



Effect of replacing rice flour with raw and sprouted mung bean flour on the physico-chemical characteristics of gluten-free batter and cake

Farzaneh Balighi¹, Mehran Alami²✉, Alireza Sadeghi²

¹MSc Student, Department of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

² PhD, Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

✉Corresponding author: mehranalami@gmail.com

ARTICLE INFO

Article type:
Research Article

Article history:
Received: April 26, 2024
Accepted: June 1, 2024
Published: October 20, 2024

Keywords:
Gluten-free cake, sprouting, mung beans, rice flour, batter consistency

ABSTRACT

Background: Producing and improving the characteristics of gluten-free products for celiac patient is one of the most important challenges in the food industry.

Aims: For this reason, the aim of this study was to investigate effect of the replacement of rice flour with raw and sprouted mung bean flours in order to improve the physicochemical characteristics of gluten-free cake and batter.

Methods: In the present study, the effect of 4 levels of raw and sprouted mung beans (5, 10, 15 and 20%) on the specific weight and consistency of the cake batter, as well as the volume and porosity, moisture and textural features of the gluten-free cake based on rice flour in a completely randomized design with 9 treatments were investigated.

Results: Based on the results of this study, it was determined that the use of raw and sprouted mung bean flours increased the consistency of the cake batter. Also, increasing the amount of raw and sprouted mung bean flours in the formulation of manufactured cakes led to the increase in the specific volume, porosity and hardness of the produced sample texture. The highest amount of moisture was obtained when 20% of sprouted mung bean flour was used in the cake formulation.

Conclusion: Based on the findings, it can be said that the use of raw and sprouted mung bean flours is useful in improving the characteristics of gluten-free dough and cake.



Extended Abstract

Introduction: Cake is one of the products consumed by the baking industry, which has an important place among people due to its change in taste and appearance, long shelf life (about 4 weeks) and ease of consumption. Normally, this product is produced with wheat flour that contains gluten. Gluten is a combination of food products found in some grains, such as gliadins and glutenins in wheat, hordins in barley, and secolins in rye, which causes an immunological reaction in celiac patients. Today, the only way to treat this disease is to use a gluten-free diet throughout the patient's life. A gluten-free diet prohibits the consumption of bread, cereals or other foods made from wheat, barley, oat, rye and triticale flour. For this purpose, gluten-free cereals (rice, millet, sorghum and corn) and pseudo-cereals (quinoa, buckwheat and amaranth) can be used in the production of gluten-free products. In the process of rice milling to prepare white rice, a significant part of its minerals and fiber is lost, in the preparation of gluten-free products based on rice flour, the flour of other cereals, the flour of some legumes, or permitted additives should be used so that the resulting product is Nutrients have a good balance and meet the needs of celiac patients, also in rice-based products, compared to wheat-based products, the technological quality is lower due to the lack of proteins forming the viscoelastic network of gluten. Producing and improving the characteristics of gluten-free products for celiac patients is one of the most important challenges in the food industry. For this reason, the aim of this study was to investigate effect of replacement of rice flour with raw and sprouted mung bean flours in order to improve the physicochemical characteristics of gluten-free cake and dough. Mung beans with the scientific name *Vigna radiata* is an annual plant belonging to the Fabaceae family and is a cheap and convenient source of protein, minerals and vitamins and belongs to the group of gluten-free legumes. Whole mung bean contains several anti-nutritional factors such as saponin, phytic acid and tannin. Sprouting is a conventional and

inexpensive way to improve the nutritional properties of legumes, and during this process, a significant part of these factors removed. During germination, which is a natural process during seed growth, the stored compounds that are usually used for respiration and the synthesis of new cells before the growth of the embryo are destroyed and complex biochemical and physiological reactions occur that cause extensive changes in the composition or morphology of the beans. **Material and methods:** In the present study, the effect of 4 levels of raw and sprouted mung beans (5, 10, 15 and 20%) on the specific weight and consistency of the cake batter, as well as the volume and porosity, moisture and textural features of the gluten-free cake based on rice flour in a completely randomized design with 9 treatments were investigated.

