درصد از آرد QPM سبب کاهش معنی‌دار حجم نمونه‌های کیک گردید ($P < 0.05$). همچنین مشاهده شد که با افزودن ۰/۲ درصد صمغ زانتان به نمونه‌های کیک حاوی ۲۵ و ۵۰ درصد آرد QPM، حجم کیک افزایش یافت ولی این افزایش حجم اختلاف معنی‌داری با نمونه شاهد نداشت ($P > 0.05$) و با افزودن ۰/۲ درصد زانتان به نمونه‌های کیک حاوی ۷۵ و ۱۰۰ درصد آرد QPM، حجم کیک نسبت به نمونه شاهد کاهش معنی‌داری داشت ($P < 0.05$). افزودن ۰/۴ درصد صمغ در تمام سطوح آرد QPM سبب کاهش حجم شد و این کاهش حجم در سطوح ۷۵ و ۱۰۰ درصد آرد QPM معنی‌دار بود ($P < 0.05$) بر اساس نتایج جدول ۱، نمونه حاوی ۲۵ درصد آرد QPM و ۰/۲ درصد صمغ زانتان بیشترین حجم و نمونه ۱۰۰ درصد آرد ذرت و ۰/۴ درصد صمغ کمترین حجم را نشان داد.

افزودن صمغ زانتان باعث افزایش ویسکوزیته و تشکیل شبکه شبه گلوتن می‌شود، بنابراین افزودن سطح مطلوب از صمغ زانتان با ایجاد ویسکوزیته مطلوب خمیر سبب گسترش یکنواخت حباب‌های هوا در حین مخلوط کردن می‌شود و از طریق تثبیت حباب‌های گاز در مرحله پخت سبب افزایش حجم می‌شود. همچنین افزودن سطح بیشتر از صمغ زانتان با افزایش بیش از اندازه ویسکوزیته خمیر، اجازه ورود حباب‌های هوا به داخل خمیر را در حین مخلوط کردن نمی‌دهد و در نتیجه حجم کاهش می‌یابد [۱۴]. همچنین نتایج نشان داد که با افزایش جایگزینی آرد QPM، حجم تیمارهای کیک کاهش پیدا کرد. افزایش حجم

افزایش سلول‌های گازی وجود ندارد و تخلخل کیک کاهش می‌یابد [۱۱]. همچنین نتایج نشان داد که حضور بیش از اندازه آرد QPM با محتوای پروتئینی بالا و قوی، سبب کاهش تخلخل کیک شد. خاتمی و همکاران (۱۳۹۴) هم در پژوهش خود گزارش کردند حضور بیش از اندازه آرد سورگوم به دلیل افزایش بیش از اندازه پروتئین و به تبع آن افزایش بیش از حد ویسکوزیته خمیر، مانع از تشکیل شبکه قوی در بافت کیک شده و در نتیجه امکان توزیع حباب‌های گازی در بافت وجود نداشته و سبب فشرده شدن کیک می‌گردد [۱۴].

کمترین تخلخل را نشان داد. ترابی و همکاران (۲۰۰۸) در پژوهش خود گزارش کردند که میزان تخلخل بافت کیک به پایداری سلول‌های گازی در خمیر و جلوگیری از به هم پیوستگی آنها و همچنین به اندازه یکنواخت حباب‌های گازی بستگی دارد. اگر ویسکوزیته خمیر پایین باشد خمیر قادر به نگهداری حباب‌های به دام انداخته شده نخواهد بود و این حباب‌ها به راحتی به سطح آمده و در اثر حرارت پخت از بین می‌روند و تخلخل کیک کاهش پیدا می‌کند [۲۷]. براساس نتایج عوض صوفیان و همکاران (۱۳۹۳) در مقادیر بالای درصد صمغ به دلیل ایجاد ویسکوزیته زیاد خمیر امکان توزیع یکنواخت و

Table 1 Interaction effect of xanthan gum and QPM flour on moisture content, volume, and porosity of gluten-free cake samples.

