



بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی کیک اسفنجی فاقد گلوتن

علی مهربان شندی^۱ - مهران اعلمی^۲ - شبنم مختاری^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۲/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۰/۱۹

چکیده

سلیاک رایج‌ترین بیماری است که در اثر مصرف گلوتن بروز می‌کند و تنها راه درمان آن استفاده از یک رژیم غذایی فاقد گلوتن در تمام طول عمر بیمار است. هدف از این پژوهش، تولید کیک اسفنجی بدون گلوتن به کمک صمغ گوار و آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی (MTG) و بررسی تاثیر آن‌ها بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی کیک تهیه شده از مخلوط آردی بدون گلوتن (۰٪ ارزن - ۱۰۰٪ برنج، ۵۰٪ ارزن - ۵۰٪ برنج و ۱۰۰٪ ارزن - ۰٪ برنج) بود. بدین منظور صمغ گوار در دو سطح ۱ و ۲٪ و آنزیم MTG در سطوح ۰/۲۵ و ۰/۵٪ به فرمولاسیون اضافه شدند. به منظور افزایش میزان اسیدآمین لایزین به عنوان سوسترای آنزیم، ایزوله پروتئینی سویا (SPI) به میزان ۲٪ به نمونه‌های حاوی MTG افزوده شد. نتایج نشان داد که افزودن گوار و MTG سبب کاهش حجم مخصوص کیک می‌شوند. اختلاط دو نوع آرد برنج و ارزن تاثیر معنی‌داری بر میزان رطوبت نمونه‌های تولیدی داشت. افزودن آنزیم و صمغ، افزایش معنی‌داری در میزان رطوبت کیک نشان داد. نتایج نشان داد که نمونه حاوی ۱۰۰ درصد آرد برنج نسبت به دو نمونه دیگر دارای تخلخل کمتری می‌باشد. همچنین با افزایش سطح آنزیم در فرمولاسیون، افزایش معنی‌داری در میزان تخلخل مشاهده شد. در حالی که افزایش صمغ، اختلاف معنی‌داری در میزان تخلخل نمونه‌های تولیدی ایجاد نمود. در مرحله دوم پژوهش، مقایسه‌ای بین بهترین نمونه تولیدی در مرحله اول با نمونه شاهد حاوی ۱۰۰٪ آرد گندم و نمونه بدون گلوتن که فاقد آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی و صمغ گوار بود، انجام گرفت. نتایج مرحله دوم به وضوح، برابری بهترین نمونه مرحله اول با نمونه حاوی ۱۰۰٪ آرد گندم را نشان داد و در میزان هر یک از پارامترهای ارزیابی شده (رطوبت، حجم مخصوص، تخلخل) این دو نمونه اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد مشاهده نگردید.

واژه‌های کلیدی: کیک بدون گلوتن، صمغ گوار، MTG (آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی)، آرد برنج، خواص فیزیکی

مقدمه

Gallagher و همکاران، (۲۰۰۴)، بازار محصولات غله‌ای بدون گلوتن به طور پیوسته‌ای همگام با افزایش بیماری سلیاک و میزان تشخیص آن و یا دیگر حساسیت‌های موجود به گلوتن رو به گسترش و پیشرفت می‌باشد. به نظر می‌رسد که با افزایش تشخیص تعداد بیماران مبتلا به سلیاک در ایران، بایستی به تولید و توزیع مواد اولیه مورد استفاده در این محصولات به ویژه انواع آردهای بدون گلوتن توجه بیشتری نمود. لذا استفاده از آردهای بدون گلوتن نظیر مواد نشاسته‌ای (ذرت، سیب‌زمینی و برنج)، ارزن، کاساوا، ذرت، آمارانت، گندم سیاه و سورگوم در این دسته از محصولات امری اجتناب‌ناپذیر است. به علاوه استفاده از جایگزین‌های مناسب گلوتن نظیر هیدروکلئیدها (Lopez و همکاران، ۲۰۰۴)، آنزیم‌ها و پروتئین‌ها در تهیه محصولات بدون گلوتن امری ضروری است. از جمله آنزیم‌های مورد بحث، ترانس گلوتامیناز (TG) می‌باشد و بین اسیدآمین گلوتامین از یک پروتئین و لایزین از پروتئین دیگر ایجاد پروتئین‌هایی با ویژگی‌های تغذیه‌ای و عملکردی جدید می‌کند. پیوندهای کوالانت ایجاد شده توسط این آنزیم، اثرات منحصر به فردی روی ظرفیت تشکیل ژل، پایداری

کیک به محصولاتی گفته می‌شود که به وسیله فرمولاسیونی بر پایه آرد گندم، شکر، تخم‌مرغ و مایعاتی مانند شیر که ممکن است چربی نیز به آن افزوده شده باشد، تهیه می‌گردد. ماتریکس پروتئینی گلوتن در محصولات صنایع پخت عامل اصلی خواص مهم خمیر نظیر کشش‌پذیری، مقاومت در برابر کشش، قابلیت اتساع، تحمل در حین اختلاط و توانایی نگه‌داری گاز می‌باشد. در واقع از گلوتن تحت عنوان پروتئین ساختمانی جهت تولید نان، کیک، کلوچه و بیسکوئیت یاد می‌شود و فقدان آن در محصولات بدون گلوتن سبب تولید فرآورده‌ای با بافت شکننده، رنگ ضعیف، حجم و تخلخل کم می‌شود

۱ و ۲- به ترتیب کارشناس ارشد و دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه

علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۳- کارشناس ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه ارومیه

* - نویسنده مسئول: (Email: mehranalami@yahoo.com)

DOI: 10.22067/iftst.v13i5i0.45057

خصوصیات فیزیکوشیمیایی آرد ارزن و برنج

ترکیبات شیمیایی آرد ارزن و برنج بر اساس روش‌های استاندارد (AACC، ۲۰۰۰) اندازه‌گیری شد. مقدار رطوبت با استفاده از روش آون به شماره ۱۶-۴۴، مقدار خاکستر با استفاده از روش پایه به شماره ۰۱-۰۸، مقدار پروتئین با استفاده از روش کلدال به شماره ۱۲-۴۶، مقدار چربی با استفاده از روش مصوب ۱۰-۳۰ و گلوتن با استفاده از روش مصوب ۱۱-۳۸ تعیین گردید.

