مقاله علمی پژوهشی/ نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی/ جلد ۳۰ شماره ۳/ سال ۱۳۹۹/ صفحات ۱۶۹تا ۱۸۷

مقایسه اثر تیمارمایکروویو دانه ارزن و افزودن صمغ زانتانبر ویژگی‌های خمیر و ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی و حسی کیک بدون گلوتن

سیما مهاجرخراسانی[۱]، مهران اعلمی*[۲]، مهدی کاشانی‌نژاد[۲] و هدی شهیری طبرستانی[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/٤/۱۱

[۱] دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم و مهندسی صنایع غذایی ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

[۲] به‌ترتیب دانشیار استاد و استادیار دانشکده علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

*مسئول مکاتبه: Email: mehranalami@gmail.com

چکیده

زمینه مطالعاتی: امروزه متداول‌ترین روش برای افزایش کیفیت محصولات بدون گلوتن استفاده از صمغ می‌باشد. بر طبق مطالعات اخیر روش‌های اصلاح فیزیکی مانند تیمار مایکروویو می‌توانند برای بهبود ویژگی‌های عملکردی آرد و محصولات پختی بدون گلوتن مورد استفاده قرار گیرند. **هدف**: از این رو هدف از این پژوهش مقایسه اثر صمغ زانتان و تیمار مایکروویو دانه ارزن بر ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی و حسی کیک بدون گلوتن می‌باشد. **روش کار**: در این پژوهش تأثیر صمغ زانتان در دو سطح صفر و ۰/۱۵ درصد و تیمار مایکروویو دانه ارزن در سه سطح رطوبت ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد و سه سطح زمان ۳۰، ۶۰ و ۹۰ ثانیه با توان ثابت ۹۰۰ وات بر ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی و حسی خمیر و کیک بدون گلوتن حاصل از آرد ارزن و برنج (نسب ۵۰:۵۰) بررسی و مقایسه شد. **نتایج**: طبق نتایج به دست آمده، تیمار مایکروویو دانه ارزن موجب کاهش وزن مخصوص و افزایش ویسکوزیته خمیر کیک بدون گلوتن شد ($P<۰/۰۵$). کیک حاوی آرد حاصل از دانه‌های تیمار شده در رطوبت ۲۰ درصد و زمان۶۰ و۹۰ ثانیه به طور معنی‌داری دارای بالاترین میزان حجم، تخلخل و پذیرش حسی در مقایسه با نمونه کنترل و همچنین نمونه حاوی ۰/۱۵ درصد صمغ زانتان گردید ($P<۰/۰۵$). همچنین تیمار حاوی آرد حاصل از دانه ارزن تیمار شده در رطوبت ۲۰ درصد و زمان ۹۰ ثانیه دارای نرم‌ترین بافت و بالاترین میزان محتوی رطوبت طی نگهداری بود ($P<۰/۰۵$). **نتیجه‌گیری نهایی**: براساس یافته‌های این پژوهش، تیمار مایکروویو دانه ارزن می‌تواند جایگزین مناسبی برای استفاده از صمغ در کیک بدون گلوتن باشد.

واژگان کلیدی: ارزن، برنج، تیمار مایکروویو، صمغ زانتان، کیک بدون گلوتن

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 درنتیجه باعث اختلال در جذب چندین ماده مغذی مانند آهن، اسیدفولیک، کلسیم و ویتامین‌های محلول در چربی می‌شود (بلادس ۱۹۹۷). امروزه تنها راه درمان این بیماری استفاده از یک رژیم غذایی بدون گلوتن می‌باشد. به همین منظور غلات بدون گلوتن مانند برنج، ارزن، سورگوم و ذرت می‌توانند برای تولید

محصولات بدون گلوتن مورد استفاده قرارگیرند (فاسانو و کاتاسی ۲۰۰۸). 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 خواص تغذیه‌ای منحصربه‌فرد، حاوی مقادیر کم سدیم، پروتئین، چربی و مقادیر زیادی کربوهیدرات‌های با قابلیت هضم بالاست (گالاگر و همکاران ۲۰۰۴). اما از آن‌جا که در فرآیند شالیکوبی بمنظور تهیه برنج سفید بخش قابل توجهی از فیبر و مواد معدنی از دست می‌رود، در تهیه فرآورده‌های بدون گلوتن از آرد برنج، بایستی از آرد سایر غلات، آرد برخی حبوبات و یا افزودنی‌های مجاز استفاده نمود تا فرآورده حاصل به لحاظ مواد مغذی از تعادل مطلوبی برخوردار بوده و نیاز بیماران سلیاکی را تامین نماید. ارزن یک غله‌ی مقاوم به آفت و بیماری، دارای فصل رشد کوتاه و قابل تولید در شرایط خشکسالی است (دوی و همکاران ۲۰۱۴). ارزن غنی از فیبرهای غذایی، پروتئین، موادمعدنی و ویتامین بوده و غذای مناسبی برای بیماران سلیاکی می‌باشد (صالح ۲۰۱۳). ارزن معمولی (ارزن پروسو[1] (*panicum Miliaceum*) قدیمی‌ترین نوع ارزن کشت شده بوده و کشت آن در ایران رایج می‌باشد. همچنین با توجه به خشکسالی و کاهش منابع آبی در ایران، استفاده از این دانه امری توجیه‌پذیر می‌باشد. از طرفی تحقیقات اندکی بر روی استفاده از ارزن در تولید محصولات بدون گلوتن انجام شده است. در محصولات بدون گلوتن، به دلیل فقدان پروتئین گلوتن برخی مشکلات کیفی نظیر حجم کم و بافت ضعیف در محصولات مشاهده می‌شود (گالاگر و همکاران ۲۰۰۴). بمنظور بهبود کیفیت محصولات بدون گلوتن می‌توان از روش‌های معمول مانند صمغ‌ها (ترابی و همکاران ۲۰۰۸)، پروتئین‌ها (مجذوبی و همکاران ۲۰۱۴) و یا روش‌های نوین (تیمارهای فیزیکی) مانند تیمارهای مایکروویو (یاداو و همکاران ۲۰۰۸) و حرارتی–رطوبتی (لورنز و کالپ ۱۹۸۱؛ میزیاکی و موریتا ۲۰۰۵) استفاده نمود. امواج مایکروویو بخشی از طیف الکترومغناطیسی با فرکانس بین ۳۰۰ مگاهرتز تا ۳۰۰ گیگاهرتز می‌باشد. در یک آون مایکروویو، حرارت نتیجه‌ای از واکنش یک میدان مغناطیسی با ترکیبات شیمیایی موجود در ماده غذایی می‌باشد که این مسأله به دلیل اصطکاک مولکولی ایجاد حرارت داخلی می‌نماید و سپس حرارت توسط فرآیندهای جابجایی و هدایت به تمام قسمت‌های ماده غذایی منتقل می‌شود (اسکوبرت و رجیر ۲۰۰۵). تیمار مایکروویو می‌تواند بعنوان یک تیمار فیزیکی موجب بهبود ویژگی‌های کاربردی مانند ظرفیت نگهداری آب، خاصیت امولسیفایری، ظرفیت کف کردن و شاخص حلالیت پروتئین شود (اشرف و همکاران ۲۰۱۲). تحقیقات متعددی در مورد استفاده از تیمار مایکروویو بر آرد و نشاسته غلات انجام شده است. پینکروا و همکاران (۲۰۰۳) تغییرات نشاسته برنج طی تیمار مایکروویو را مورد بررسی قرار دادند و بیان کردند محتوی نشاسته آسیب دیده و میزان ویسکوزیته با افزایش توان مایکروویو و دمای تیمار افزایش یافت. یاداو و همکاران (۲۰۰۸) اثر تیمارهای مایکروویو بر آرد کامل گندم و ویژگی‌های چاپاتی تهیه شده از آن را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها بیان کردند استفاده از آرد گندم تیمار شده توسط مایکروویو تأثیر معنی‌داری بر سفتی و انسجام بافت چاپاتی حاصل نداشت اما میزان ارتجاعیت چاپاتی را به طور معنی‌داری کاهش داد. رومن و همکاران (۲۰۱۵) مشاهده کردند آرد ذرت تیمار شده توسط مایکروویو، حاوی میزان بیشتری گرانول‌های نشاسته متورم نسبت به آرد تیمارنشده بود. همچنین آن‌ها گزارش کردند این تیمار بر ویژگی‌های عملکردی آرد مانند رفتار خمیری آن تأثیرگذار بود. همچنین در تحقیقات دیگری اثر جایگزینی سبوس گندم تیمار شده توسط مایکروویو بر کیفیت نان و کوکی مورد مطالعه قرار گرفت و مشاهده شد این تیمار باعث بهبود کیفیت محصولات می‌گردد (ارتاس ۲۰۱۵؛ ارتاس ۲۰۱۶). پیرز و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند که استفاده از آرد برنج پیش تیمار شده توسط مایکروویو باعث بهبود برخی ویژگی‌های نان بدون گلوتن تهیه شده از آرد برنج و همچنین افزایش ارزش تغذیه‌ای آن شد. کو و همکاران