Porosity(%)	Volume(cm ³)	Moisture(%)	Xanthan Gum	White QPM flour	Treatment
72.29±0.36 ^{ab}	57.80±0.56 ^{abc}	21.87±0.34 ^f	0	0	Control
71.82±0.14 ^b	58.20±0.56 ^{ab}	22.71±0.1 ^{cde}	0	25	1
73.27±0.21 ^a	58.49±0.26 ^a	22.34±0.05 ^{fd}	0.2	25	2
55.18±0.72 ^c	57.15±0.35 ^{bc}	22.89±0.29 ^{cdbe}	0.4	25	3
72.06±0.54 ^b	57.52±0.65 ^{abc}	22.25±0.16 ^{fe}	0	50	4
72.64±0.13 ^{ab}	57.91±0.23 ^{abc}	22.97±0.56 ^{cadbe}	0.2	50	5
47.20±0.64 ^f	57.07±0.1 ^c	23.06±0.05 ^{cadb}	0.4	50	6
70.45±0.16 ^c	57.35±0.63 ^{bc}	22.73±0.05 ^{cde}	0	75	7
46.61±0.67 ^f	54.91±0.7 ^d	23.10±0.62 ^{cadb}	0.2	75	8
37.63±0.69 ^g	50.1±0.14 ^{bcd}	23.64±0.65 ^{ab}	0.4	75	9
67.71±0.39 ^g	52.53±0.44 ^e	23.15±0.63 ^{cab}	0	100	10
46.68±0.06 ^f	52.04±0.07 ^e	23.18±0.22 ^{cab}	0.2	100	11
37.19±0.54 ^f	49.73±0.21 ^f	23.74±0.56 ^a	0.4	100	12

Data are means ±SD. Means of the same column followed by different letters are significantly different (P<0.05).

شاخص کاهش و با افزایش آرد QPM میزان این شاخص افزایش پیدا کرد. رنگ پوسته کیک در طی پخت، توسط واکنش میلارد و کاراملیزاسیون ایجاد می‌شود [۲۸]. حضور صمغ با محدود کردن سرعت واکنش‌های قهوه‌ای شدن میلارد سبب افزایش روشنایی پوسته می‌گردد [۱۴]. هیدروکلوئیدها با حفظ رطوبت و ممانعت از خروج آب در حین فرآیند پخت سبب کاهش تغییرات سطح پوسته محصول نهایی می‌شوند که این امر می‌تواند در افزایش شاخص L* مؤثر باشد [۱۲]. ترابی و همکاران (۲۰۰۸) در مطالعه خود بر روی فرمولاسیون نان بدون گلوتن گزارش کردند که افزودن زانتان موجب کاهش سرعت واکنش میلارد، کاهش تولید ترکیبات رنگی و در نتیجه افزایش شاخص روشنایی پوسته کیک می‌شود [۲۷]. عوض صوفیان و همکاران (۱۳۹۳) نیز در بررسی‌های خود دریافتند که افزودن

۳-۵- ارزیابی رنگ پوسته

نتایج آنالیز آماری داده‌های مربوط به شاخص‌های رنگ پوسته، (L* شاخص روشنایی، (b* شاخص زردی، (a* شاخص قرمزی در جدول ۲ گزارش شده است. در بررسی شاخص L* و b* تیمارهای کیک مشخص شد که بیشترین میزان شاخص L* و b* مربوط به نمونه حاوی ۲۵ درصد آرد QPM و ۰٫۴ درصد صمغ زانتان و کمترین میزان این دو شاخص مربوط به نمونه حاوی ۱۰۰ درصد آرد QPM و صفر درصد زانتان بود که با نمونه شاهد به شکل معنی‌داری اختلاف داشتند (P<0.05). به طور کلی، حضور صمغ در فرمولاسیون کیک سبب افزایش روشنایی و زردی رنگ پوسته و حضور آرد QPM سبب کاهش شدت این دو شاخص رنگی شد. همچنین در بررسی شاخص a* رنگ پوسته نیز مشخص شد که با افزایش صمغ زانتان میزان این

آمینه گوگرددار [۲۹ و ۳۰] است و در نتیجه واکنش بین اسیدهای آمینه آزاد و قند احیا در طول پخت کیک شدیدتر، غلظت ترکیبات رنگی حاصل از واکنش میلارد بیشتر و رنگ پوسته کیک تیره‌تر می‌گردد [۱۵]. بیلگزی و لونت (۲۰۱۱) گزارش کردند که افزودن آرد لوبیای لوبین و باکویت به دلیل محتوای بالای پروتئین و سرعت بخشیدن به واکنش‌های قهوه‌ای شدن میلارد سبب تیره‌تر شدن رنگ پوسته کیک می‌گردد [۳۱].