تهیه خمیر و تولید کیک

خمیر کیک از آرد ارزن و برنج و مخلوط آن‌ها به مقدار ۲۸/۴ درصد، ۲۲ درصد پودر شکر، ۱۷/۵ درصد روغن، ۲۲ درصد تخم‌مرغ، ۰/۵ درصد بیکنینگ پودر، ۰/۶۱ درصد شیرخشک، ۱/۲۳ درصد پودر آب‌پنیر، ۰/۱۵ درصد وانیل و آب به میزان ۷/۶۱ درصد تهیه گردید (پیغمبردوست، ۱۳۸۶). در ابتدا به‌منظور تهیه خمیر کیک، روغن و پودر شکر به مدت ۱۰ دقیقه با استفاده از یک همزن برقی مدل (Electra EK-230M، ژاپن) با سرعت ۱۲۸ دور در دقیقه مخلوط شدند تا یک کرم روشن حاوی حباب‌های هوا ایجاد گردد. سپس تخم مرغ در ۴ نوبت به آن افزوده شد. سپس همه مواد پودری باهم الک شد و در مرحله بعد به خمیر اضافه گردید تا خمیر به‌صورت نیمه‌صاف درآید. و در مرحله آخر آب اضافه گردید تا خمیر به‌صورت صاف درآمد. از آن جا که MTG اتصال پتیدی بین اسیدهای آمینه گلوتامین و لایزین را ایجاد می‌کند و با توجه به این که ارزن و برنج از گلوتامین غنی و از لایزین فقیر می‌باشند، به‌منظور افزایش میزان لایزین قابل دسترس، ایزوله پروتئینی سویا (SPI) به میزان ۲٪ به نمونه‌های تیمار شده با MTG اضافه شد. در این پژوهش متغیرهای مورد بررسی صمغ گوار (۱ و ۲ درصد)، آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی (۰/۲۵ و ۰/۵ درصد) و آرد ارزن و برنج (۰٪ آرد: ۱۰۰٪ برنج، ۵۰٪ آرد: ۵۰٪ برنج و ۱۰۰٪ آرد: ۰٪ برنج) بود که به مخلوط اضافه گردید. در ادامه با استفاده از یک قیف پارچه‌ای (Lebensmittelecht، آلمان) ۵۰ گرم از خمیر تهیه شده، درون کاغذهای مخصوص کیک که درون قالب‌ها قرار گرفته بودند، ریخته شد. سپس عمل پخت در آون آزمایشگاهی مدل قائم در دمای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت زمان ۲۰ دقیقه انجام گردید. پس از سرد شدن، هر یک از نمونه‌ها در کیسه‌های پلی‌اتیلنی به‌منظور ارزیابی خصوصیات کمی و کیفی، بسته‌بندی و در دمای محیط نگهداری شدند (نقی پور و همکاران، ۱۳۹۱ الف و ب).

اندازه‌گیری درصد رطوبت کیک

جهت انجام این آزمایش از استاندارد AACC، ۲۰۰۰ شماره ۱۶-۴۴ استفاده گردید. برای اندازه‌گیری رطوبت نمونه‌ها در فاصله زمانی

حرارتی و ظرفیت نگه‌داری آب پروتئین‌ها دارد و در فرآورده‌های دریایی، صنعت گوشت، نودل و پاستا، لبنیات، نانوبی و ... کاربردهای فراوانی پیدا کرده است (کورایشی و همکاران، ۲۰۰۱) حضور MTG در خمیر نان، باعث کاهش اجزای پروتئین‌های آلبومین و گلوبولین و افزایش مقادیر گلایدین می‌شود. زیرواحدهای گلوتمین با وزن مولکولی بالا به وسیله MTG به یکدیگر اتصال پیدا می‌کنند. به دلیل این که آلبومین و گلوبولین در شکل گرفتن خمیر نقشی ندارند، MTG پروتئین‌های مذکور را به یکدیگر متصل کرده و آن‌ها را رسوب می‌دهد و این عمل، اثر مفیدی روی کیفیت فرآورده دارد. اثرات مفید MTG به دلیل اتصال زیر واحدهای گلوتمین با وزن مولکولی بالا می‌باشد. MTG با داشتن خاصیت اتصال پروتئینی باعث ترمیم دانه‌های گندم آسیب‌دیده نیز می‌شود (موتوکی و سگارو، ۱۹۹۸؛ کورایشی و همکاران، ۲۰۰۱؛ دینگرا و جوو، ۲۰۰۱).

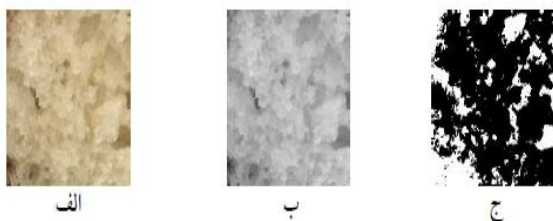
هدف از انجام این پژوهش امکان تولید کیک اسفنجی فاقد گلوتن از آرد برنج و یا ارزن همراه با صمغ گوار و آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی بوده است.

مواد و روش‌ها

مواد

آرد برنج نوع طارم از یک فروشگاه عرضه‌کننده مواد اولیه قنادی تهیه و تا زمان استفاده در یخچال نگه‌داری گردید. ارزن پوست‌کنده معمولی از بازار محلی خریداری و با مدل آسیاب سنگی آسیاب، و به کمک الک با مش ۵۰ سبوس‌گیری شد و تا زمان استفاده در یخچال نگه‌داری شد. شکر مورد استفاده در این تحقیق، شکر موجود در بازار بود. آرد گندم خریداری شده مطابق با استاندارد ملی ایران با شماره ۱۰۳ بود. برای بسته‌بندی کیک‌ها از کیسه‌های پلی‌اتیلنی به ابعاد ۱۵ در ۲۵ سانتی‌متر و ضخامت ۴۰ میکرون، استفاده گردید.

سایر مواد مورد نیاز در تولید کیک شامل بیکنینگ پودر، روغن نباتی مخصوص قنادی، وانیل و شیرخشک از یک فروشگاه عرضه‌کننده مواد اولیه قنادی خریداری و تخم‌مرغ تازه نیز یک روز قبل از تولید روزانه کیک‌ها تهیه و در یخچال نگه‌داری شد. صمغ گوار با نام تجاری MEYPROtm GUAR (E412)، وانیل با نام تجاری RHOVANILLA از شرکت رودیا (فرانسه) و ایزوله پروتئینی سویا (SPI) از شرکت کراون چین تهیه گردید. آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی در بسته‌های ۱۰۰ گرمی از کمپانی یکینگ چین خریداری شد و به‌صورت خشک مورد استفاده قرار گرفت. این آنزیم به دلیل جاذب‌الرطوبه بودن آن، در بسته‌بندی‌های کاملاً غیرقابل نفوذ به هوا نگه‌داری و در طول مدت استفاده درون فریزر و در دمای ۱۵- درجه سانتی‌گراد قرار داده شد.



شکل ۱- نمونه تصویر تبدیل شده: الف: نمونه تصویر مغز کیک، ب: نمونه تصویر خاکستری، ج: نمونه تصویر دودویی