1. Proso millet

(۲۰۱۷) اثر تیمار حرارتی مایکروویو را بر ویژگی‌های عملکردی و انبارمانی گندم مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد تیمار مایکروویو در مدت زمان کمتر از ۲۰ ثانیه سبب تغییر ویژگی‌های گلوتن، ویژگی‌های فارینوگرافی و ویسکوزیته شد، بطوریکه نان حاصل از آرد تیمار شده در زمان ۲۰ ثانیه دارای بافت نرم‌تر و کیفیت بهتری بود. اما تیمار مایکروویو در مدت زمان بیشتر از ۳۰ ثانیه سبب تخریب گلوتن شد و آرد حاصل از آن برای تهیه نان نامناسب بود. همچنین استفاده از تیمار مایکروویو باعث کاهش فعالیت لیپاز و لیپوکسیژناز و در نتیجه افزایش انبارمانی آرد گندم شد. با توجه به بررسی‌های انجام شده مشاهده شد تاکنون تحقیقات انجام شده پیرامون اثر تیمار مایکروویو بر آرد و نشاسته غلات بوده و پژوهشی در مورد استفاده از تیمار مایکروویو دانه ارزن در فرمولاسیون کیک بدون گلوتن انجام نشده است. بنابراین هدف از این پژوهش استفاده از آرد حاصل از دانه ارزن تیمار شده در فرمولاسیون کیک بدون گلوتن بعنوان جایگزین صمغ می‌باشد. از سوی دیگر دلیل استفاده از دانه پوست کنده ارزن به جای آرد به منظور تیماردهی این است که تیمارهای فیزیکی آرد نظیر آسیاب کردن می‌توانند آسیب شدید به گرانول‌های نشاسته وارد کنند و این گرانول‌های آسیب دیده در مراحل بعدی نسبت به عوامل خارجی از جمله آنزیم‌ها، جذب آب، ژلاتینه شدن و... حساس‌تر می‌شوند. بنابراین در صورت استفاده از دانه به جای آرد، کمترین آسیب فیزیکی به گرانول‌ها وارد می‌شود و فقط اثر تیمار حرارتی بر گرانول‌های سالم بررسی می‌شوند. همچنین در دانه ارزن برخلاف گندم که طی آسیاب جوانه را جدا می کنند، به دلیل ریز بودن دانه و عدم وجود تکنولوژی مناسب امکان جداسازی جوانه وجود ندارد و لذا در زمان آسیاب کردن، به دانه و جوانه آسیب وارد می‌شود و روغن موجود در جوانه وارد آرد شده و ماندگاری آرد را کاهش می‌دهد. همچنین ضمن اینکه مقدار روغن دانه ارزن حتی بیشتر از گندم است، بنابراین بهتر است تا حد امکان فاصله زمانی تولید آرد ارزن و استفاده از آن در فرمولاسیون فراورده بدون گلوتن به حداقل برسد. از طرفی از آن‌جایی که حمل و نقل دانه، رطوبت دهی (مشروط کردن دانه)، اعمال تیمار حرارتی و انبار کردن دانه به مراتب با سهولت بیشتری نسبت به آرد انجام می‌شود، بنابراین می‌توان از دانه غلات به منظور ماده خام برای تیماردهی استفاده نمود.

مواد و روش‌ها

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 سایشی پوست گیری شد، همچنین از برنج رقم فجر استفاده شد. ارزن و برنج بعد از شستن با آب شهری در آون و در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به رطوبت ۱۰ درصد خشک شد. سپس توسط آسیاب آزمایشگاهی آرد (آسان طوس شرق، مدل ۱۰۰۰، ایران) و از الک شماره ۸۰ (با اندازه منافذ ۱۸۰ میکرون) عبور داده شد. صمغ زانتان با نام تجاری (Xanthan Gum, E415) از شرکت Rhodia food فرانسه تهیه شد. پودرقند، تخم مرغ تازه، روغن آفتابگردان، بکینگ پودر (مخصوص فرآورده‌های بدون گلوتن) و وانیل از فروشگاه‌های معتبر موادغذایی تهیه شدند.

تیمار مایکروویو

به منظور تنظیم رطوبت دانه‌های ارزن به ۱۵ و۲۰ درصد، مقدار محاسبه شده‌ای از آب مقطر بر روی دانه ها اسپری شد وکاملا مخلوط گردید. سپس برای به تعادل رسیدن رطوبت، دانه‌های ارزن در ظروف شیشه ای دربسته به مدت یک شب در یخچال (دمای ۴ درجه سانتی‌گراد) نگهداری شدند. به‌منظور تیماردهی، دانه‌های ارزن پس از تعدیل رطوبت درون ظرف شیشه‌ای در آون مایکروویو (Smary، مدل MWS-280، ایران) در توان ۹۰۰ وات و زمان‌های مختلف (۶۰،۳۰ و۹۰ ثانیه) قرارداده شد (زمان‌های ذکر شده با استفاده از آزمون و خطا به دست آمد). بعد از تیماردهی دانه‌ها را از ظرف خارج کرده و سپس در آون ۴۰ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به رطوبت حدود ۱۰ درصد خشک و پس از سرد شدن در دمای محیط آسیاب شدند.

روش تهیه خمیر و تولید کیک

کیک‌های پخته شده در این پژوهش از نوع کیک‌های روغنی نسبت پایین بوده و با استفاده از روش بنیون و بمفورد (۱۹۹۷) با کمی تغییرات تهیه شدند. روغن آفتابگردان (۵۷ درصد) و پودرقند (۷۲ درصد) با استفاده همزن به مدت ۴ دقیقه با سرعت متوسط کاملا مخلوط شدند. تخم مرغ کامل (۷۲ درصد) به تدریج به مخلوط اضافه شده و به مدت ۵ دقیقه با سرعت تند همزده شد. آرد ارزن (۵۰ درصد) و آرد برنج (۵۰ درصد) که با بکینگ پودر، وانیل و صمغ زانتان الک شده بودند به تدریج و همزمان با آب (۳۰ درصد) به مخلوط اضافه شدند و ۱ دقیقه با سرعت کم مخلوط گردیدند. خمیر کیک در قالب‌های آلومینیومی پخت ریخته شد و کیک‌ها در فر با دمای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه پخته شدند. بعد از پخت کیک‌ها از قالب خارج شده و در دمای اتاق به مدت یک ساعت خنک شدند. در نهایت کیک‌ها در کیسه‌های پلی اتیلنی بسته‌بندی شده و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد تا زمان آزمون نگهداری شدند. کیک تهیه شده از آرد ارزن تیمار نشده به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. برای بررسی تأثیر آرد تیمار شده به روش مایکروویو بر ویژگی‌های خمیر و کیک بدون گلوتن، مقدار ثابت ۵۰ درصد آرد ارزن تیمار شده و ۵۰ درصد آرد برنج استفاده شد و سپس با نمونه حاوی آرد شاهد (تیمار نشده) به همراه صمغ زانتان مقایسه گردید.

جهت سهولت در بکارگیری اسامی تیمارها در متن، از علائم اختصاری برای آن‌ها استفاده شد (جدول۱).

ارزیابی ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی آرد برنج و ارزن

آزمون‌های شیمیایی آرد بر اساس استاندارد AACC (۲۰۰۰)، شامل رطوبت (۱۵-۴۴)، خاکستر (۰۱-۰۸)، پروتئین (۱۲-۴۶) وچربی (۱۰-۳۰) انجام شدند. میزان کربوهیدرات نیز به صورت تفریق میزان رطوبت، خاکستر، پروتئین و چربی از ۱۰۰ محاسبه شد (AACC 2000).

ارزیابی ویژگی‌های خمیر کیک

وزن مخصوص

برای اندازه‌گیری این کمیت، حجم مشخصی از خمیر کیک و آب دوبار تقطیر در دمای یکسان (۲۵ درجه سانتی‌گراد) وزن گردید و سپس با تقسیم وزن خمیر کیک بر وزن آب مقطر وزن مخصوص محاسبه شد (ترابی و همکاران ۲۰۰۸).

ویسکوزیته

ویسکوزیته خمیر کیک توسط ویسکومتر چرخشی بروکفیلد ساخت آمریکا (مدل LVDV-II+pro) و با اسپیندل S07 اندازه‌گیری شد. بطوریکه نمونه در یک بشر ۲۵۰ میلی‌لیتری ریخته شد و سپس در سرعت ۳۰ دور در دقیقه میزان ویسکوزیته نمونه‌ها برحسب پاسکال ثانیه گزارش شد (فتحی و همکاران ۲۰۱۶).

[۱] درصد بر اساس وزن آرد می‌باشد.