زانتان به شکل معنی‌داری سبب زردتر و روشن‌تر شدن رنگ پوسته و کاهش ته رنگ قرمز در نمونه‌های کیک گردید [۱۱]. همانطور که نتایج نشان داد آرد QPM با محتوای پروتئینی بالا سبب تیره‌تر شدن رنگ پوسته کیک شد. سبحانی و همکاران (۱۳۹۴) در بررسی‌های خود گزارش کردند که آرد بدون چربی دانه کدو موجب کاهش معنی‌دار شاخص روشنایی پوسته شد زیرا دانه کدو حاوی میزان پروتئین بالا و مقادیر بالای اسیدهای

Table 2 Interaction effect of xanthan gum and QPM flour on color indices of gluten-free cake samples.

b*	a*	L*	Xanthan Gum	White QPM flour	Treatment
43.48±0.045 ^b	19.47±0.14 ^{cd}	66.39±0.23 ^a	0	0	Control
41.82±0.81 ^c	19.93±0.02 ^{bcd}	61.65±0.12 ^{cd}	0	25	1
42.23±0.24 ^c	19.54±0.67 ^{cd}	62.66±0.55 ^{bc}	0.2	25	2
45.12±0.75 ^a	18.68±0.13 ^e	67.34±0.48 ^a	0.4	25	3
40.55±0.35 ^d	20.38±0.11 ^{ba}	59.5±0.1 ^c	0	50	4
42.29±0.98 ^c	19.57±0.71 ^{cd}	63.40±0.48 ^b	0.2	50	5
42.88±0.42 ^{bc}	19.30±0.14 ^{ba}	63.72±0.21 ^b	0.4	50	6
37.05±0.26 ^f	20.43±0.28 ^{ba}	59.09±0.97 ^{fc}	0	75	7
38.76±0.11 ^e	20.12±0.14 ^{bc}	61.10±0.97 ^d	0.2	75	8
39.72±0.53 ^{ed}	19.66±0.23 ^{bcd}	61.28±0.23 ^d	0.4	75	9
33.93±0.19 ^g	20.96±0.36 ^a	57.10±0.71 ^g	0	100	10
36.56±0.32 ^f	20.27±0.01 ^{abc}	57.86±0.37 ^{gf}	0.2	100	11
37.24±0.39 ^f	19.96±0.34 ^{bcd}	58.73±0.76 ^{cf}	0.4	100	12

Data are means ±SD. Means of the same column followed by different letters are significantly different (P<0.05).

(۲۰۰۸) در مطالعه خود بر روی تولید کیک با استفاده از آرد نخود و گندم به این نتیجه رسیدند که آرد نخود با محتوای پروتئینی بالا در فرمولاسیون کیک سبب افزایش سفتی می‌گردد [۳۳].

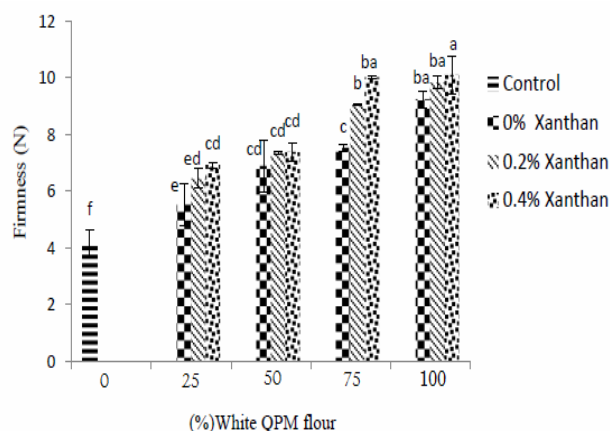


Fig. 2 Interaction effect of xanthan gum and QPM flour on firmness of gluten-free cake samples. Bars carrying different letters are significantly different (P<0.05) from each other.