نتایج و بحث

رطوبت

نتایج آنالیز واریانس تأثیر سطوح مختلف اختلاط آرد برنج-ارزن، آنزیم گلوتامیناز میکروبی و صمغ گوار بر میزان رطوبت کیک اسفنجی در جدول ۱ ملاحظه می‌گردد. همچنین در شکل ۲ تأثیر مستقل، نسبت اختلاط آرد برنج-ارزن، آنزیم ترانس گلوتامیناز و صمغ گوار بر میزان رطوبت کیک اسفنجی بدون گلوتن و در جدول ۲ اثر متقابل این سه عامل بر میزان رطوبت کیک اسفنجی بدون گلوتن نشان داده شده است. اختلاط دو نوع آرد بدون گلوتن برنج و ارزن تأثیر معنی داری در سطح ۵ درصد بر میزان رطوبت نمونه‌های تولیدی نداشت. در حالی که بر اساس نتایج شکل ۲ اثر مستقل افزودن آنزیم و صمغ افزایش معنی داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد در میزان رطوبت کیک اسفنجی بدون گلوتن نشان دادند. وراسماعیل و همکاران (۱۳۹۰) در مطالعه خود در زمینه افزودن آنزیم ترانس گلوتامیناز آنزیمی به نان بدون گلوتن، افزایش میزان رطوبت را با افزایش سطح آنزیم در فرمولاسیون گزارش نمودند. همچنین مور و همکاران (۲۰۰۴) نتایج مشابهی را بدست آوردند. این محققین بیان نمودند که شبکه پیوند عرضی بین اسیدهای آمینه گلوتامین و لیزین که در اثر عمل آنزیم گلوتامیناز تشکیل شده است، توانایی به دام انداختن آب را دارد و از این رو سبب افزایش در ظرفیت نگهداری آب می‌شود. از طرف دیگر افزایش ظرفیت جذب آب می‌تواند به علت آمیدزایی از گلوتامین (آمیدزایی در اثر عمل آنزیم) و تبدیل آن به اسید گلوتامیک باشد که سبب کاهش آبگریزی محیط و در نتیجه افزایش جذب آب می‌گردد (جرارد و همکاران، ۱۹۹۸). از آنجا که که هیدروکلوئیدها دارای ماهیت آبدوست هستند و سبب انتشار آب و پایداری حضور آن در سیستم می‌شوند. از این رو با افزودن صمغ به فرمولاسیون محصولات نانوائی افزایش میزان رطوبت در محصول نهایی مشاهده می‌گردد. در این زمینه ایوبی و همکاران (۱۳۹۰) افزایش میزان رطوبت کیک روغنی را با افزایش میزان صمغ گوار و گزانتان گزارش نمودند. بیشترین میزان رطوبت در نمونه حاوی ۱۰۰ درصد آرد برنج، ۰/۵۰ درصد آنزیم گلوتامیناز میکروبی و ۲ درصد

۲ ساعت پس از پخت، در آون (Jeto Tech مدل OF-O2G، ساخت کشور کره جنوبی) با حرارت ۱۰۵-۱۰۰ درجه سانتی‌گراد انجام پذیرفت.

اندازه‌گیری حجم مخصوص

یک قطعه کیک توزین شده داخل ظرف دارای حجم مشخص (V_i) قرار داده شد. بقیه فضای خالی ظرف توسط دانه‌های کلزا پر شد. سپس کیک، خارج و حجم دانه‌های کلزا یادداشت شده (V_s) و حجم کیک از محاسبه (V_i-V_s) بدست آمد.

ارزیابی میزان تخلخل مغز کیک

به منظور ارزیابی میزان تخلخل مغز کیک در فاصله زمانی ۲ ساعت پس از پخت، از تکنیک پردازش استفاده شد. بدین منظور برشی به ابعاد ۲ در ۲ سانتی‌متر از مغز کیک تهیه گردید و به‌وسیله اسکنر (مدل: HP Scanjet G3010) با وضوح ۱۲۰۰ پیکسل تصویربرداری شد (شکل ۱-۲ الف). تصویر تهیه شده در اختیار نرم‌افزار Image J قرار گرفت. با فعال کردن قسمت ۸ بیت^۱، تصاویر سطح خاکستری^۲ (شکل ۱-۲ ب) ایجاد شد. جهت تبدیل تصاویر خاکستری به تصاویر دودویی^۳، قسمت دودویی نرم‌افزار فعال گردید. این تصاویر، مجموعه‌ای از نقاط روشن و تاریک است (شکل ۱-۲ ج) که محاسبه نسبت نقاط روشن به تاریک به‌عنوان شاخصی از میزان تخلخل نمونه‌ها بر آورد می‌شود. بدیهی است که هر چقدر این نسبت بیشتر باشد بدین معناست که میزان حفرات موجود در بافت کیک (میزان تخلخل) بیشتر است. در عمل با فعال کردن قسمت Analysis نرم‌افزار، این نسبت محاسبه و درصد تخلخل نمونه‌ها اندازه‌گیری شد (Haralick و همکاران، ۱۹۷۳).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

نتایج بدست آمده از این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و اثر آنزیم MTG و صمغ گوار بر خصوصیات کیک اسفنجی بدون گلوتن حاصل از آرد ارزن و برنج در قالب طرح فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی انجام گرفت. هریک از نمونه‌ها در سه تکرار تهیه و آزمون‌های مربوطه در مورد آن‌ها انجام شد. میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد (P<0.05) مورد مقایسه قرار گرفتند و جهت رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

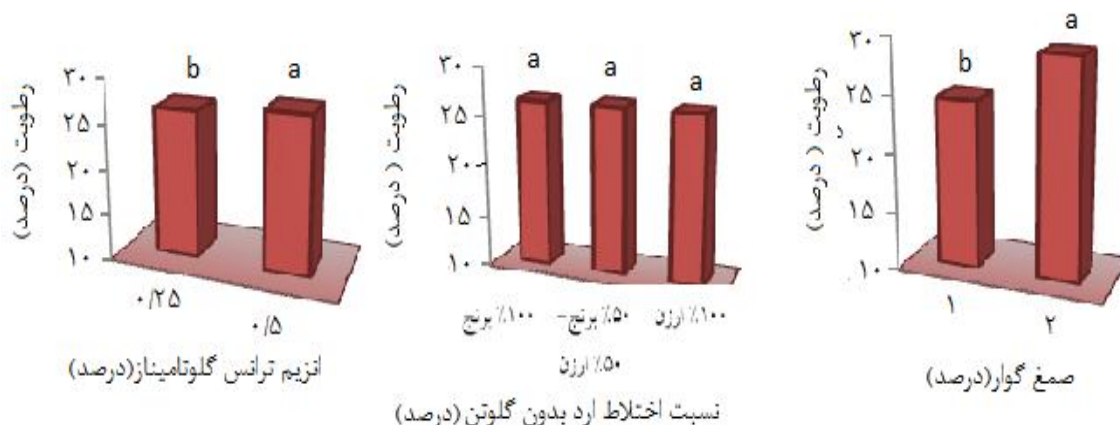
- 1 Bit
- 2 Gray level images
- 3 Binary Images

صمغ گوار، نمونه حاوی نسبت ۵۰-۵۰ آرد برنج-ارزن، ۰/۵۰ درصد آنزیم گلوتامیناز میکروبی و ۲ درصد صمغ آنزیم گلوتامیناز میکروبی و ۲ درصد صمغ گوار و نمونه حاوی ۱۰۰ گوار مشاهده شد.

جدول ۱- آنالیز واریانس تأثیر نسبت اختلاط آرد برنج-ارزن، آنزیم گلوتامیناز و صمغ گوار بر میزان رطوبت کیک اسفنجی بدون گلوتن.

منابع تغییرات	درجه آزادی	رطوبت
نسبت اختلاط آرد برنج - ارزن (A)	۲	**۰/۰۰۰
آنزیم گلوتامیناز (B)	۱	**۵/۹۱۳
صمغ گوار (C)	۱	**۱۷۰/۴۳۳
خطای آزمایش	۲۴	۰/۰۱۱

P<0.01** P<0.05* P>0.05^{ns}



شکل ۲- تأثیر مستقل، نسبت اختلاط آرد برنج-ارزن، آنزیم ترانس گلوتامیناز و صمغ گوار بر میزان رطوبت کیک اسفنجی بدون گلوتن (در هر شکل حروف مشترک از نظر آماری در سطح ۵ درصد با یکدیگر تفاوت معنی داری ندارند).