جدول۱- حروف اختصاری استفاده شده برای فرمولاسیون‌های مختلف کیک

Table1- Abbreviations used for different formulation of cake

Abbreviation	Microwave treatment		Rice flour (%)	Millet flour (%)
	Moisture (%)	Time (S)		
C**	0	0	50	50
C-0.15	0	0	50	50
MT*** 10-30	10	30	50	50
MT 10-60	10	30	50	50
MT 10-90	10	30	50	50
MT 15-30	15	60	50	50
MT 15-60	15	60	50	50
MT 15-90	15	60	50	50
MT 20-30	20	90	50	50
MT 20-60	20	90	50	50
MT 20-90	20	90	50	50

**Control ***Microwave treatment

آزمون‌های کیک

افت وزنی

جهت اندازه‌گیری این کمیت، وزن خمیر ریخته شده در هر قالب و وزن کیک پس از یک ساعت سرد شدن در دمای محیط اندازه‌گیری شد. سپس میزان افت وزنی طبق رابطه‌ی زیر اندازه‌گیری شد (سومنو و همکاران ۲۰۱۰).

$$\text{افت وزنی} = \frac{(w1-w2)}{w1} \times 100$$

W1= وزن خمیر، w2= وزن کیک بعد از پخت و یک ساعت سرد شدن در دمای محیط

حجم مخصوص

حجم مخصوص کیک‌ها با استفاده از روش جابجایی دانه‌های کلزا اندازه‌گیری شد. در این روش ابتدا وزن و حجم مقدار مشخصی از دانه‌های کلزا تعیین و دانسیته توده‌ای دانه‌های کلزا محاسبه شد. سپس کیک (یک کیک کامل) به همراه دانه‌های کلزا در یک ظرف با ابعاد مشخص قرار گرفته و توزین شد. در نهایت حجم مخصوص کیک با تقسیم حجم کیک بر وزن آن محاسبه گردید.

تخلخل

به منظور ارزیابی میزان تخلخل کیک از تکنیک پردازش تصویر استفاده شد. بدین منظور برشی به ابعاد ۲۰×۲۰×۲۰ میلی‌متر از مغز کیک تهیه شد و به وسیله اسکنر (اچ پی، مدل SCANJET G3110، آمریکا) با وضوح ۶۰۰ نقطه در اینچ تصویربرداری شد. سپس تصویر تهیه شده در اختیار نرم افزار Image j نسخه (1.42e) قرار گرفت (هارالیک و شانموگام ۱۹۷۳).

رنگ پوسته و مغز کیک

جهت ارزیابی رنگ پوسته و مغز کیک، از دستگاه رنگ سنج (Loviband, Clour and Appearance Measurement System, England) استفاده شد. آنالیز رنگ به صورت سه شاخص L^*، a* و b* صورت پذیرفت.

ارزیابی بافت کیک

بافت مغزکیک در روز پخت و همچنین هفت روز بعد از پخت، با استفاده از آزمون آنالیز پروفایل بافت (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 مکعبی۲۰×۲۰×۲۰ 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 تاخیر بین دو سیکل ۳۰ ثانیه بود. سه فاکتور سفتی[۱](نیوتن)، انسجام[۲] و قابلیت ارتجاع[۳] بافت کیک توسط منحنی نیرو–زمان گزارش شد (لبسی و تزیا ۲۰۱۲).

رطوبت کیک

میزان رطوبت کیک در روزپخت، سه و هفت روز پس از پخت در طی نگهداری مورد ارزیابی قرار گرفت. به این صورت که ۳ گرم از مغز کیک در ظروف فلزی مخصوص اندازه‌گیری رطوبت که از قبل به وزن ثابت رسیده و توزین شده ریخته و 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 توزین شد. میزان رطوبت با استفاده از رابطه زیر تعیین گردید (AACC 2000, 44-16).

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

W1= وزن اولیه نمونه و ظرف، w2= وزن ظرف و نمونه پس از رسیدن به وزن ثابت، m= وزن اولیه نمونه (گرم)

ارزیابی حسی

ویژگی‌های حسی نمونه‌های کیک شامل بافت، رنگ و ظاهر، طعم، بو و پذیرش کلی توسط ده نفر ارزیاب آموزش دیده مورد ارزیابی قرار گرفتند. به این منظور از روش ارزیابی ۹ نقطه‌ای (۱= بسیار نامطلوب، ۵= متوسط، ۹= بسیار مطلوب) استفاده شد (فتحی و همکاران ۲۰۱۶).

آنالیزهای آماری

در این تحقیق کلیه آزمون‌ها در سه تکرار انجام گرفت. در این پژوهش تأثیر دو فاکتور مختلف رطوبت تیمار مایکروویو و زمان تیمار مایکروویو بر ویژگی‌های کیک توسط طرح کاملا تصادفی در قالب فاکتوریل مورد بررسی قرار گرفت. آنالیز واریانس و مقایسه تیمارها با استفاده از نرم افزار 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 ۲ آورده شده است. آرد ارزن در مقایسه با آرد برنج دارای میزان چربی و پروتئین بالاتری است. از آن‌جایی که آرد ارزن در مقایسه با سایر غلات دارای میزان چربی نسبتا بالاتری است، در معرض اکسیداسیون قرار گرفته و دارای انبارمانی پایین‌تری در شرایط محیطی می‌باشد. بنابراین با استفاده از تیمارهای حرارتی مانند تیمار مایکروویو می‌توان انبارمانی آن را بهبود بخشید.

---

۱. Hardness
۲Cohesiveness
۳Springiness

جدول۲- آنالیز تقریبی آرد ارزن و آرد برنج

Table 2- Proximate composition of rice flour and millet flour (wb %)

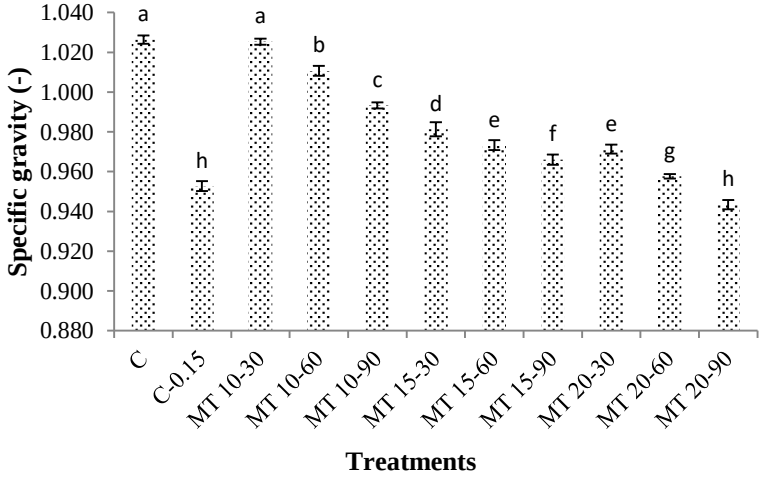
Sample	Moisture	Protein	Lipid	Ash
Rice flour	10±0.15[a]	9.06±0.21[b]	1.4±0.07[b]	0.56±0.05[a]
Millet flour	10±0.10[a]	11.1±0.25[a]	2.85±0.1[a]	0.95±0.02[a]

Mean values ± SD. Means with different superscripts in columns indicate significant differences among samples at P<0.05.

خمیر

وزن مخصوص خمیر

نتایج حاصل از وزن مخصوص در شکل ۱ ارائه شده است. به طور کلی هرچه وزن مخصوص خمیر کمتر باشد حباب‌های گاز موجود در خمیر بیشتر بوده، درنتیجه در طول پخت حباب‌های بیشتری تشکیل داده و منجر به حجم مخصوص بیشتر کیک می‌گردد (ترابی و همکاران ۲۰۰۸). داده‌های به دست آمده نشان می‌دهد که استفاده از آرد حاصل از دانه‌های تیمار شده به روش مایکروویو در فرمولاسیون کیک موجب کاهش وزن مخصوص خمیر نسبت به نمونه شاهد گردید، که می‌تواند به دلیل به دام افتادن میزان بیشتری حباب‌های هوا در خمیر کیک باشد. نتایج آنالیز آماری نشان داد تیمار MT 10-30 تفاوت معنی‌داری با نمونه شاهد نداشت در حالی‌که سایر تیمارها به طور معنی‌داری وزن مخصوص خمیر کیک را کاهش دادند. بیشترین وزن مخصوص مربوط به نمونه شاهد و کمترین وزن مخصوص مربوط به نمونه تیمار شده در MT ۹۰-۲۰ می‌باشد (P<۰/۰۵). همچنین مقایسه وزن مخصوص بین خمیر حاوی آرد تیمار شده و خمیر حاوی صمغ نشان داد این دو تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (P<۰/۰۵). طبق بررسی های انجام شده اطلاعاتی در رابطه با اثر تیمار مایکروویو بر وزن مخصوص خمیر کیک مشاهده نشد اما پژوهش‌های دیگری نشان دادند استفاده از تیمار حرارتی-رطوبتی آرد ارزن (فتحی و همکاران ۲۰۱۶) و تیمار حرارتی خشک آرد سورگوم (مارستون و همکاران ۲۰۱۶) موجب کاهش وزن مخصوص خمیر کیک شده است.



شکل۱- وزن مخصوص خمیر کیک حاصل از تیمارهای مختلف

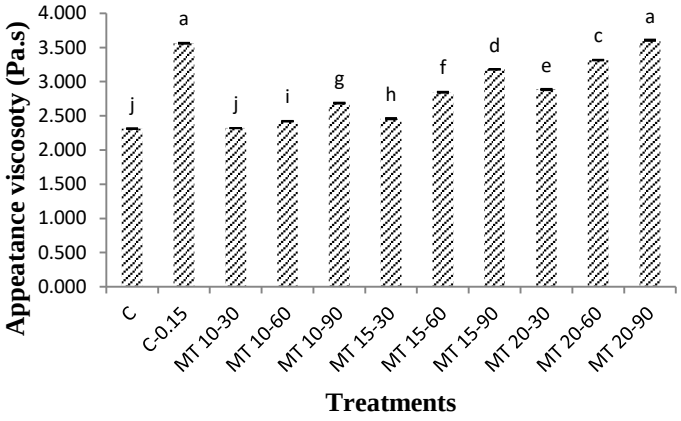
Figure 1- Specific gravity of cake batters prepared from different treatment

Mean values ± SD. Means with different superscripts indicate significant differences among treatments at P<0.05.