۳-۶- ارزیابی سفتی بافت مغز کیک

نتایج بررسی اثر متقابل صمغ زانتان و آرد QPM در فاصله زمانی ۲ ساعت پس از پخت (شکل ۲)، نشان داد که میزان سفتی تمام نمونه‌های کیک حاوی صمغ زانتان و آرد QPM نسبت به نمونه شاهد به طور معنی‌داری افزایش یافت (P<0.05). ترابی و همکاران (۲۰۰۸) در مطالعه خود گزارش کردند که مخلوط صمغ زانتان و گوار بدون امولسیفایر سبب تشکیل دیواره‌های ضخیم در اطراف سلول‌های گازی در مغز کیک می‌شوند و در نتیجه سفتی کیک افزایش می‌یابد [۲۷]. ایوبی و همکاران (۱۳۸۷) نیز گزارش کردند که صمغ زانتان سبب افزایش سفتی بافت کیک می‌شود [۳۲]. همچنین با افزایش آرد QPM سفید با محتوای پروتئینی بالا، قوی و عدم توانایی تشکیل شبکه ویسکوالاستیک، حباب‌های ریزتر و به هم فشرده‌تری تشکیل می‌شد و تخلخل کیک به دلیل عدم تورم مناسب در برابر گاز ایجاد شده، کاهش پیدا می‌کرد. لذا مقاومت ساختمان کیک (سفتی)، در برابر نیروی وارد شده توسط پروب دستگاه افزایش یافت. گومز و همکاران

۴-۷- ارزیابی حسی

داشتند ($P < 0.05$). بررسی نتایج پذیرش کلی نیز نشان داد که جایگزین نمودن ۱۰۰ درصد آرد QPM در ترکیب با ۰/۲ و ۰/۴ درصد صمغ زانتان با نمونه شاهد اختلاف معنی‌داری داشتند ($P < 0.05$) و کمترین امتیاز را کسب نمودند. سایر تیمارها با نمونه شاهد، اختلاف معنی‌داری نداشتند. به طور کلی نتایج ارزیابی حسی نشان داد که با جایگزین نمودن سطوح بالای آرد QPM سفید از مقبولیت کیک کاسته شده و حضور صمغ زانتان در ترکیب با سطوح پایین آرد QPM سفید، سبب ارتقاء کیفیت محصول نهایی شد. خاتمی و همکاران (۱۳۹۴) نیز در پژوهش خود گزارش کردند که جایگزین نمودن آرد سورگوم تا سطح ۳۰ درصد در کیک برنج اثر معنی‌داری بر خصوصیات حسی و ارگانولپتیکی آن ندارد که بیانگر مشتری‌پسندی محصول می‌باشد [۱۴].

نتایج اثر آرد QPM سفید در ترکیب با صمغ زانتان بر روی ویژگی عطر و طعم نشان داد که جایگزین نمودن کامل آرد QPM سفید در ترکیب با صمغ زانتان، اختلاف معنی‌داری با سایر نمونه‌ها داشت ($P < 0.05$) و از مقبولیت کمتری برخوردار بود. همچنین نتایج مربوط به ویژگی رنگ پوسته هم نشان داد که نمونه‌های حاوی صمغ زانتان در ترکیب با سطوح پایین آرد QPM سفید، نسبت به سطوح بالا اختلاف معنی‌داری داشتند ($P < 0.05$) و امتیاز بیشتری را کسب کردند. زیرا آرد QPM سبب تیره‌تر شدن نمونه‌های کیک شده است. صمغ زانتان هم سبب روشن‌تر شدن نمونه‌ها می‌شود. از نظر ویژگی بافت و ظاهر نمونه نیز تیمارهایی با سطوح پایین آرد QPM امتیاز بالایی را نسبت به سطوح بالا کسب نمودند و اختلاف معنی‌داری

Table 3 Interaction effect of xanthan gum and QPM flour on sensory properties of gluten-free cake samples