جدول ۲- اثر متقابل نسبت اختلاط آرد برنج-ارزن، آنزیم گلوتامیناز و صمغ گوار بر میزان رطوبت کیک اسفنجی بدون گلوتن

آرد برنج-ارزن (درصد-درصد)	آنزیم گلوتامیناز (درصد)	صمغ گوار (درصد)	رطوبت (درصد)
-۱۰۰	۰/۲۵	۱	۲۴/۲۳ ± ۰/۱۱ ^d
	۰/۵۰	۲	۲۸/۳۷ ± ۰/۱۱ ^b
۵۰-۵۰	۰/۲۵	۱	۲۴/۸۳ ± ۰/۰۳ ^c
	۰/۵۰	۲	۲۹/۳۸ ± ۰/۱۰ ^a
۱۰۰-۰	۰/۲۵	۱	۲۴/۳۰ ± ۰/۱۹ ^d
	۰/۵۰	۲	۲۸/۳۵ ± ۰/۰۵ ^b
	۰/۲۵	۱	۲۴/۸۲ ± ۰/۰۸ ^c
	۰/۵۰	۲	۲۹/۴۱ ± ۰/۱۴ ^a
	۰/۲۵	۱	۲۴/۱۶ ± ۰/۰۷ ^d
	۰/۵۰	۲	۲۸/۳۵ ± ۰/۰۵ ^b
	۰/۲۵	۱	۲۴/۸۲ ± ۰/۰۳ ^c
	۰/۵۰	۲	۲۹/۳۸ ± ۰/۰۹ ^a

حروف مشابه از نظر آماری در سطح P>0.05 تفاوت معنی داری ندارند

آنزیم گلوتامیناز میکروبی و صمغ گوار بر میزان حجم مخصوص کیک اسفنجی در جدول ۳ ملاحظه می‌گردد. همچنین در شکل ۳ تأثیر

حجم مخصوص نتایج آنالیز واریانس تأثیر سطوح مختلف اختلاط آرد برنج-ارزن،

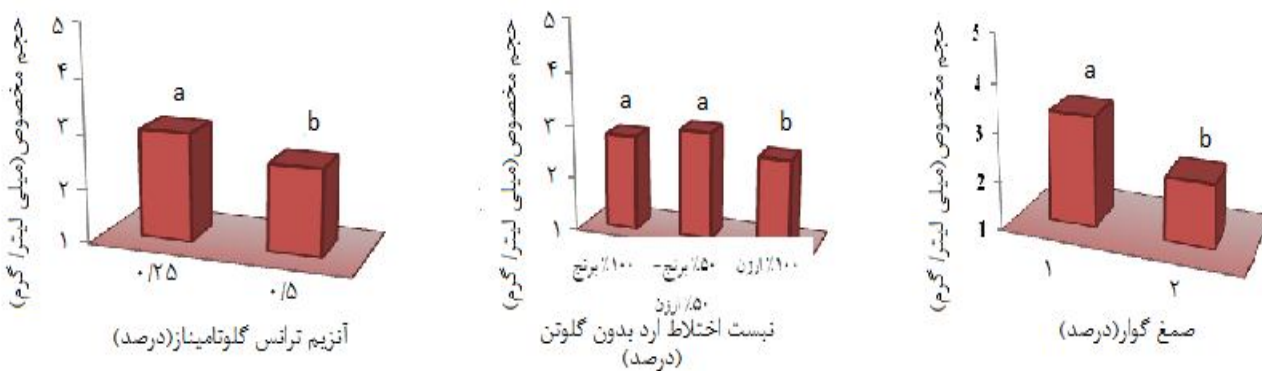
پژوهشگران با نتایج پژوهش حاضر مطابقت داشت. همچنین آروزارنا و همکاران (۲۰۰۱)، دمیرکسن و همکاران (۲۰۱۰ الف و ب) با بررسی اثر صمغ در محصولات خمیری بدون گلوتن با افزایش حجم مخصوص تا سطح ۱ درصد مواجه شدند. به نظر می‌رسد کاهش حجم مخصوص در سطوح بالای افزودن صمغ (بیش از ۱ درصد) به دلیل بیش از اندازه ضخیم شدن حباب‌های هوای ورودی به خمیر و جلوگیری از انبساط آن‌ها در طی فرآیند پخت باشد. در نهایت لازم به ذکر است که بررسی اثر متقابل این سه عامل (نسبت اختلاط آرد برنج - ارزن، آنزیم گلوتامیناز میکروبی و صمغ گوار) نشان داد که بیشترین میزان حجم مخصوص ($3/94 \pm 0/04$) مربوط به نمونه حاوی نسبت ۵۰-۵۰ آرد برنج-ارزن، ۰/۲۵ درصد آنزیم گلوتامیناز میکروبی و ۱ درصد صمغ گوار و کمترین میزان این پارامتر مربوط به نمونه حاوی ۱۰۰ درصد آرد برنج، ۰/۵۰ درصد آنزیم گلوتامیناز میکروبی و ۲ درصد صمغ گوار ($2/10 \pm 0/04$) و نمونه حاوی ۱۰۰ درصد آرد ارزن، ۰/۵۰ درصد آنزیم گلوتامیناز میکروبی و ۲ درصد صمغ گوار ($2/06 \pm 0/03$) بود.

مستقل، نسبت اختلاط آرد برنج-ارزن، آنزیم ترانس گلوتامیناز و صمغ گوار بر میزان حجم مخصوص کیک اسفنجی بدون گلوتن و در جدول ۴ اثر متقابل این سه عامل بر میزان حجم مخصوص کیک اسفنجی بدون گلوتن نشان داده شده است. براساس نتایج اثر مستقل اختلاط دو نوع آرد برنج و ارزن مشخص گردید که نمونه حاوی ۱۰۰ درصد آرد برنج نسبت به دو نمونه دیگر حجم مخصوص کمتری داشت. این در حالی بود که با افزایش سطح آنزیم و صمغ، کاهش معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد در میزان حجم مخصوص کیک اسفنجی بدون گلوتن نشان دادند. در این زمینه نقی‌پور و همکاران (۱۳۹۱) بیان نمودند که افزودن صمغ گوار و گزانتان تا سطح ۱ درصد به فرمولاسیون کیک بدون گلوتن سورگوم، سبب افزایش حجم مخصوص نمونه‌های تولیدی شد و پس از آن کاهش حجم مخصوص گزارش گردید. این محققین گزارش نمودند که افزایش میزان تخلخل تا سطح ۱ درصد نسبت به نمونه فاقد صمغ به دلیل تشکیل شبکه‌ای مشابه شبکه گلوتنی (جهت حفظ حباب‌های هوای ورودی) و تا حدودی افزایش ضخامت دیواره در مقابل پارگی ناشی از انبساط در حین فرآیند پخت محصول بود. نتایج این

جدول ۳- آنالیز واریانس تأثیر نسبت اختلاط آرد برنج-ارزن، آنزیم ترانس گلوتامیناز و صمغ گوار بر میزان حجم مخصوص کیک اسفنجی بدون گلوتن.

منابع تغییرات	درجه آزادی	حجم مخصوص
نسبت اختلاط آرد برنج - ارزن (A)	۲	**۰/۳۸۲
آنزیم گلوتامیناز (B)	۱	**۱/۴۹۲
صمغ گوار (C)	۱	**۹/۲۳۱
خطای آزمایش	۲۴	۰/۰۰۳

P<0.01** P<0.05* P>0.05^{ns}



شکل ۳- تأثیر مستقل، نسبت اختلاط آرد برنج-ارزن، آنزیم ترانس گلوتامیناز و صمغ گوار بر میزان حجم مخصوص کیک اسفنجی بدون گلوتن (در هر شکل حروف مشترک از نظر آماری در سطح ۵ درصد با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند).