Results and discussion: The results of analysis of variance showed that the use of whole and sprouted mung bean flour in the cake formulation led to a significant decrease ($P < 0.05$) in the specific weight of the dough compared to the control sample, which could be due to the trapping of more air bubbles in the cake dough. The highest specific weight was related to the control sample and the lowest specific weight was related to TM15 treatment. The addition of sprouted mung bean flour at different replacement levels caused a significant ($P < 0.05$) increase in dough consistency compared to the control sample containing 100% rice flour, and this increase was more significant when 20% of sprouted mung bean flour was used. Also, the addition of whole mung bean flour to the formulation caused a significant increase in the consistency of cake batter compared to the control sample, but the use of 15% and 20% levels of whole mung bean flour was not significantly different from each other. The reason for increasing the consistency of cake batter can be attributed to the increase in water absorption capacity and water trapping and connection with the protein network of batter flour, which leads to a decrease in their mobility. On the other hand, the presence of more protein in whole and sprouted mung bean flour can be another

reason for increasing the dough consistency of cakes containing mung bean flour compared to the control sample. By examining the results of the effect of adding whole and sprouted mung bean flour on the cake volume index, it was found that the samples containing whole and sprouted mung bean flour increased this component at a significant level ($P < 0.05$) compared to the control sample, the reason for which can probably be The high amount of protein in mung beans and the subsequent increase in the creation of protein networks as well as the improvement of protein network formation due to the increase in mung bean flour proteins and the increase in gas retention were attributed. The lowest specific volume related to the control sample and also the cake containing 20% sprouted mung bean flour had the highest specific volume compared to other samples. The improvement of the specific volume in these treatments can be related to the increase in the consistency and viscosity of the cake batter, and these changes increase the entry of air bubbles into the cake batter during mixing, as well as the storage capacity of the air bubbles inside the cake during baking. The results of the effect of adding raw and sprouted mung bean flour in the rice-based gluten-free cake formulation showed that the control sample had the lowest porosity and the TS20 treatment, which contains the highest amount of sprouted mung bean flour, had the highest porosity. The porosity of the treatments when sprouted mung bean flour was used was more than the porosity of the samples that used raw mung bean flour. The reason for this can be attributed to the amount of protein of mung bean flour combined with rice flour, which by increasing it to a certain amount, causes the stability of gas cells and delay in staleness. Also, the increase in porosity can be due to the decrease in size and increase in the number of gas cells and its uniform distribution in the product texture. in the present study, a direct relationship between volume and porosity was observed. on the baking day, the moisture content of the cake core increased significantly ($P < 0.05$) when using sprouted mung bean flour at levels of 5-20% and whole mung bean flour

at levels of 15 and 20% compared to the sample prepared from 100% rice flour. The sample prepared from the TS20 treatment had a higher moisture content than the other sprouted and whole mung bean flour treatments. Most of the changes were significant until the third day, and on the seventh day of storage, the moisture content of the samples decreased slightly, and as in the previous two days, the TS20 treatment sample had the highest moisture content. The increase in moisture content of cakes containing mung bean flour can probably be due to the absorption of more water and the ability to maintain more moisture of mung bean flour than rice flour. the cake core hardness of all samples increased with increasing storage time. The decrease in moisture and the easier migration of moisture from the core of the cake to the cake shell as a result of the absence of gluten is the main cause of staleness in gluten-free products. According to the results obtained from the hardness of the cake core texture on the same day of baking, it was found that increasing the amount of mung bean flour (raw and sprouted) reduces the hardness of the cake texture. The highest hardness on the day of cooking was related to the control treatment, which had a significant difference ($P < 0.05$) with other treatments, and the lowest hardness was related to the TS20 treatment. The decrease in hardness in cakes prepared with rice and mung bean flour with increasing mung bean ratio is probably because the contents of fiber, lipids and proteins, by affecting gelatinization and staleness, cause a decrease in hardness.