Overall acceptance	Flavor	Texture	Appearance	Color	Xanthan Gum	White QPM flour	Treatment
4.37±0.51 ^{ab}	4.12±0.35 ^{ab}	4.12±0.83 ^a	4.75±0.46 ^a	4.50±0.53 ^{ab}	0	0	Control
4.37±0.51 ^{ab}	4.25±0.46 ^a	4.12±0.83 ^a	4.62±0.51 ^{ab}	4.50±0.53 ^{ab}	0	25	1
4.75±0.46 ^a	4.37±0.74 ^a	4.62±0.74 ^a	4.75±0.46 ^a	4.87±0.35 ^a	0.2	25	2
3.87±0.64 ^{bc}	3.87±0.64 ^{abc}	4.12±0.35 ^a	4.37±0.51 ^{abc}	4.62±0.51 ^a	0.4	25	3
3.87±0.83 ^{bc}	4.12±0.83 ^{ab}	4±0.92 ^a	4.25±0.88 ^{abcd}	4.25±0.88 ^{abc}	0	50	4
3.87±0.64 ^{bc}	3.75±0.70 ^{abc}	4±0.53 ^a	4.25±0.70 ^{abcd}	4.62±0.51 ^a	0.2	50	5
3.87±0.83 ^{bc}	3.87±0.64 ^{abc}	4±0.75 ^a	4.12±0.64 ^{abcd}	4.50±0.53 ^{ab}	0.4	50	6
3.75±0.46 ^{bc}	3.37±0.91 ^{bc}	3.25±0.46 ^b	4.12±0.83 ^{abcd}	3.50±0.75 ^d	0	75	7
3.75±0.46 ^{bc}	3.87±0.35 ^{abc}	3.25±0.46 ^b	3.87±0.35 ^{dc}	3.87±0.64 ^{bcd}	0.2	75	8
3.75±0.46 ^{bc}	3.75±0.46 ^{abc}	3±0.53 ^b	3.62±0.51 ^d	3.75±0.70 ^{cd}	0.4	75	9
3.75±0.46 ^{bc}	3.87±0.64 ^{abc}	3.12±0.35 ^b	4±0.75 ^{bcd}	3.50±0.75 ^d	0	100	10
3.37±0.51 ^c	3.37±0.74 ^{bc}	3.12±0.35 ^b	3.62±0.51 ^d	3.62±0.74 ^{cd}	0.2	100	11
3.50±0.53 ^c	3.25±0.70 ^c	2.87±0.64 ^b	3.62±0.51 ^d	3.75±0.70 ^{cd}	0.4	100	12

Data are means ±SD. Means of the same column followed by different letters are significantly different ($P < 0.05$).

مجموع، نمونه کیک حاوی ۲۵ درصد آرد QPM در ترکیب با ۰/۲ درصد زانتان به دلیل اینکه تأثیر خوبی بر روی ویژگی‌های فیزیکی و حسی کیک فاقد گلوتن داشت امتیاز بیشتری را در آزمون‌های ارزیابی کسب نمود، ولی با وجود کسب امتیاز بیشتر، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با نمونه شاهد نداشت.

۵- نتیجه گیری کلی

به طور کلی با جمع بندی نتایج آزمون‌های فیزیکی و حسی مشخص شد که با افزایش سطح جایگزینی آرد QPM سفید، از مقبولیت و مطلوبیت کیک کاسته شد. همچنین حضور صمغ زانتان در حد مطلوب در ترکیب با سطوح پایین آرد QPM سفید، سبب ارتقاء کیفیت محصول نهایی شده است و در