جدول ۴- اثر متقابل نسبت اختلاط آرد برنج-ارزن، آنزیم ترانس گلوتامیناز و صمغ گوار بر میزان حجم مخصوص کیک اسفنجی بدون گلوتن.

آرد برنج-ارزن (درصد-درصد)	آنزیم گلوتامیناز (درصد)	صمغ گوار (درصد)	حجم مخصوص (میلی لیتر/گرم)
۱۰۰-۰	۰/۲۵	۱	۳/۴۹ ± ۰/۰۶ ^b
		۲	۲/۴۲ ± ۰/۰۹ ^g
۵۰-۵۰	۰/۵۰	۱	۳/۱۱ ± ۰/۰۴ ^d
		۲	۲/۱۰ ± ۰/۰۴ ⁱ
۵۰-۵۰	۰/۲۵	۱	۳/۹۴ ± ۰/۰۴ ^a
		۲	۲/۶۴ ± ۰/۰۵ ^f
۱۰۰-۰	۰/۵۰	۱	۳/۱۸ ± ۰/۰۳ ^{cd}
		۲	۲/۲۴ ± ۰/۰۳ ^h
۱۰۰-۰	۰/۲۵	۱	۳/۲۳ ± ۰/۰۴ ^c
		۲	۲/۳۶ ± ۰/۰۴ ^e
۱۰۰-۰	۰/۵۰	۱	۲/۹۴ ± ۰/۰۷ ^e
		۲	۲/۰۶ ± ۰/۰۳ ⁱ

حروف مشابه از نظر آماری در سطح $P > 0.05$ تفاوت معنی داری ندارند

نشان داده شده است. براساس نتایج اثر مستقل اختلاط دو نوع آرد برنج و ارزن مشخص گردید که نمونه حاوی ۱۰۰ درصد آرد برنج نسبت به دو نمونه دیگر تخلخل کمتری داشت. همچنین با افزایش سطح آنزیم در فرمولاسیون کیک اسفنجی افزایش معنی داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد در میزان تخلخل مشاهده شد. این در حالی بود که افزایش صمغ در فرمولاسیون اختلاف معنی داری در میزان تخلخل نمونه‌های تولید ایجاد نمود ($P < 0.05$).

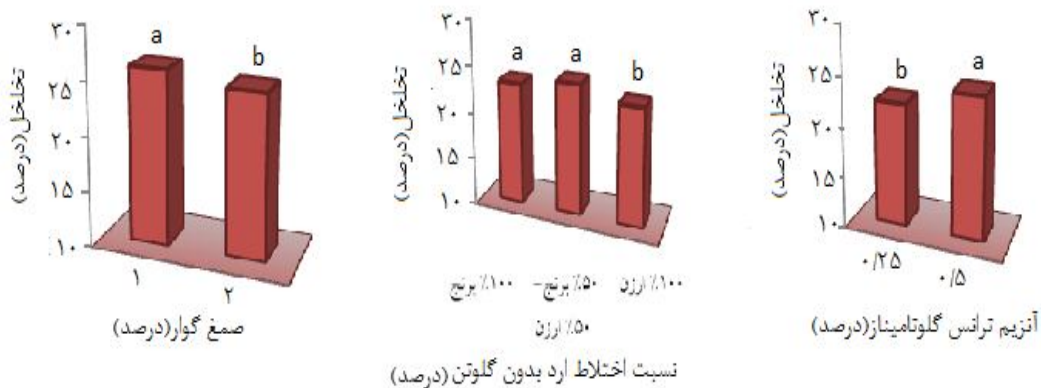
تخلخل

نتایج آنالیز واریانس تأثیر سطوح مختلف اختلاط آرد برنج-ارزن، آنزیم گلوتامیناز میکروبی و صمغ گوار بر میزان تخلخل کیک اسفنجی در جدول ۵ ملاحظه می‌گردد. همچنین در شکل ۴ تأثیر مستقل نسبت اختلاط آرد برنج-ارزن، آنزیم ترانس گلوتامیناز و صمغ گوار بر میزان تخلخل کیک اسفنجی بدون گلوتن و در جدول ۶ اثر متقابل این سه عامل بر میزان تخلخل کیک اسفنجی بدون گلوتن

جدول ۵- آنالیز واریانس تأثیر نسبت اختلاط آرد برنج-ارزن، آنزیم ترانس گلوتامیناز و صمغ گوار بر میزان تخلخل کیک اسفنجی بدون گلوتن.

منابع تغییرات	درجه آزادی	تخلخل
نسبت اختلاط آرد برنج - ارزن (A)	۲	**۵/۹۲۴
آنزیم گلوتامیناز (B)	۱	**۲۷/۱۷۹
صمغ گوار (C)	۱	**۰/۰۰۰
خطای آزمایش	۲۴	۰/۰۷۷

$P < 0.01^{**}$ $P < 0.05^*$ $P > 0.05^{ns}$



شکل ۴- تأثیر مستقل نسبت اختلاط آرد برنج-ارزن، آنزیم ترانس گلوتامیناز و صمغ گوار بر میزان تخلخل کیک اسفنجی بدون گلوتن (در هر شکل حروف مشترک از نظر آماری در سطح ۵ درصد با یکدیگر تفاوت معنی داری ندارند).

جدول ۶- اثر متقابل نسبت اختلاط آرد برنج - ارزن، آنزیم ترانس گلوتامیناز و صمغ گوار بر میزان تخلخل کیک اسفنجی بدون گلوتن.

تخلخل (درصد)	صمغ گوار (درصد)	آنزیم گلوتامیناز (درصد)	آرد برنج-ارزن (درصد-درصد)
$30/15 \pm 0/09^d$	۱		
$23/92 \pm 0/16^h$	۲	۰/۲۵	
$31/50 \pm 0/26^b$	۱		۱۰۰-
$26/48 \pm 0/47^f$	۲	۰/۵۰	
$30/95 \pm 0/31^c$	۱		
$25/23 \pm 0/27^g$	۲	۰/۲۵	۵۰-۵۰
$32/25 \pm 0/16^a$	۱		
$26/84 \pm 0/28^f$	۲	۰/۵۰	
$29/64 \pm 0/48^e$	۱		
$23/39 \pm 0/17^i$	۲	۰/۲۵	
$31/07 \pm 0/19^{bc}$	۱		۱۰۰-
$25/57 \pm 0/17^g$	۲	۰/۵۰	

حروف مشابه از نظر آماری در سطح $P > 0.05$ تفاوت معنی‌داری ندارند

آنزیم گلوتامیناز میکروبی و صمغ گوار است) و نمونه‌ای حاوی ۱۰۰ درصد آرد گندم مورد مقایسه و ارزیابی قرار گیرد. در ضمن لازم به ذکر است که با توجه به نتایج بدست آمده از پژوهش حاضر و مطالعات پیشین در زمینه برتری مخلوطی از آردهای بدون گلوتن، نمونه شاهد بدون گلوتن، نمونه‌ای حاوی آرد برنج و ارزن با نسبت برابر در نظر گرفته شد.