ویسکوزیته

نتایج حاصل از ویسکوزیته در شکل ۲ نشان داده شده است. ویسکوزیته خمیر تعیین کننده میزان حباب‌های هوا، نحوه توزیع آن‌ها، بافت و پذیرش حسی محصول نهایی می‌باشد (جیا و همکاران ۲۰۱۴). ویسکوزیته پایین خمیر موجب کاهش حجم مخصوص کیک

می‌گردد، چون خمیر توانایی به دام انداختن حباب‌های هوا را نداشته و در نتیجه این حباب‌ها به سطح خمیر رفته و در فر پخت از کیک خارج می‌گردند (دکلر و هانسنی ۲۰۱۰). با این حال ویسکوزیته بالا نیز همیشه موجب افزایش حجم مخصوص کیک نمی‌گردد و همواره یک ویسکوزیته کافی و بهینه برای به وجود آوردن حجم مخصوص بالا نیاز است (گولارته و گومز ۲۰۱۲). نتایج به دست آمده حاکی از آن است که تیمار MT 10-30 تفاوت معنی‌داری با نمونه شاهد نداشت در حالیکه سایر تیمارها به طور معنی‌داری ویسکوزیته خمیر کیک را افزایش دادند. بیشترین ویسکوزیته در شدیدترین شرایط تیمار یعنی تیمار MT ۲۰-۹۰ بدست آمد و از این لحاظ با نمونه حاوی صمغ تفاوت معنی‌داری نداشت (P<۰/۰۵). این امر می‌تواند به دلیل افزایش توانایی خمیر کیک در نگهداری حباب‌های هوا طی مخلوط کردن و در نتیجه افزایش ویسکوزیته خمیر کیک باشد. طبق بررسی‌های انجام شده پژوهشی در رابطه با اثر تیمار مایکروویو بر وزن مخصوص خمیر کیک مشاهده نشده است اما مطالعات دیگری نشان دادند استفاده از تیمار حرارتی-رطوبتی (فتحی و همکاران ۲۰۱۶)، تیمار حرارتی خشک آرد گندم (نیل و همکاران ۲۰۱۲) و تیمار حرارتی خشک آرد سورگوم (مارستون و همکاران ۲۰۱۶) می‌توانند ویسکوزیته خمیر کیک را افزایش دهند.



شکل۲- ویسکوزیته خمیر کیک حاصل از تیمارهای مختلف

Figure 2- Viscosity of cake batters prepared from different treatment

Mean values ± SD. Means with different superscripts indicate significant differences among treatments at P<0.05.

کیک

افت وزنی

افت وزنی نمونه‌های حاوی تیمار مایکروویو به طور معنی‌داری نسبت به نمونه شاهد کاهش یافت (جدول۳). نمونه شاهد دارای بالاترین میزان افت وزنی بود که می‌تواند به دلیل کاهش ظرفیت جذب آب نمونه تیمار نشده باشد. کمترین افت وزنی مربوط به نمونه حاوی تیمار MT ۲۰-۹۰ بود و با نمونه حاوی صمغ اختلاف معنی‌داری داشت (P<۰/۰۵). کاهش افت وزنی می‌تواند به دلیل افزایش ظرفیت نگهداشت بالاتر آب در آردهای تیمار شده باشد. پیرز و همکاران (۲۰۱۷) از آرد برنج تیمار شده به روش مایکروویو در فرمولاسیون نان بدون گلوتن بر پایه برنج استفاده کردند و دریافتند که استفاده از آرد برنج تیمار شده باعث کاهش افت وزنی نان حاصل می‌گردد. پژوهشی دیگر بر استفاده از آرد ارزن تیمار شده به روش تیمار حرارتی-رطوبتی در فرمولاسیون کیک بدون گلوتن ارزن نشان داد که استفاده از این تیمار توانست میزان افت وزنی کیک را به طور معنی‌داری کاهش دهد (فتحی و همکاران ۲۰۱۶).

حجم مخصوص و تخلخل کیک

حجم یکی از فاکتورهای موثر بر پذیرش کیک می‌باشد، بطوریکه نمونه‌های با حجم بیشتر دارای پذیرش بالاتری توسط مصرف کنندگان می‌باشند. نتایج مربوط به حجم مخصوص و تخلخل در جدول ۳ نشان داده شده است.

تیمار مایکروویو تأثیر معنی‌داری بر حجم مخصوص و تخلخل کیک داشت (P<۰/۰۵). کمترین حجم مخصوص و تخلخل مربوط به کیک حاصل از دانه تیمار نشده بود و کیک حاوی تیمار MT ۹۰-۲۰ و MT ۶۰-۲۰ و همچنین کیک حاوی صمغ دارای بالاترین حجم مخصوص و تخلخل نسبت به همه نمونه‌ها بودند. اثر بهبود حجم مخصوص و تخلخل در این تیمارها می‌تواند به افزایش ویسکوزیته خمیر کیک مرتبط باشد که این تغییرات ورود حباب‌های هوا به درون خمیر طی مخلوط کردن و همچنین ظرفیت نگهداری حباب‌های هوا درون کیک طی پخت را افزایش می‌دهند. (لبسی و تیزای ۲۰۱۲). پیرز و همکاران (۲۰۱۷) دریافتند استفاده از آرد برنج تیمار شده به روش مایکروویو در فرمولاسیون نان بدون گلوتن باعث افزایش حجم نان حاصل گردید. لونت (۲۰۱۳) تأثیر استفاده از نشاسته تیمار شده با مایکروویو (توان ۷۰۰ وات و زمان ۵ دقیقه) در درصدهای مختلف ۰، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد و همچنین جوانه گندم در درصدهای ۰، ۱۰ و ۲۰ درصد بر ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی کیک را بررسی کردند و گزارش کردند کیک حاصل از ۵ درصد نشاسته اصلاح شده و ۱۰ درصد جوانه گندم دارای بالاترین حجم و تخلخل بوده است.

همچنین پونه فرد و همکاران (۱۳۹۵) دریافتند با افزودن آرد نخودچی و صمغ زانتان به فرمولاسیون کیک بدون گلوتن بر پایه آرد برنج، تخلخل کیک افزایش یافت.

جدول۳- افت وزنی نمونه‌های کیک حاصل از تیمارهای مختلف

Table 3- Baking loss values of cake samples prepared from different treatment

Treatments	Baking loss (%)	Volume (cm^3)	Porosity (%)
C	14.84±0.04 [a]	45.93±0.08[i]	27.81±0.09[h]
C-0.15	14.22±0.05 [d]	57.35±0.07[b]	34.70±0.03[a]
MT 10-30	14.74±0.04 [ab]	46.53±0.09[h]	27.81±0.09[h]
MT 10-60	14.68±0.04 [b]	51.34±0.08[g]	28.86±0.24[g]
MT 10-90	14.51±0.07 [c]	52.54±0.11[f]	29.62±0.23[f]
MT 15-30	14.64±0.08 [b]	54.34±0.13[e]	28.63±0.15[g]
MT 15-60	14.31±0.07 [d]	55.23±0.05[d]	30.01±0.09[e]
MT 15-90	13.97±0.07 [e]	56.92±0.03[c]	32.15±0.25[c]
MT 20-30	14.24±0.07 [d]	55.18±0.05[d]	30.40±0.32[d]
MT 20-60	13.86±0.14 [e]	58.61±0.03[a]	34.71±0.17[a]
MT 20-90	13.72±0.08 [f]	58.83±0.02[a]	34.97±0.14[a]

Mean values ± SD. Means with different superscripts in columns indicate significant differences among treatments at P<0.05.

سفتی بافت کیک

سفتی به عنوان حداکثر نیروی لازم برای فشردن بافت کیک تا یک میزان معین و در یک سرعت مشخص اندازه‌گیری می‌شود. پارامتر سفتی مرتبط با حجم و تخلخل و همچنین میزان رطوبت کیک است. کیک‌های با حجم و تخلخل کمتر میزان سفتی بیشتری نشان می‌دهند. نتایج حاصل از سفتی بافت نمونه‌های کیک در طول نگهداری در جدول ۴ گزارش شده است. استفاده از آرد حاصل از دانه تیمار شده در فرمولاسیون کیک باعث افزایش مقدار ورود حباب‌های هوای به خمیر می‌شود که این امر منجر به کاهش ثقل ویژه و افزایش ویسکوزیته خمیر شده و در نهایت بر حجم و ویژگی‌های بافت کیک موثر است. با افزایش زمان نگهداری سفتی بافت کیک همه نمونه‌ها افزایش یافت. علت اصلی بیاتی در محصولات بدون گلوتن کاهش رطوبت و مهاجرت آسان‌تر رطوبت از مغز کیک به پوست در نتیجه عدم حضور گلوتن باشد. طبق داده‌های به دست آمده، میزان سفتی مغز کیک در همان روز پخت نشان داد که استفاده از آرد حاصل از دانه‌های تیمار شده به روش مایکروویو موجب کاهش قابل توجه سفتی بافت کیک گردید.