۶- منابع

- [11] Avazsufiyan, A., Aalami, M., Sadeghi Mahoonak, A., Ghorbani, M., and Ziaiiifar, A. M. 2014. Application of sweet almond meal and xanthan gum in the production of gluten-free cake. *Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology* (in persian), 3(2), 185-196.
- [12] Naghipour, F., Karimi, M., Habibi Najafi, M. B., Hadad Khodaparast, M. H., Sheikholeslami, Z., Ghiafeh Davoodi, M., and Sahraiyani, B. 2013. Investigation on production of gluten free cake utilizing sorghom flour, guar and xanthan gums. *Journal of Food Science and Technology* (in persian), 10 (4), 127-139.
- [13] Mehraban Shendi, A., Aalami, M., and Ghorbani, M. 2013. Evaluation of physicochemical properties of gluten free batter and sponge cake. A thesis of M.Sc. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.
- [14] 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.
- [15] 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.
- [16] Serna-Saldivar, S., O., Amaya Guerra, C., A., Herrera Macias, P., Melesio Cuellar, J., L., Preciado Ortiz, R., E., Terron Ibarra, A., D., Vazquez Carrillo, G. 2008. Evaluation of the Lime-Cooking and Tortilla Making Properties of Quality Protein Maize Hybrids Grown in Mexico. *Plant Foods Hum Nutr*, 63, 119-125.
- [17] Bennion, E. B., Bamford, G. S. T., and Bent, A. J. 1997. Cake-making processes. In: E. B. Bennion, (Ed). *The Technology of Cake Making*. Springer. USA, 251-274.
- [18] 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*, 41, 227-232.
- [1] Delcour, J. A., and Hosenev, R. C. 2010. *Principales of Cereal Science and Technology*. Translated by Aalami, M. Mashhad Jehad Daneshgahi Press, 524.
- [2] Moreira, R., Chenlo, F., and Torres, M. D. 2012. Effect of chia (*Sativa hispanica L.*) and hydrocolloids on the rheology of gluten free doughs based on chesnut flour. *LWT- Food Science and Technology*. In Press.
- [3] Ciccocioppo, R., and Corazza, G. R. 2005. Is a life-long gluten-free diet for patients with celiac disease successful? *Nature Clinical Practice Gastroenterology and Hepatology*, 2(7), 290-291.
- [4] Prasanna, B., M., Vasal, S., K., Kassahun, B., and Singh, N., N. 2001. Quality protein maize. *Current Science*, 10, 1308-1319.
- [5] Vasal S., K. 2000. The quality protein maize story. *Food and Nutrition Bulletin*, 21, 445-450.
- [6] Sproule, A., M., Serna-Saldivar, S., O., Bockholt, A. J., Rooney, L., W., & Knabe, D., A. 1988. Nutritional evaluation of tortillas and tortilla chips from quality protein maize. *Cereal Foods World*, 33, 233-236.
- [7] Paes M., C., D., Bicudo M., H. 1994. Nutritional Perspectives of Quality Protein Maize. in: *Quality Protein Maize: 1964-1994. Proceedings of the International Symposium on Quality Protein Maize*, Sete Lagoas, MG, Brazil, 65-78.
- [8] Gallagher, E., Gormley, T. R., and Arendt, E. K. 2004. Recent advances in the formulation of gluten free cereal based. *Journal of Food Science and Technology*, 15, 143-152.
- [9] Gomez, M., Ronda, F., Coballera, P. A., Blanco, C. A., and Rosell, C. M. 2007. Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes. *Food Hydrocolloid*, 21, 167-173
- [10] Turabi, E., Sumnu, G., and Sahin, S. 2010. Quantitative analysis of macro and micro-structure of gluten-free rice cake containing different types of gums baked in different oven. *Food Hydrocolloids*, 24, 755-76.