رطوبت

نتایج آنالیز واریانس رطوبت بهترین نمونه مرحله اول، شاهد بدون گلوتن و شاهد حاوی آرد گندم در جدول ۷ ملاحظه می‌گردد. همچنین در شکل ۵ تأثیر بهترین نمونه مرحله اول، شاهد بدون گلوتن و شاهد آرد گندم بر میزان رطوبت کیک اسفنجی بدون گلوتن نشان داده شده است. براساس نتایج مشخص گردید که بیشترین میزان رطوبت مربوط به بهترین نمونه مرحله اول (نمونه حاوی ۵۰ درصد آرد برنج و ۵۰ درصد آرد ارزن به همراه ۰/۲۵ درصد آنزیم گلوتامیناز میکروبی و ۱ درصد صمغ گوار) و شاهد آرد گندم و کمترین میزان رطوبت مربوط به شاهد بدون گلوتن که فاقد آنزیم گلوتامیناز میکروبی و صمغ گوار است، بود. مشابهت میزان رطوبت بهترین نمونه مرحله اول با نمونه شاهد حاوی ۱۰۰ درصد آرد گندم بدان دلیل است که آنزیم گلوتامیناز و صمغ گوار توانسته‌اند در به دام انداختن آب در حین فرآیند پخت مشابه شبکه گلوتنی کیک اسفنجی حاوی ۱۰۰ درصد آرد گندم عمل نماید. در همین راستا ترابی و همکاران (۲۰۰۸) با تولید کیک بدون گلوتن حاوی آرد برنج به این نکته اشاره نمودند که ترکیباتی نظیر صمغ، آنزیم و امولسیفایر قابلیت حفظ رطوبت محصولات بدون گلوتن را در حین فرآیند پخت دارند.

در راستای افزودن آنزیم ترانس گلوتامیناز و اثر آن بر میزان تخلخل، پوراسماعیل و همکاران (۱۳۹۰) بیان نمودند که افزودن آنزیم ترانس گلوتامیناز به محصولات بدون گلوتن صنایع پخت سبب توزیع یکنواخت حباب‌های هوا و کاهش اندازه آن‌ها گردید. از این رو با توجه به مطالعه زیابرو و همکاران (۲۰۱۲) که عنوان کردند افزایش میزان تخلخل به دلیل کاهش اندازه و افزایش تعداد سلول‌های گازی و توزیع یکنواخت آن در بافت محصول است، می‌توان نتیجه گرفت که آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی قابلیت افزایش میزان تخلخل را دارد. بیشترین میزان تخلخل ($32/25 \pm 0/16$) مربوط به نمونه حاوی نسبت ۵۰-۵۰ آرد برنج-ارزن، ۰/۵۰ درصد آنزیم گلوتامیناز میکروبی و ۱ درصد صمغ گوار و کمترین میزان این پارامتر مربوط به نمونه حاوی ۱۰۰ درصد آرد ارزن، ۰/۲۵ درصد آنزیم گلوتامیناز میکروبی و ۲ درصد صمغ گوار ($23/39 \pm 0/17$) بود.

مرحله دوم (مقایسه بهترین نمونه مرحله اول با نمونه شاهد حاوی آرد بدون گلوتن و شاهد حاوی آرد گندم)

با توجه به نتایج مرحله اول که به بررسی اثر سطوح مختلف اختلاط آرد برنج و ارزن، آنزیم گلوتامیناز میکروبی و صمغ گوار بر خواص کمی و کیفی کیک اسفنجی بدون گلوتن پرداخت، مشخص گردید که نمونه حاوی نسبت برابر آرد برنج و ارزن (۵۰ درصد آرد برنج و ۵۰ درصد آرد ارزن) به همراه ۰/۲۵ درصد آنزیم گلوتامیناز میکروبی و ۱ درصد صمغ گوار از بهترین کمیت و کیفیت برخوردار بود. بر همین اساس تصمیم بر آن شد که این نمونه به عنوان بهترین نمونه مرحله اول با یک نمونه از کیک اسفنجی بدون گلوتن حاوی ۵۰ درصد آرد برنج و ۵۰ درصد آرد ارزن (که البته این نمونه فاقد

جدول ۷- آنالیز واریانس تأثیر بهترین نمونه مرحله اول، شاهد بدون گلوتن و شاهد آرد گندم بر میزان رطوبت کیک اسفنجی بدون گلوتن.

منابع تغییرات	درجه آزادی	رطوبت
تکرار	۲	۰/۰۰۵**
تیمار	۲	۸۲/۵۱۰**
خطای آزمایش	۴	۰/۰۲۳
		P<0.01** P<0.05* P>0.05 ^{ns}

تخلخل

نتایج آنالیز واریانس تخلخل بهترین نمونه مرحله اول، شاهد بدون گلوتن و شاهد حاوی آرد گندم در جدول ۹ ملاحظه می‌گردد. همچنین در شکل ۵ مقایسه میزان تخلخل این سه نمونه نشان داده شده است. براساس نتایج مشخص گردید که به ترتیب بیشترین میزان تخلخل مربوط به نمونه حاوی آرد گندم، بهترین نمونه مرحله اول (نمونه حاوی ۰ درصد آرد برنج و ۵۰ درصد آرد ارزن به همراه ۰/۲۵ درصد آنزیم گلوتامیناز میکروبی و ۱ درصد صمغ گوار) و شاهد بدون گلوتن که فاقد آنزیم گلوتامیناز میکروبی و صمغ گوار است، بود. پائین بودن میزان تخلخل نمونه شاهد بدون گلوتنی که فاقد آنزیم گلوتامیناز میکروبی و صمغ گوار بود، بدان دلیل است که شبکه‌ای در این نمونه جهت حفظ حباب‌های هوای ورودی در طی هم‌زدن وجود ندارد و اگر هم تعداد کمی از حباب‌های هوای ورودی در این نمونه باقی بماند به دلیل اینکه ضخامت حباب‌ها بسیار کم است در برابر انبساط حین فرآیند پخت مقاومت نکرده و پاره می‌شوند و از این طریق تعداد سلول‌های گازی در محصول نهایی کاهش می‌یابد. از طرفی لازم به ذکر است که بهترین نمونه مرحله اول هر چند که میزان تخلخل مناسبی دارد ولی نتوانسته به لحاظ تعداد و توزیع سلول‌های گازی با نمونه شاهد حاوی ۱۰۰ درصد آرد گندم برابری کند.

جدول ۸- آنالیز واریانس تأثیر بهترین نمونه مرحله اول، شاهد بدون گلوتن و شاهد آرد گندم بر میزان حجم مخصوص کیک اسفنجی بدون گلوتن.