بیشترین سفتی در روز پخت مربوط به نمونه شاهد و کمترین آن مربوط به تیمار MT ۹۰-۲۰ بود و در مقایسه با نمونه حاوی صمغ سفتی کمتری داشت. با بررسی سفتی مغز در روز هفتم پس از پخت نیز می‌توان مشاهده نمود که نمونه حاوی تیمارهای MT ۹۰-۲۰ و MT ۶۰-۲۰، از نظر آماری سفتی کمتری در مقایسه با سایر نمونه‌ها داشتند ($P<0/05$). مکانیسمی که تیمار مایکروویو به وسیله آن آرد را بهبود می‌دهد کاملا شناخته شده نیست اما مشخص است که در طول فرآیند تیمار حرارتی، غیرطبیعی شدن پروتئین، ژلاتینه شدن جزئی گرانول‌های نشاسته و نیز افزایش ویسکوزیته خمیر اتفاق می‌افتد.

پیرز و همکاران (۲۰۱۷) اثر تیمار مایکروویو را بر ویژگی‌های نان بدون گلوتن بر پایه برنج مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها گزارش کردند با افزایش زمان تیمار مایکروویو (۱، ۲ و ۳ دقیقه) در رطوبت ۱۶ درصد، میزان سفتی بافت نان به طور معنی‌داری کاهش یافت. آن‌ها بیان کردند سفتی بافت نمونه‌ها مرتبط با حجم آن‌ها می‌باشد. یاداو و همکاران (۲۰۰۸) اثر تیمار مایکروویو آرد کامل گندم بر ویژگی‌های چاپاتی حاصل از آن را بررسی کردند. طبق نتایج آن‌ها، آرد کامل گندم تیمار شده تأثیر معنی‌داری بر سفتی بافت چاپاتی حاصل نداشت. آن‌ها علت این امر را دناتوره شدن پروتئین و در نتیجه تشکیل شبکه ضعیف گلوتن دانستند.

جدول۴- سفتی بافت نمونه‌های کیک حاصل از تیمارهای مختلف

Table 4- Hardness values of cake samples prepared from different treatment

Microwave treatments	Hardness (N)	
	(2 hours after baking)	(7 days after baking)
C	6.545 ± 0.107^{Aa}	9.049 ± 0.076^{Ba}
C-0.15	5.113 ± 0.173^{Ae}	7.796 ± 0.065^{Bd}
MT 10-30	6.546 ± 0.101^{Aa}	9.042 ± 0.079^{Ba}
MT 10-60	6.256 ± 0.124^{Ab}	8.805 ± 0.076^{Bb}
MT 10-90	5.799 ± 0.097^{Ac}	8.281 ± 0.129^{Bc}
MT 15-30	6.313 ± 0.106^{Ab}	8.810 ± 0.129^{Bb}
MT 15-60	5.568 ± 0.149^{Ad}	8.311 ± 0.174^{Bc}
MT 15-90	5.223 ± 0.040^{Ae}	7.818 ± 0.035^{Bd}
MT 20-30	5.641 ± 0.076^{Acd}	8.132 ± 0.153^{Bc}
MT 20-60	5.189 ± 0.107^{Ae}	7.484 ± 0.026^{Be}
MT 20-90	4.814 ± 0.192^{Af}	7.293 ± 0.035^{Bf}

Mean values ± SD. Means with different superscripts in columns indicate significant differences among treatments and means with different superscripts in rows indicate significant differences in treatment at $P<0.05$.

انسجام بافت کیک

کیک‌های با مقادیر انسجام پایین نامطلوب هستند چون به جای تشکیل یک قطعه کوچک و گرد در طول جویدن خرد می‌شوند و همچنین حین برش دادن کیک خرد و شکسته می‌شوند (مارتینز و همکاران ۲۰۱۳). جدول ۵ نتایج مربوط به انسجام بافت کیک‌های تهیه شده از تیمارهای مختلف را نشان می‌دهد. نتایج آنالیز آماری نشان داد استفاده از آرد حاصل از دانه‌های تیمار شده به روش مایکروویو، تغییر معنی‌داری در انسجام کیک نسبت به نمونه شاهد در روز پخت ایجاد کرد ($P<0/05$). کیک حاوی صمغ دارای بیشترین انسجام در روز پخت بود اما از این لحاظ با کیک تهیه شده از تیمار MT ۹۰-۲۰ تفاوت معنی‌داری نداشت. نمونه شاهد نیز دارای کمترین میزان انسجام بود. بررسی تأثیر زمان نگهداری بر انسجام کیک نشان داد که با گذشت زمان طی روزهای نگهداری از انسجام کیک کاسته شد.

کاهش انسجام می‌تواند به دلیل افت جاذبه بین مولکولی بین ترکیبات تشکیل دهنده کیک، خشک شدن و تمایل به خرد شدن در طول بیاتی باشد. در روز هفتم نگـــهداری میـــزان انسجـــام نمونه‌هـــای کیک حاوی تیمارهای MT 10-30، MT ۶۰-۱۰ و MT ۳۰-۱۵ با نمونه شاهد اختلاف معنی‌داری نداشتند (P<۰/۰۵). در حالی که نمونه‌های حاوی تیمارهای دیگر به طورمعنی‌داری انسجام بیشتری نسبت به نمونه شاهد نشان دادند. از بین نمونه‌های حاوی تیمار مایکروویو بیشترین میزان انسجام مربوط به تیمار MT ۹۰-۲۰ بود که این میزان انسجام به میزان کمی از نمونه حاوی صمغ کمتربود ولی تفاوت آن‌ها قابل ملاحظه نبود. پیرز و همکاران (۲۰۱۷) بیان کردند پیش تیمار مایکروویو آرد برنج، تفاوت معنی‌داری در میزان انسجام نان‌های تهیه شده از آن در روز پخت ایجاد نکرد. یاداو و همکاران (۲۰۰۸) دریافتند که استفاده از آرد گندم کامل تیمار شده به روش مایکروویو باعث افزایش میزان انسجام چاپاتی حاصل از آن شد.

قابلیت ارتجاع

نتایج مربوط به حالت ارتجاعی کیک‌های حاوی آرد حاصل از دانه‌های تیمار شده به روش مایکروویو در جدول ۶ ارائه شده است. نتایج آنالیز آماری نشان داد افزودن آرد حاصل از دانه‌های تیمار شده به روش مایکروویو به فرمولاسیون کیک، تغییر معنی‌داری در حالت ارتجاعی آن نسبت به نمونه شاهد ایجاد کرد. تیمار MT ۹۰-۲۰ بیشترین میزان حالت ارتجاعی را نشان داد و این میزان از نمونه حاوی صمغ نیز به طور معنی‌داری بیشتر بود (P<۰/۰۵). تأثیر زمان نگهداری بر حالت ارتجاعی نمونه‌های کیک معنی‌دار بود و طی نگهداری از میزان ارتجاعیت نمونه‌ها کاسته شد. در روز هفتم نگهداری، میزان ارتجاعیت کیک تهیه شده از تیمار MT ۹۰-۲۰ با نمونه حاوی صمغ تفاوت معنی‌داری نداشت (P<۰/۰۵).

جدول۵- انسجام بافت نمونه‌های کیک حاصل از تیمارهای مختلف

Table 5- Cohesiveness values of cake samples prepared from different treatment

Microwave treatments	cohesiveness (N)	
	(2 hours after baking)	(7 days after baking)
C	0.543 ± 0.012^{Ag}	0.215 ± 0.007^{Bf}
C-0.15	0.667 ± 0.006^{Aa}	0.325 ± 0.006^{Ba}
MT 10-30	0.561 ± 0.001^{Af}	0.215 ± 0.004^{Bf}
MT 10-60	0.567 ± 0.002^{Af}	0.218 ± 0.002^{Bf}
MT 10-90	0.577 ± 0.002^{Ae}	0.230 ± 0.003^{Be}
MT 15-30	0.568 ± 0.002^{Af}	0.219 ± 0.001^{Bf}
MT 15-60	0.602 ± 0.002^{Ad}	0.236 ± 0.002^{Be}
MT 15-90	0.616 ± 0.005^{Ac}	0.244 ± 0.003^{Bd}
MT 20-30	0.606 ± 0.004^{Ad}	0.234 ± 0.002^{Be}
MT 20-60	0.640 ± 0.005^{Ab}	0.256 ± 0.003^{Bc}
MT 20-90	0.662 ± 0.003^{Aa}	0.284 ± 0.003^{Bb}

Mean values ± SD. Means with different superscripts in columns indicate significant differences among treatments and means with different superscripts in rows indicate significant differences in treatment at P<0.05.