- formulated with different gums and an emulsifier blend. *Food Hydrocolloids*, 22, 305-312.
- [28] Majzoobi, M., Darabzadeh, N., and Farahnaky, A. 2012. Effects of percentage and particle size of wheat germ on some properties of batter and cake. *Journal of Food Processing and Preservation*, 38, 1154-1170.
- [29] EL-Adawy, T. A., and Taha, K. M. 2001. Characteristics and composition of different seed oils and flours. *Food chemistry*, 74,47-54.
- [30] Glew, R., Glew, R., Chuang, L., T. Huanq, Y. S., Millson, M., Constans, D., Vanderjagt, D. 2006. Amino acid, mineral and fatty acid content of pumpkin seeds (*Cucurbita* spp) and *Cyperus esculentus* nuts in the Republic of Niger. *Plant Foods for Human Nutrition*, 61, 49-54.
- [31] Levent, H., and Bilgicli, N. 2011. Effect of Gluten-Free Flours on Physical Properties of Cakes. *Journal of Food Science and Engineering*, 1, 354-360.
- [32] Ayoubi, A., Habibi Najafi, M. B., and Karimi, M. 2008. Effect of whey protein concentrate, guar and xanthan gums on the quality and physicochemical properties of muffin cake. *Journal of Iranian Food Science and Technology Research (in Persian)*, 4, 33-46.
- [33] Gomez, M., Oliete, B., Rosell, C. M., Pando, V., and Fernandez, E. 2008. Studies on cake quality made of wheat- chickpea flour blends. *LWT - Food Science and Technology*, 41, 1701-1709.
- [19] AACC. 2000. American Association of Cereal Chemists. Approved Methods of the AACC, (10thed.).
- [20] Haralick, R. M., Shanmugam, K., and Dinstein, I. 1973. Textural features for image classification. *IEEE Transactions of ASAE*, 45, 1995-2005.
- [21] Zheng, C., Sun, D.W., & Zheng, L. 2006. Recent developments and applications of image features for food quality evaluation and inspection - a review. *Trends in Food Science and Technology*, 17: 642-655.
- [22] Arshad, M.U., Anjum, F.M., and Zahoor, T. 2007. Nutritional assessment of cookies supplemented with defatted wheat germ. *Food Chemistry*, 102, 123-128.
- [23] Lineback, D. R., and Rasper, V. F. 1988. Wheat carbohydrates. In: Y. Pomeranz., (Ed). *Wheat: Chemistry and Technology*. Cereal Chem., St. Paul, MN, 277-372.
- [24] Rajabzadeh, N. 2014. *Technology of Cereal and Cereal Products*. University of Tehran Press, 3570.
- [25] Schober, T. 2009. Gluten-free food science and technology. In: Gallagher, E. Wiley-blackwell, Oxford.
- [26] Ziobro, R., Witczak, T., Juszczak, L., and Korus, J. 2013. Supplementation of gluten-free bread with non-gluten proteins. Effect on dough rheological properties and bread characteristic. *Food Hydrocolloids*, 32, 213-220.
- [27] Turabi, E., Sumnu, G., and Sahin, S. 2008. Rheological properties and quality of rice cake

Effects of the addition of white maize flour and xanthan gum on physical and sensory properties of gluten-free rice cake

Yanpi, M. ¹, Aalami, M. ^{2*}, Mohammadzadeh, J. ³, Sadeghi, A. R. ⁴, Kashiri, M. ⁵

1. M. Sc. student, Department of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, gorgan, Iran.
2. Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, gorgan, Iran.
3. Assistant Professor, Department of Agricultural Engineering Research, Agricultural and Natural Resources Research Center, Gorgan, Iran
- 4, 5. Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, gorgan, Iran.

(Received: 2016/06/14 Accepted: 2016/07/26)

Celiac is a digestion autoimmune disease. When people with celiac disease eat gluten, their body raises an immune response that attacks the small intestine. Currently, the only treatment for celiac disease is a lifelong gluten-free diet. Therefore, development and quality improvement of gluten-free cereal products is of great importance. Quality protein maize (QPM) is a kind of modified maize in which the amount of tryptophan and lysine amino acids is about two times greater than those of ordinary maize. In the present research work, rice flour was replaced by QPM flour at levels of 25, 50, 75, and 100 % and xanthan gum was used at two different levels of 0.2 and 0.4% for production of gluten-free cake. Gluten-free batters and cakes were analysed in terms of their physical and sensory properties. Results showed that by increasing amounts of xanthan gum and white QPM flour, batter viscosity, moisture content and firmness of cakes were increased. It was found that a combination of suitable amount of xanthan gum and low levels of QPM flour could improve the volume and porosity of cake samples due to appropriate viscosity. Brightness and yellowness of cake samples decreased by increasing amount of QPM flour and increased by increasing the amount of xanthan. Cake samples containing 100% of QPM flour in combination with xanthan gum, had the lowest sensory score, while the highest score belonged to cake sample containing 25% of QPM flour and 0.2% xanthan gum.

Key words: Celiac, White maize, Xanthan gum, Cake

* Corresponding Author E-Mail Address: mehranalami@gmail.com