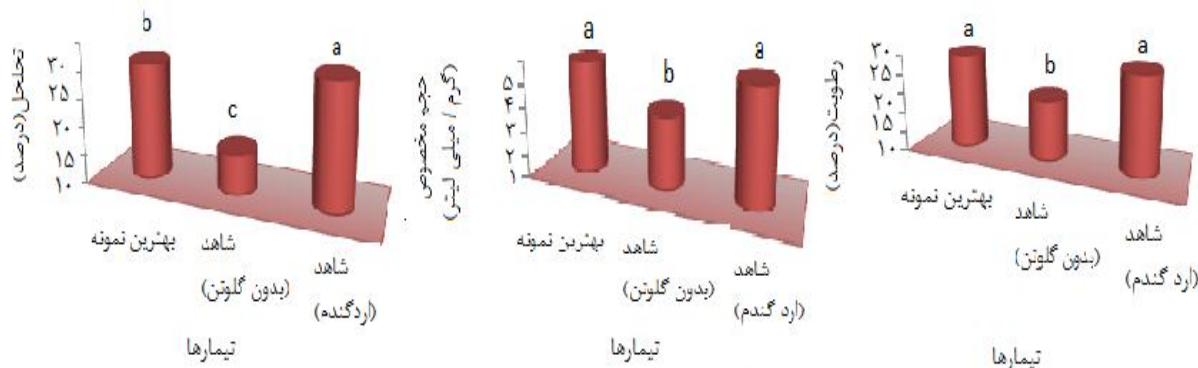
منابع تغییرات	درجه آزادی	حجم مخصوص
تکرار	۲	۰/۰۰۲**
تیمار	۲	۲/۸۰۱**
خطای آزمایش	۴	۰/۰۰۵
		P<0.01** P<0.05* P>0.05 ^{ns}

جدول ۹- آنالیز واریانس تأثیر بهترین نمونه مرحله اول، شاهد بدون گلوتن و شاهد آرد گندم بر میزان تخلخل کیک اسفنجی بدون گلوتن.

منابع تغییرات	درجه آزادی	تخلخل
تکرار	۲	۰/۰۹۹**
تیمار	۲	۲۰۴/۶۱۰**
خطای آزمایش	۴	۰/۰۶۶
		P<0.01** P<0.05* P>0.05 ^{ns}

حجم مخصوص

نتایج آنالیز واریانس حجم مخصوص بهترین نمونه مرحله اول، شاهد بدون گلوتن و شاهد حاوی آرد گندم در جدول ۸ ملاحظه می‌گردد. همچنین در شکل ۶ مقایسه میزان حجم مخصوص این سه نمونه نشان داده شده است. براساس نتایج مشخص گردید که بیشترین میزان حجم مخصوص مربوط به بهترین نمونه مرحله اول (نمونه حاوی ۵۰ درصد آرد برنج و ۵۰ درصد آرد ارزن به همراه ۰/۲۵ درصد آنزیم گلوتامیناز میکروبی و ۱ درصد صمغ گوار) و شاهد آرد گندم و کمترین میزان حجم مخصوص مربوط به شاهد بدون گلوتن که فاقد آنزیم گلوتامیناز میکروبی و صمغ گوار است، بود. پائین بودن حجم مخصوص نمونه شاهد بدون گلوتنی که فاقد آنزیم گلوتامیناز میکروبی و صمغ گوار بود، بدان دلیل است که شبکه‌ای در این نمونه جهت حفظ حباب‌های هوای ورودی در طی هم‌زدن وجود ندارد و اگر هم تعداد کمی از حباب‌های هوای ورودی در این نمونه باقی بماند به دلیل اینکه ضخامت حباب‌ها بسیار کم است در برابر انبساط حین فرآیند پخت مقاومت نکرده و پاره می‌شوند و از این طریق در کاهش حجم مخصوص نمونه تولیدی اثر گذار است. در این راستا ساهی و آلاوا (۲۰۰۳) دلایل مشابهی را گزارش نمودند.



شکل ۵- تأثیر بهترین نمونه مرحله اول، شاهد بدون گلوتن و شاهد آرد گندم بر میزان تخلخل، حجم مخصوص و رطوبت کیک اسفنجی بدون گلوتن (حروف مشابه از نظر آماری در سطح $P > 0.05$ تفاوت معنی‌داری ندارند).

در مرحله اول با نمونه شاهد حاوی ۱۰۰ درصد آرد گندم و نمونه‌های بدون گلوتن که فاقد آنزیم گلوتامیناز میکروبی و صمغ گوار بود، انجام گردید. نتایج مرحله دوم به وضوح شباهت زیاد بهترین نمونه مرحله اول (نمونه حاوی ۵۰ درصد آرد برنج، ۵۰ درصد آرد ارزن به همراه ۰/۲۵ درصد آنزیم گلوتامیناز میکروبی و ۱ درصد صمغ گوار) را با نمونه حاوی ۱۰۰ درصد آرد گندم مورد تأیید قرار داد بگونه‌ای که براساس نتایج این مرحله در میزان هیچ یک از پارامترهای ارزیابی شده (رطوبت، حجم مخصوص) این دو نمونه اختلاف معنی‌داری به‌لحاظ آماری در سطح ۵ درصد مشاهده نگردید.

نتیجه‌گیری

در مرحله اول این تحقیق که هدف امکان تولید کیک اسفنجی بدون گلوتن بود، اثر افزودن سطوح مختلف اختلاط آرد برنج و ارزن، آنزیم گلوتامیناز میکروبی و صمغ گوار بر خصوصیات فیزیکی‌شیمیایی محصول نهایی مورد مطالعه قرار گرفت. بهترین نمونه مرحله اول (نمونه حاوی ۵۰ درصد آرد برنج، ۵۰ درصد آرد ارزن به همراه ۰/۲۵ درصد آنزیم گلوتامیناز میکروبی و ۱ درصد صمغ گوار) از رطوبت، تخلخل مطلوبی برخوردار بود. بنابراین جهت تأیید نهایی این نمونه، مرحله دوم پژوهش حاضر که هدف آن مقایسه بهترین نمونه تولیدی

منابع

- ایوبی، ا.، حبیبی نجفی، م. ب.، کریمی، م. ۱۳۹۰. بررسی اثر سطوح مختلف کنسانتره پروتئین آب پنیر (WPC) بر خصوصیات فیزیکی‌شیمیایی و حسی کیک روغنی. فصلنامه علوم و صنایع غذایی ایران، دوره ۸، شماره ۲۹: ۸۸-۸۱.
- پوراسماعیل، ن.، عزیزی، م. ح.، عباسی، س. و محمدی، م. ۱۳۹۰. فرمولاسیون نان بدون گلوتن با استفاده از گوآر و آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی. مجله پژوهش‌های صنایع غذایی، جلد ۲۱، شماره ۱، ۸۱-۷۰.
- پیغمبر دوست، ه. ۱۳۸۶. تکنولوژی تولید بیسکوئیت، کوکی و کراکر. جلد اول. چاپ اول انتشارات کتاب ایران (آبیژ)، تهران.
- ترابی زاده، ۱۳۸۱. امولسیون‌های غذایی و امولسیفایرها. چاپ اول انتشارات کتاب ایران (آبیژ)، تهران.
- نقی پور، ف.، حبیبی نجفی، م. ب.، کریمی، م.، حداد خداپرست، م. ح.، شیخ الاسلامی، ز. و صحرائیان، ب. ۱۳۹۱ الف. تولید کیک سورگوم بدون گلوتن با استفاده از صمغ‌های گوآر و گزانتان جهت مصرف بیماران سیلیاکی. مجموعه مقالات نخستین همایش ملی بیوتکنولوژی، بیوشیمی و مهندسی زیستی، ۲۲-۲۰ اردیبهشت. یزد.
- نقی پور، ف.، حبیبی نجفی، م. ب.، کریمی، م.، حداد خداپرست، م. ح.، شیخ الاسلامی، ز. و صحرائیان، ب. ۱۳۹۱ ب. کاربرد آرد سورگوم در تولید کیک بدون گلوتن. مجموعه مقالات نخستین همایش ملی پژوهش‌های راهبردی کشاورزی ایران، ۲۲ تیر، تاکستان.
- AACC. 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 10th Ed., Vol. 2. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN.
- Arozarena, I., Bertholo, M. M., Empise, J., Bunger, A., and Sousa, I. D. 2001. Study of the total replacement of egg by white lupine protein, emulsifiers and xanthan gum in yellow cake. *Europe Research Technology*, 213: 312-316.
- Demirkesen, I., Mert, B., Sumnu, G., and Sahin, S. 2010a. Rheological properties of gluten-free bread formulation. *Journal of Food Engineering*, 96: 295-303.
- Demirkesen, I., Mert, B., Sumnu, G., and Sahin, S. 2010b. Utilization of chest nut flour in gluten-free bread