Conclusion: As a result, the results of this study showed that the use of sprouted mung bean flour has the potential to improve the quality characteristics of gluten-free batter and cake samples. In this way, to increase consumer demand for products without artificial additives, the use of sprouted mung bean flour can improve the quality of gluten-free products. According to the results of this study, the use of 20% sprouted mung bean flour can improve the quality of gluten-free products.



تاثیر جایگزینی آرد برنج با آرد ماش خام و جوانه زده بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خمیرابه و کیک بدون گلوتن

فرزانه بلیغی^۱، مه‌ران اعلمی^۲✉، علیرضا صادقی^۲

^۱دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان

^۲دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان

✉ مسئول مکاتبه: mehranalami@gmail.com

مشخصات مقاله

نوع مقاله:

علمی پژوهشی

تاریخچه مقاله:

دریافت: ۱۴۰۳/۲/۷

پذیرش: ۱۴۰۳/۳/۱۲

انتشار: ۱۴۰۳/۷/۲۹

کلید واژگان:

کیک فاقد گلوتن، جوانه زنی، ماش، آرد برنج، قوام خمیرابه

چکیده

زمینه مطالعاتی: تولید و بهبود ویژگی‌های محصولات بدون گلوتن برای بیماران مبتلا به سلیاک، یکی از چالش‌های مهم در صنایع غذایی می‌باشد. به همین دلیل،
هدف: هدف از این مطالعه، بررسی جایگزینی آرد برنج با آرد ماش خام و جوانه زده به جهت بهبود ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی کیک و خمیرابه کیک بدون گلوتن بود.
روش کار: در این پژوهش، تاثیر ۴ سطح ماش خام و جوانه زده (۰.۵، ۱.۰، ۱.۵ و ۲.۰ درصد) روی وزن مخصوص و قوام خمیرابه کیک و همچنین حجم و تخلخل، رطوبت و شاخص‌های بافت کیک بدون گلوتن مبتنی بر آرد برنج در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۹ تیمار مورد بررسی قرار گرفت.
نتایج: بر اساس نتایج این مطالعه مشخص گردید که استفاده از آرد ماش خام و جوانه زده سبب کاهش وزن مخصوص و افزایش قوام خمیرابه کیک می‌گردد. همچنین افزایش میزان آرد ماش خام و جوانه زده در فرمولاسیون کیک‌های تولیدی سبب افزایش میزان حجم مخصوص و تخلخل بافت کیک شد. بیشترین میزان رطوبت هنگامی بدست آمد که از ۲۰ درصد آرد ماش جوانه زده در تهیه کیک استفاده شد. طبق نتایج به دست آمده از میزان سختی بافت مغز کیک در همان روز پخت مشخص شد که افزایش میزان آرد ماش (خام و جوانه زده) موجب کاهش سختی بافت کیک می‌شود.
نتیجه گیری نهایی: نتایج این مطالعه نشان داد که استفاده از آرد ماش جوانه زده پتانسیل بهبود ویژگی‌های کیفی نمونه‌های خمیر و کیک بدون گلوتن را دارد. بر اساس نتایج این مطالعه، استفاده از آرد ماش جوانه زده ۲۰ درصد می‌تواند کیفیت محصولات بدون گلوتن را بهبود بخشد.