جدول۶- قابلیت ارتجاع بافت نمونه‌های کیک حاصل از تیمارهای مختلف

Table 6- Springiness values of cake samples prepared from different treatment

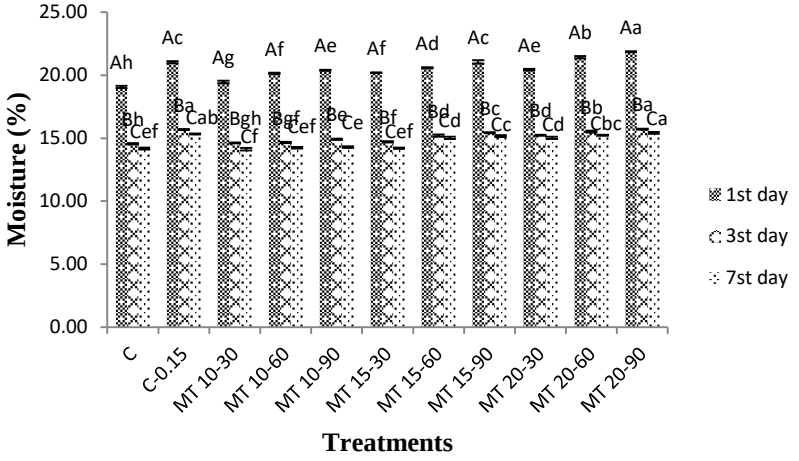
Microwave treatments	cohesiveness (N)	
	(2 hours after baking)	(7 days after baking)
C	0.921 ± 0.003^{Ae}	0.747 ± 0.003^{Bg}
C-0.15	0.948 ± 0.008^{Abc}	0.839 ± 0.009^{Bab}
MT 10-30	0.925 ± 0.002^{Ae}	0.756 ± 0.004^{Bf}
MT 10-60	0.932 ± 0.001^{Ad}	0.782 ± 0.002^{Be}
MT 10-90	0.935 ± 0.001^{Ad}	0.803 ± 0.004^{Bd}
MT 15-30	0.930 ± 0.003^{Ad}	0.782 ± 0.003^{Be}
MT 15-60	0.943 ± 0.004^{Ac}	0.798 ± 0.004^{Bd}
MT 15-90	0.950 ± 0.001^{Aab}	0.829 ± 0.005^{Bc}
MT 20-30	0.944 ± 0.001^{Ac}	0.797 ± 0.003^{Bd}
MT 20-60	0.948 ± 0.002^{Abc}	0.834 ± 0.003^{Bbc}
MT 20-90	0.955 ± 0.004^{Aa}	0.845 ± 0.002^{Ba}

Mean values ± SD. Means with different superscripts in columns indicate significant differences among treatments at $P<0.05$.

کمترین میزان ارتجاعیت در طول نگهداری نیز مربوط به نمونه شاهد بود. مطابق با تحقیق حاضر، پیرز و همکاران (۲۰۱۷) اظهار داشتند استفاده از آرد برنج تیمار شده به روش مایکروویو در نان بدون گلوتن حاصل از آن، بر میزان ارتجاعیت نان‌ها تأثیر معنی‌داری داشت. آن‌ها بیان کردند با افزایش میزان محتوی رطوبت طی تیمار و همچنین با افزایش زمان تیماردهی حالت ارتجاعی نمونه‌های کیک به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. یاداو همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند افزایش زمان تیمار مایکروویو بر آرد دانه کامل گندم، تفاوت معنی‌داری بر حالت ارتجاعی چاپاتی حاصل از آن نداشت.

رطوبت

شکل۳ نتایج مربوط به میزان رطوبت مغز کیک‌ها در روزهای مختلف نگهداری را نشان می‌دهد. در روز پخت، میزان رطوبت مغز کیک هنگام استفاده از آرد حاصل از دانه‌های تیمار شده به طور معنی‌داری نسبت به نمونه تهیه شده از آرد ارزن خام افزایش یافت ($P<0/05$). نتایج آنالیز واریانس نشان داد نمونه تهیه شده از تیمار ۹۰-۲۰ MT دارای رطوبت بالاتری نسبت به تیمارهای دیگر مایکروویو و همچنین نمونه حاوی صمغ بوده است. دلیل افزایش میزان رطوبت کیک‌های حاوی تیمار مایکروویو نسبت به نمونه شاهد می‌تواند ژلاتینه شدن نشاسته در دانه‌های تیمار شده و ظرفیت بالای جذب و نگهداشت آب آن‌ها در حین فرآیند پخت باشد. در روز سوم نگهداری، نمونه تیمار مایکروویو ۹۰-۲۰ MT و همچنین نمونه حاوی صمغ تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند ($P<0/05$). عمدتا تغییر رطوبت تا روز سوم قابل توجه بود و در روز هفتم نگهداری نیز میزان رطوبت نمونه‌ها به میزان کمی کاهش یافت و همانند روز سوم نمونه‌های حاصل از تیمار مایکروویو ۹۰-۲۰ MT و همچنین نمونه حاوی صمغ دارای بالاترین رطوبت بودند. مطابق با تحقیق حاضر، پیرز و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند محتوی رطوبت نان تهیه شده از آرد برنج تیمار شده به روش مایکروویو، به طور معنی‌داری محتوی رطوبت نان حاصل را افزایش داد. پژوهش‌های دیگری در ارتباط با استفاده از نشاسته گندم و ذرت پیش ژلاتینه در فرمولاسیون کیک (هسو و همکاران، ۲۰۱۴) و آرد جو و یولاف پیش‌ژلاتینه در نان بدون گلوتن (پورهاگن و همکاران، ۲۰۱۲) مورد بررسی قرار گرفت و مشاهده شد محتوی رطوبت محصول در طول نگهداری افزایش یافت.



شکل۳- محتوی رطوبت نمونه‌های کیک حاصل از تیمارهای مختلف

Figure 3- Moisture content values of cake samples prepared from different treatment

Mean values ± SD. Means with different superscripts indicate significant differences among treatments and means with different superscripts in rows indicate significant differences in treatment at P<0.05.

رنگ پوسته و مغز کیک

شاخص‌های رنگ برای مغز و پوسته کیک به ترتیب در جدول ۷ و ۸ ارائه شده است. استفاده از آرد حاصل از دانه‌های ارزن تیمار شده به روش مایکروویو، موجب تیره‌تر شدن پوسته کیک نسبت به نمونه شاهد گردید. در یک رطوبت خاص، با افزایش زمان تیماردهی رنگ پوسته کیک تیره‌تر شد و در یک زمان خاص، با افزایش رطوبت تغییر کمی در میزان تیرگی نمونه‌ها مشاهده گردید. همچنین شاخص‌های زردی و قرمزی نیز نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت. بررسی پارامترهای رنگ مغز کیک نیز نشان داد تیمار مایکروویو بر شاخص‌های رنگ مغز کیک تأثیرگذار است. به طور کلی این تیمار باعث افزایش تیرگی نمونه‌ها و همچنین افزایش شاخص‌های زردی و قرمزی نسبت به نمونه شاهد گردید. نتایج آنالیز آماری نشان می‌دهد با افزایش زمان تیمار مایکروویو، تیرگی نمونه‌ها و همچنین شاخص قرمزی نمونه‌ها افزایش یافت اما تغییر معنی‌داری در شاخص زردی بین نمونه‌های حاوی تیمار مایکروویو مشاهده نگردید (P<۰/۰۵). ارتاس (۲۰۱۶) بیان کرد تیماردهی سبوس گندم به روش مایکروویو و استفاده از آن در نان باعث کاهش روشنایی و افزایش شاخص‌های قرمزی و زردی پوسته نان شد. ارتاس (۲۰۱۵) در تحقیق دیگری نیز گزارش کرد تیماردهی سبوس گندم به روش‌های مختلف (مایکروویو، آون هوای داغ و اتوکلاو) و استفاده از آن در کوکی، موجب افزایش تیرگی و شاخص قرمزی و همچنین کاهش شاخص زردی کوکی حاصل نسبت به نمونه شاهد (حاصل از سبوس گندم تیمار نشده) گردید. یاداو و همکاران (۲۰۰۸) تأثیر تیمار مایکروویو بر آرد کامل گندم و اثر آن بر ویژگی‌های چاپاتی را مورد بررسی قرار دادند. تیمار مایکروویو در توان ۹۰۰ وات و در زمان‌های مختلف ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و۱۰۰ ثانیه انجام شد. آن‌ها گزارش کردند با افزایش زمان تیمار مایکروویو میزان روشنایی چاپاتی حاصل کاهش یافت. شاخص زردی و قرمزی آن تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند.

جدول۷- رنگ پوسته نمونه‌های کیک حاصل از تیمارهای مختلف

Table 7- Crust indices of cake samples prepared from different treatment

Microwave treatments	L^*	a^*	b^*
C	70.2 ± 0.2^{b}	11.8 ± 0.1^{c}	19.2 ± 0.2^{b}
C-0.15	71.8 ± 0.2^{a}	11.1 ± 0.1^{d}	19.1 ± 0.1^{ef}
MT 10-30	70.2 ± 0.3^{b}	11.4 ± 0.1^{e}	19.2 ± 0.1^{de}
MT 10-60	69.4 ± 0.1^{c}	12.1 ± 0.1^{b}	20 ± 0.1^{b}
MT 10-90	65.7 ± 0.3^{d}	12.2 ± 0.1^{b}	20.7 ± 0.2^{a}
MT 15-30	70.7 ± 0.2^{b}	11.8 ± 0.3^{c}	19.5 ± 0.3^{cd}
MT 15-60	69.3 ± 0.4^{c}	12.1 ± 0.1^{b}	19.6 ± 0.2^{bcd}
MT 15-90	68.4 ± 0.5^{ed}	12.8 ± 0.1^{a}	19.7 ± 0.5^{bc}
MT 20-30	70.3 ± 0.2^{b}	11.3 ± 0.1^{ed}	18.3 ± 0.1^{g}
MT 20-60	69.3 ± 0.2^{c}	12.1 ± 0.1^{b}	18.5 ± 0.2^{g}
MT 20-90	68 ± 0.2^{e}	12.8 ± 0.1^{a}	18.7 ± 0.4^{gf}

Mean values ± SD. Means with different superscripts in columns indicate significant differences among treatments at $P<0.05$.