- formulation. *Journal of Food Engineering*, 101: 329-336.
- Dhingra, S., and Jood, S. 2001. Organoleptic and nutritional evaluation of wheat breads supplemented with soybean and barley flour. *Food Chemistry*, 77: 479-488.
- Gallagher, E., Gormley, T. R., and Arendt, E. K. 2004. Recent advances in the formulation of gluten free cereal based. *Food Science and Technology*, 15: 143-152.
- Gerrard JA, Fayle SE, Wilson AJ, Newberry MP, Ross M, and Kavale S, 1998. The effect of microbial transglutaminase on dough properties and crumb strength of white pan bread. *Journal of Food Science*, 63: 472- 475.
- Haralick, R. M., K. Shanmugam., and Dinstein, I. 1973. Textural features for image classification. *IEEE Transactions of ASAE*, 45(6): 1995-2005.
- Kurashiki, C., Yamazaki, K., and Susa, Y. 2001. Transglutaminase: its utilization in the food industry. *Food Reviews International*, 17(2):221-246.
- Lopez, A. C. B., Pereira, A. J. G., Junqueira, R. G. 2004. Flour mixture of rice flour, corn and cassava starch in the production of gluten free white bread. *Braz Arch Biol Technology*, 47: 63-70.
- Moor, M. M., Schober, T. J., Dockery, P., Arendt, E. K. 2004. Textural comparisons of gluten free and wheat based doughs, batters and bread. *Cereal Chemistry*, 84: 567-575.
- Motoki, M., and Segaro, K. 1998. Transglutaminase and its use for food processing. *Trends in Food Science and Technology*, 9: 204-210
- Renzetti S, Dal Bello F, and Arendt EK. 2007. Impact of transglutaminase on the microstructure, fundamental rheology and baking characteristics of batters and breads made from different gluten-free flours. *Journal of Cereal Science*, 48(1): 33-45.
- Sahi, S. S., and Alava, J. M. 2003. Functionality of emulsifiers in sponge cake production. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83(11): 1419-1429.
- Sahi, S. S., and Alava, J. M. 2003. Functionality of emulsifiers in sponge cake production. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83(11): 1419-1429.
- Voysey, P.A., Legan, J.D. and Richard, K.R 1999. In *Encyclopedia of Food Microbiology*. Elsevier, 474-480.
- Ziobro, R., Korus, J., Witczak, M., and Juszcak, L. 2012. Influence of modified starches on properties of gluten free dough and bread. Part II: Quality and staling of gluten free bread. *Food Hydrocolloids*, 29(1): 68-74.



Study on physicochemical properties of gluten-free sponge cake

A. Mehraban Shandy¹, M. Alami^{*2}, Sh. Mokhtari³

Received: 2015.03.08

Accepted: 2016.01.09

Introduction: Cakes are usually formulated including wheat flour, sugar, egg and some liquids such as milk, water and oil. The textural properties of gluten in dough such as tensile, expansion and tolerance capability during mixing are major factors in baking industry. In fact, the structural protein to produce bread, cakes, muffins and biscuits is called gluten and the absence of gluten due to production of bakery products caused delicate texture, poor color, low size and porosity. The use of gluten-free flours such as corn, potatoes and rice, millet, Cassava, maize and sorghum in this category is inevitable. Therefore, the use of gluten alternatives such as hydrocolloids, enzymes and proteins, are essential in providing this products. MTG is transferase enzyme that can be made connection between glutamine and lysine. Result of this reaction improve nutritional and functional properties of the proteins. Covalent links generated by MTG has unique effects on gelation capacity, thermal stability and water holding capacities of products. Albumin and globulin do not have any effect on shaping of dough, but MTG connects the albumin and globulin to each other and then they become sedimented. This has beneficial effect on product quality. MTG has repairing ability on damaged wheat grains with binding protein. In this study, we try to contribute production of gluten-free sponge cake with guar gum, millet and rice flour, and MTG.

Materials and methods: TAROM rice flour purchase from local market and keep refrigerated until use it. Polyethylene bags with dimensions 15*25cm and thickness 40 microns were used. Guar gum (MEYPROTM GUAR, E412), vanilla (RHOVANILLA of RODYA company) and soy protein isolate (SPI) was prepared from China. Because of hygroscopic property of MTG, it was purchased in packages of 100 g, and stored at -15 ° C for further tests. For this purpose (0% millet-100% rice, 50% millet -50% rice, 100% millet-0%rice), guar gum (1, 2%) and MTG (0.25, 0.5%) were added. In order to increase the amino acid lysine as a substrate for the enzyme, soy protein isolate (SPI) was added to MTG containing samples. After baking (170 °C, 20 min) and cooling, each of the samples packed in polyethylene bags to evaluate characteristics. Moisture content Base on standard AACC, 2000, measured. For Size Measuring, a piece of cake weighed and placed into the container with the specific volume (V_i). The remaining space of container was filled with canola crops (V_s) and then volume of cakes calculated ($V_i - V_s$). For Evaluation of brain porous, cake was cubed in size 2*2 cm and Scanned by the scanner with a resolution of 1200 pixels (model: HP Scanjet G3010). Statistical analyze base on factorial design were prepared in triplicate. Duncan test at 5% level ($P < 0.05$) were compared and the Excel software was used for charts.

Results and discussion: Results showed that different kinds of flour (rice and millet) have not significant effect on moisture content of samples but guar gum and enzyme have the ability to retain moisture during baking process. With increasing amount of enzyme and guar gum, volume of cake decreased. The study of the interaction of these three factors (rice-millet flour ratio, MTG and guar gum) showed that, sample with 50-50, rice-millet flour, 1% MTG and 0.25% guar gum has highest specific volume. With increasing amount of enzyme in cake, porosity significantly increased. However, increasing amount of guar gum did not have any significant effect on porosity ($P < 0.05$). According to the results of the first stage, effect of different levels of rice and millet flour, MTG and guar gum on quantitative and qualitative properties of gluten-free sponge cake, it was determined that the sample contain 50% rice-50% millet flour, 0.25% MTG and 1% guar gum is best sample and it was compared with control sample (100% wheat flour) and cake without MTG. The result show that, guar gum, enzyme and composition of gluten free flour have ability to retain moisture, volume, porosity as well as control sample (100% wheat flour).

Conclusion: In the second stage, the best sample of the first phase (sample containing 50% rice-millet flour, 0.25% MTG and 1% guar gum) was compared with the sample containing 100% wheat flour and cake without

4 And 2. MSc Student and Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Agriculture and Natural Resources University of Gorgan.

3. MSc Student, Department of Food Science and Technology, Urmia University

(*- Corresponding Author Email: mehranalami@yahoo.com)

MTG and confirmed that, statistically models have significant difference in 5% level.

Keywords: Free gluten cake, Guar gum, MTG, Specific gravity