مقدمه

یکی از محصولات پر مصرف صنایع پخت است که به دلیل تنوع در طعم و ظاهر، مدت زمان نگهداری طولانی (در حدود ۴ هفته) و راحتی مصرف در بین افراد جامعه جایگاه مهمی دارد. به طور معمول این محصول با آرد گندم که حاوی گلوتن است تولید می‌شود. گلوتن ترکیبی از پروتئین‌های موجود در برخی غلات مانند گلیادین‌ها و گلوتنین‌ها در گندم، هوردین‌ها در جو و سکولین‌ها در چاودار است که باعث واکنش ایمونولوژیک در بیماران مبتلا به سلولیت می‌شود. مصرف گلوتن توسط این بیماران سبب التهاب روده و اختلال در جذب مواد مغذی نظیر آهن، کلسیم، اسید فولیک و ویتامین‌های محلول در چربی می‌شود (کاتاسی و فاسانو ۲۰۰۸ و لازاریو و همکاران ۲۰۰۷). امروزه تنها راه درمان این بیماری استفاده از یک رژیم غذایی فاقد گلوتن در تمام طول عمر بیمار است (ماچادو ۲۰۲۳). رژیم غذایی فاقد گلوتن، مصرف نان، غلات یا سایر غذاهای تهیه شده از آرد گندم، جو، یولاف، چاودار و تریتیگل را منع می‌کند (گالاگر و همکاران ۲۰۰۴). به همین منظور می‌توان از غلات بدون گلوتن (برنج، ارزن، سورگوم و ذرت) و شبه غلات (کینوا، باکویت و آمارانت) در تولید محصولات فاقد گلوتن استفاده کرد.

برنج با نام علمی *Oryza Sativa* از تیره *Gramineae* یکی از غلات مناسب جهت تهیه فرآورده‌های بدون گلوتن برای بیماران سلولیت می‌باشد و حاوی مقادیر کم پروتئین، چربی، سدیم و مقادیر زیادی از کربوهیدرات‌ها با قابلیت هضم بالاست اما از آنجا که در فرآیند شالی‌کوبی به منظور تهیه برنج سفید بخش قابل توجهی از مواد معدنی و فیبر آن از دست می‌رود، در تهیه فرآورده‌های بدون گلوتن بر پایه 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 مبتلا به سلولیت را تامین نماید (مهاجر خراسانی و همکاران ۱۳۹۸). همچنین در فرآورده‌های بر پایه برنج در مقایسه با فرآورده‌های بر پایه گندم به دلیل فقدان پروتئین‌های تشکیل دهنده شبکه ویسکوالاستیک گلوتن، کیفیت تکنولوژیک پایین‌تر است (گالاگر و همکاران ۲۰۰۴). بمنظور بهبود کیفیت محصولات بدون گلوتن می‌توان از حبوباتی نظیر عدس، نخود، لوبیا و ماش به عنوان منبعی ارزان و مناسب از نظر فیبرهای رژیمی، کربوهیدرات، پروتئین، مواد معدنی و ویتامین‌ها استفاده کرد (کو و همکاران ۲۰۰۴). ماش با نام علمی *Vigna radiate* گیاهی یک‌ساله و متعلق به خانواده *Fabaceae* است و منبع ارزان قیمت و مناسبی از پروتئین، مواد معدنی و ویتامین‌ها بوده و در گروه حبوبات فاقد گلوتن جای می‌گیرد. ماش کامل حاوی چند عامل ضدتغذیه‌ای از قبیل ساپونین، اسید فیتیک و تانن است. جوانه‌زنی روشی مرسوم و ارزان قیمت در بهبود خواص تغذیه‌ای بقولات عنوان شده است و در طی این فرایند بخش قابل توجهی از این عوامل حذف می‌شوند. در طی جوانه‌زنی که یک روند طبیعی در طی رشد دانه است اندوخته ترکیباتی که معمولاً برای تنفس و سنتز سلول‌های جدید قبل از رشد جنین به کار می‌رود تخریب شده و واکنش‌های بیوشیمیایی و فیزیولوژیک پیچیده‌ای رخ می‌دهد که باعث تغییرات وسیعی در ترکیب و یا مورفولوژی حبوبات می‌شود (نجف‌آبادی و همکاران ۲۰۲۰). عوامل ضدتغذیه‌ای مانند عوامل تولید نفخ شکم (استاکیوز و رافینوز) نیز بعد از جوانه‌زنی کاهش می‌یابند. گزارشات متعددی مبنی بر افزایش قابلیت زیست‌فراهمی مواد معدنی و قابلیت هضم نشاسته و پروتئین در طی جوانه‌زنی و کاهش میزان تانن و اسیدفایتیک در طی جوانه‌زنی وجود دارد (موروکار و همکاران ۲۰۱۳). تحقیقات متعددی در خصوص استفاده از آرد حبوبات در تولید کیک بدون گلوتن صورت گرفته است. گولاراته و همکاران (۲۰۱۲)

جوانه‌زده بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خمیرابه و کیک بدون گلوتن بر پایه آرد برنج بود.