جدول۸- پارامترهای رنگ مغز کیک حاصل از تیمارهای مختلف

Table 8- Crumb indices of cake samples prepared from different treatment

Microwave treatments	L^*	a^*	b^*
C	84.5 ± 0.1^{ab}	4.9 ± 0.1^{d}	20.2 ± 0.2^{a}
C-0.15	85.3 ± 0.2^{a}	4.4 ± 0.1^{e}	20.2 ± 0.1^{a}
MT 10-30	84.3 ± 0.7^{b}	4.3 ± 0.1^{e}	20.3 ± 0.5^{a}
MT 10-60	83.7 ± 0.2^{bc}	4.9 ± 0.2^{d}	20.1 ± 0.1^{a}
MT 10-90	83.1 ± 0.4^{cd}	5.1 ± 0.1^{cd}	20.3 ± 0.5^{a}
MT 15-30	83.7 ± 0.2^{bc}	5.1 ± 0.1^{cd}	20.3 ± 0.5^{a}
MT 15-60	82.4 ± 0.2^{d}	5.4 ± 0.2^{c}	20.4 ± 0.3^{a}
MT 15-90	80.9 ± 0.3^{e}	6.3 ± 0.4^{a}	20.3 ± 0.5^{a}
MT 20-30	79.2 ± 1.1^{f}	5.8 ± 0.2^{b}	19.9 ± 0.3^{a}
MT 20-60	82.4 ± 0.6^{f}	5.9 ± 0.1^{b}	19.9 ± 0.1^{a}
MT 20-90	80.9 ± 0.2^{g}	6.4 ± 0.5^{a}	20 ± 0.2^{a}

Mean values ± SD. Means with different superscripts in columns indicate significant differences among treatments and means with different superscripts in rows indicate significant differences in treatment at $P<0.05$.

پذیرش حسی

نتایج ارزیابی حسی کیک‌های تهیه شده از آرد حاصل از دانه‌های تیمار شده به روش مایکروویو در جدول ۹ ارائه شده است. همه کیک‌های تهیه شده از این تیمارها دارای نمره بالاتر از ۵ بودند. با بکارگیری تیمار مایکروویو پذیرش حسی نمونه‌ها به طور معنی‌داری افزایش یافت (P<۰/۰۵). تیمارهای ۹۰-۲۰ MT و ۶۰-۲۰ MT و نمونه حاوی صمغ به ترتیب دارای بالاترین پذیرش حسی بودند. تیمار مایکروویو موجب افزایش نشاسته آسیب دیده و ژلاتینه شدن آن‌ها می‌شود. در نتیجه جذب آب محصول افزایش یافته و باعث نرم‌تر شدن محصول و افزایش پذیرش حسی محصول

می‌گردد. ناندیش و همکاران (۲۰۰۹) تأثیر تیمار مایکروویو (۹۰۰ وات، ۱۲۰ ثانیه) سبوس گندم بر ویژگی‌های رئولوژیکی، ساختاری و کیفی بیسکوئیت بررسی کردند. این محققین گزارش کردند نمونه تیمار شده به روش مایکروویو دارای پذیرش کلی بالاتری نسبت به نمونه شاهد بود.

جدول۹- پذیرش حسی نمونه‌های کیک حاصل از تیمارهای مختلف

Table 9- Sensory evaluation values of cake samples prepared from different treatment

Microwave treatments	Color and appearance	odor	taste	texture	Total acceptability
C	7.55±0.45^{d}	5.59±0.55^{d}	5.70±0.71^{cde}	5.75±0.59^{e}	6.31±0.43^{de}
C-0.15	8.20±0.428^{bc}	7.15±0.88^{c}	7.50±0.58^{b}	7.35±0.75^{bc}	7.75±0.61^{b}
MT 10-30	6.75±0.49^{f}	5.35±0.71^{ef}	4.90±0.74^{f}	5.35±0.47^{e}	5.16±0.35^{f}
MT 10-60	7.05±0.28^{ef}	5.10±0.52^{f}	4.85±0.53^{def}	5.33±0.37^{e}	5.19±0.35^{f}
MT 10-90	7.35±0.53^{ed}	6.80±0.42^{c}	6.05±0.37^{cd}	5.55±0.44^{e}	6.19±0.32^{ed}
MT 15-30	7.05±0.28^{ef}	5.83±0.35^{ed}	5.40±0.46^{ef}	5.40±0.57^{e}	6±0.25^{e}
MT 15-60	7.80±0.26^{cd}	7.88±0.58^{ab}	6.35±0.41^{c}	6.78±0.48^{d}	6.88±0.41^{c}
MT 15-90	8.10±0.21^{bc}	6.90±0.61^{c}	7.55±0.44^{b}	7.80±0.26^{b}	6.69±0.35^{cd}
MT 20-30	7.45±0.37^{ed}	6.95±0.28^{c}	6.28±0.36^{c}	6.93±0.44^{cd}	7.13±0.31^{c}
MT 20-60	8.38±0.43^{ab}	7.80±0.48^{ab}	8.60±0.39^{a}	7.78±0.34^{b}	8.19±0.35^{ab}
MT 20-90	8.85±0.24^{a}	7.93±0.39^{a}	8.35±0.53^{a}	8.33±0.44^{a}	8.75±0.35^{a}

Mean values ± SD. Means with different superscripts in columns indicate significant differences among treatments at $P<0.05$.

نتیجه‌گیری کلی

در راستای افزایش تقاضای مصرف کنندگان برای محصولات بدون افزودنی، با استفاده از تیمار فیزیکی دانه از جمله مایکروویو می‌توان باعث تغییر ویژگی‌های عملکردی آرد شده و آن را برای استفاده در فرمولاسیون فرآورده‌های بدون گلوتن مناسب ساخت. استفاده از آرد دانه‌های تیمار شده به روش مایکروویو موجب کاهش وزن مخصوص و افزایش ویسکوزیته خمیر گردید. استفاده از تیمار مایکروویو با رطوبت ۲۰ درصد و زمان ۶۰ و۹۰ ثانیه به طور معنی‌داری حجم و تخلخل کیک را نسبت به نمونه شاهد و نمونه حاوی صمغ افزایش داد. همچنین این تیمارها موجب افزایش محتوی رطوبت مغز کیک طی نگهداری شدند. همچنین تیمار با رطوبت ۲۰ درصد و زمان ۹۰ ثانیه نرم‌ترین بافت و بیشترین انسجام و حالت ارتجاعی را در بین نمونه‌ها داشت.

منابع مورد استفاده

فرد پ، محمدزاده میلانی ج و کسایی م، ۱۳۹۵. ارزیابی خواص کیفی کیک لایه ای بدون گلوتن تهیه شده از آرد برنج و نخودچی، مجله پژوهش‌های صنایع غذایی، ۲۷، ۱۱۰-۹۹.

AACC I, 2000. Approved Methods of the AACC, 10th ed. Association of Cereal Chemists, St. Paul, Minnesota.

Ashraf S, Saeed SMG, Sayeed SA and Ali R, 2012. Impact of microwave treatment on the functionality of cereals and legumes. International Journal of Agriculture and Biology 14: 356-370.

Bennion EB and Bamford GST, and Bent AJ, 1997. The Technology of Cake-making processes. Springer. US 251-274.

Blades M, 1997. Food allergies and intolerances: an update. Nutrition and Food Science 97: 146-151.

Delcour JA and HoseneyRC, 2010. Principles of Cereal Science and Technology. Third Edition. AACCI press. St. Paul, Minnesota.

Devi PB, Vijayabharathi R, Sathyabama S, Malleshi NG and Priyadarisini VB, 2014. Health benefits of finger millet (Eleusine coracana L.) polyphenols and dietary fiber: a review. Journal of Food Science and Technology 51: 1021-1040.

Ertaş N, 2015. Effect of Wheat Bran Stabilization Methods on Nutritional and Physico-Mechanical Characteristics of Cookies. Journal of Food Quality 38: 184-191.

Ertaş N, 2016. The effect of microwave, autoclave and hot air oven stabilized wheat bran substitution on nutritional and sensorial properties of flat breads. Journal of Food and Health Science 2: 147-158.

Fasano A and Catassi C, 2008. Celiac disease. New England Journal of Medicine 367: 2419-2426.

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. Journal of Food Quality 39: 611-619.

Gallagher E, Gormley T.R and Arendt EK, 2004. Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. Trends in Food Science and Technology 15: 143–152.

Gularte MA, Gómez M and Rosell CM, 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.

Haralick RM, Shanmugam K and Dinstein IH, 1973. Textural features for image classification. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics 3(6): 610-621.

Hesso N, Loisel C, Chevallier S and Le-Bail A, 2014. Impact of pregelatinized starches on the texture and staling of conventional and degassed pound cake. Food and Bioprocess Technology 7: 2923-2930.

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.

Lebesi DM and Tzia C, 2012. Use of endoxylanase treated cereal brans for development of dietary fiber enriched cakes. Innovative Food Science and Emerging Technologies 13: 207-214.

Levent NBH, 2013. Improvement of nutritional properties of cake with wheat germ and resistant starch. Journal of Food and Nutrition Research 52: 210-218.

Lorenz K and Kulp K, 1981. Heat-moisture treatment of starches. II. Functional properties and baking potential. Cereal Chemistry 58: 49-52.

Majzoobi M, Ghiasi F, Habibi M, Hedayati S and Farahnaky A, 2014. Influence of soy protein isolate on the quality of batter and sponge cake. Journal of Food Processing and Preservation 38: 1164-1170.

Marston K, Khouryieh H and Aramouni F, 2016. Effect of heat treatment of sorghum flour on the functional properties of gluten-free bread and cake. LWT-Food Science and Technology 65: 637-644.

Martínez MM, Marcos P and Gómez M, 2013. Texture development in gluten-free breads: Effect of different enzymes and extruded flour. Journal of Texture Studies 44: 480-489.

Miyazaki M and Morita N, 2005. Effect of heat-moisture treated maize starch on the properties of dough and bread. Food Research International 38: 369-376.

Nandeesh K, Jyotsna R and Rao GV, 2011. Effect of differently treated wheat bran on rheology, microstructure and quality characteristics of soft dough biscuits. Journal of Food Processing and Preservation 35: 179-200.

Neill G, Ala'a H and Magee TR A, 2012. Optimisation of time/temperature treatment, for heat treated soft wheat flour. Journal of Food Engineering 113(3): 422-426.

Pérez-Quirce S, Ronda F, Lazaridou A and Biliaderis CG, 2017. Effect of microwave radiation pretreatment of rice flour on gluten-free breadmaking and molecular size of β-glucans in the fortified breads. Food and Bioprocess Technology 10: 1412-1421.

Pinkrova J, Hubackova B, Kadlec P, Prihoda J and Bubnik, Z, 2003. Changes of starch during microwave treatment of rice. Czech Journal of Food Sciences-UZPI (Czech Republic).

Purhagen JK, Sjöö ME and Eliasson AC, 2012. The anti-staling effect of pre-gelatinized flour and emulsifier in gluten-free bread. European Food Research and Technology 235: 265-276.

Qu C, Wang H, Liu S, Wang F and Liu C, 2017. Effects of microwave heating of wheat on its functional properties and accelerated storage. Journal of Food Science and Technology 54: 3699-3706.

Román L, Martínez MM, Rosell CM and Gómez M, 2015. Effect of microwave treatment on physicochemical properties of maize flour. Food and Bioprocess Technology 8: 1330-1335.

Saleh AS, 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: 281-295.

Schubert H and Regier M (Eds.), 2005. The Microwave Processing of Foods. Taylor and Francis US.

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 Journal of Food Science and Technology 45: 87-93.

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

Yadav DN, Patki PE, Sharma GK and Bawa AS, 2008. Effect of microwave heating of wheat grains on the browning of dough and quality of chapattis. International Journal of Food Science and Technology 43: 1217-1225.

Journal of Food Researches/vol.30 No.3/ 2020/pp 169-187
https://foodresearch.tabrizu.ac.ir

Comparison of the effect of microwave treatment of millet grain and the addition of xanthan gum on characteristics of batter and physicochemical and sensorial properties of gluten-free cake

S Mohajer Khorasani[1], M Alami[2*], M Kashaninegad[2] and H Shahiri Tabarestani[2]

Received: April 15, 2019 Accepted: July 2, 2019
[1]Graduated MSc, Faculty of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Golestan, Iran
[2]Associate Professor, Professor and Assistant Professor, respectively Faculty of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Golestan, Iran
[*]Corresponding author: Email: mehranalami@gmail.com

Introduction: The production and improvement of the quality of gluten-free products for celiac patients is one of the major challenges in the food industry. Celiac disease is a digestive autoimmune disease caused by intolerance to the use of gluten. At present, the only treatment is a gluten-free diet. For this purpose, gluten-free grains such as rice, millet, sorghum and corn can be used to produce gluten-free products (Fasano and Catassi 2008). Rice is one of the most suitable cereals for gluten-free products for patients with celiac disease. But since in the rice milling process (for the preparation of white rice) a significant amount of fiber and minerals are lost, in the production of gluten-free products from rice flours, we should use other cereals flour, some beans flour or admittable additives, So that the product has a good balance in terms of nutrients and provides the needs of celiac patients. Millet is one kind of gluten-free cereals that is resistant to pests and diseases, has a short growing season and can be produced in drought conditions (Devi et al., 2014). In gluten-free products, due to the lack of gluten protein, some qualitative problems such as low volume and poor texture are present in the product (Gallagher et al., 2004). In order to improve the quality of gluten-free products, it is possible to use common methods such as gums (Turabi et al., 2008) or physical methods such as microwave (Yadav et al., 2010) treatment. Microwave is electromagnetic waves that range in frequency from 300 MHz to 300 GHz. In a microwave oven, heat is a result of the reaction of a magnetic field with chemical compounds in the food substance, due to the molecular friction that generates internal heat. After absorbing the microwave energy and converting it to heat energy, the heat is transferred to all parts of the food by convection and conduction processes (Schubert and Regier 2005). Microwave treatment improves the functional properties, such as water holding capacity, Emulsifier property, foaming capacity and protein solubility index (Ashraf et al., 2012). Therefore, microwave treated flour or grains can be used to produce different products and improve their quality. So far, research has been conducted about the effect of microwave treatment on starch and cereal flour. Since in industrial scale, Manipulation cereals for moisturing, giving treatment and storing cereals is much easier than flour, grains can be used as a raw material for treatment. However, our review on the researches showed there is no study about using microwave treated grain in the gluten-free cake formulation. Therefore, the objectives of this study was to investigate the use of flour from microwave treated millet grain (treated at different condition) in the formulation of gluten free cake (made from millet and rice flour mix with 50:50 constant ratio) and it's effect on the physicochemical properties of batter and cake. Also, this treatment can be used as a gum substitute in gluten-free cake formulations.

Material and methods: In this research, microwave treatment was applied at different levels of moisture (10, 15 and 20%) and times (60, 30 and 90 seconds) with a constant microwave power of 900 w. The millet grains were tempered to reach 15 and 20% moisture content. For this purpose,

adequate amount of distilled water was sprayed to the millet grains and mixed entirely. Then, to equalize the moisture, samples were kept in the 4°C overnight. Next, the moistened grains in a Pyrex container were treated in microwave oven (Smary, MWS-280 model, Iranian) at 900 W for 30, 60 and 90 s. Then, the treated grains were spread on an aluminum tray and dried in an oven at 40°C up to a moisture content of about 10%. After that, the millet grains were milled by using a laboratory mill, screened through a standard sieve (NO. 80) and were kept in polyethylene bags.

For study of effect of microwave treatment on the quality of gluten free cakes, 50% of microwave millet grain flour was mixed by rice flours. Untreated millet grain flour was used for the control sample. Moreover, some degrees of cake samples such as volume, porosity, moisture content (MC), textural parameters, and sensory properties of gluten-free cake (containing treated grain flour) was examined and results were compared with the sample containing 0.15% xanthan gum.

Results and discussion: According to the results, the use of the microwave treatment of millet grain reduced the specific gravity and increased the viscosity of the gluten-free cake batter ($p<0.05$). So that, the highest specific gravity and the lowest viscosity related to the control sample and the lowest specific gravity and the highest viscosity for the treated sample related to 90-20 MT and sample containing gum. This could be due to an increase in the ability to keep air bubbles in the batter cake during mixing. Moreover, some degree of improvement in cooking loss, volume, porosity, moisture content (MC), textural parameters, and sensory properties of gluten-free cake (containing treated grain flour) was observed, in comparison to the raw cake (made from raw millet). Cooking loss of samples containing microwave-treated grain flour decreased significantly compared to the control sample and the lowest cooking loss was for the sample containing MT 20-90 treatment. Reducing cooking loss in samples containing microwave-treated grain flour can be due to increased water holding capacity in treated millet flour. The cake samples prepared from the microwave treated grain with 20% moisture content at 60 or 90 s showed the highest volume, porosity, and sensory acceptance. This could be because of the use of flour from microwave-treated grains in cake formulation increases the amount of air bubbles entering the batter cake, which results in a special gravity reduction and increased viscosity of the batter and ultimately effect on the volume and the cake texture features. Moreover, the softest texture and the highest moisture content during storage belonged to the sample prepared with flour from the microwave treated grain under 20% and 90s.

Conclusion: In conclusion, the results of this study showed that microwave treatment of millet grain have the potential to improve qualitative characteristics of gluten-free cake samples. In order to increase consumer demand for products without additives, the use of physical treatment of grain or flour (including microwave treatment) can improve the quality of gluten-free products. In this regard, the results of this study showed that the use of microwave-treated grain under 20% MC at 90 and 60 seconds can improve the quality of gluten-free products without the use of gum.

Keywords: Gluten- free cake, Millet, Microwave treatment, Rice, Xanthan gum