مواد و روش‌ها

برنج مورد استفاده از رقم فجر از فروشگاه استرآبادی گرگان تهیه شد و بعد از شستن با آب شهری در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به رطوبت حدود ۱۲ درصد خشک شد. سپس توسط آسیاب آزمایشگاهی (آسان طوس شرق، مدل ۱۰۰۰، ایران) آرد و از الک شماره ۸۰ (با اندازه منافذ ۱۸۰ میکرون) عبور داده شد و در کیسه‌های پلی اتیلنی تا زمان استفاده نگهداری شد. پودر قند، تخم مرغ تازه، روغن آفتابگردان، بیکنینگ پودر (مخصوص فرآورده‌های بدون گلوتن) و وانیل از فروشگاه‌های معتبر مواد غذایی تهیه شدند.

تهیه آرد ماش خام و جوانه‌زده

ماش مورد استفاده در این تحقیق، رقم دزفول بود که از سازمان جهاد کشاورزی استان گلستان تهیه گردید. برای تولید آرد ماش کامل، دانه ماش شسته، خشک و بوسیله آسیاب آرد گردید. به منظور تهیه آرد ماش جوانه‌زده ابتدا مواد زائد و ضایعات دانه‌های ماش جدا گردید، سپس ماش‌ها به مدت پنج دقیقه در محلول هیپوکلریت سدیم ۰/۵٪ غوطه‌ور گردید تا ضدعفونی گردند، در نهایت با آب مقطر شسته شده و در ۵-۴ برابر حجم آب در شرایط آزمایشگاهی طی ۴۸ ساعت خیسانده شدند. بعد از این مدت، دانه‌های بادکرده به سبدهای مخصوص آبیگری منتقل و تا خارج شدن آب اضافی نگهداری شد. دانه‌های آبیگری شده روی ظروف ضدزنگ پخش گردید و جوانه زنی دانه‌ها در گرمخانه با دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و طی ۷۲ ساعت در شرایط تاریکی صورت گرفت. پس از جوانه‌زنی، دانه‌ها در یک آون ۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۶ ساعت تا

به بررسی تأثیر آرد حبوبات مختلف بر خواص تکنولوژیک کیک‌های لایه‌ای بدون گلوتن پرداختند و مشاهده نمودند که استفاده از آرد حبوبات خصوصاً نخود سبب افزایش حجم کیک نسبت به نمونه شاهد می‌شود. در این پژوهش مشخص شد که آرد حبوبات، بخصوص آرد عدس، باعث افزایش سفتی و قابلیت جویدن کیک‌ها می‌شود. لونت و بیلگیکی (۲۰۱۱) گزارش کردند که استفاده از آرد لوبین در کیک فاقد گلوتن سبب بهبود شاخص حجم کیک می‌گردد. پونه فرد و همکاران (۱۳۹۵) به بررسی ویژگی‌های بافتی کیک برنج با درصد‌های مختلف جایگزینی آرد نخود پرداختند و بیان کردند که سفتی بافت نمونه‌های تولیدی طی دوره نگهداری، افزایش و به هم پیوستگی و فنریت نمونه‌ها کاهش می‌یابد. همراز و نوری (۱۳۹۴) در پژوهشی به بررسی سختی بافت کیک بدون گلوتن تولید شده از آرد برنج و آرد لوبیا چشم بلبلی پرداختند. نتایج بدست آمده از آنالیز واریانس داده‌ها نشان داد که جایگزینی آرد‌های لوبیا و برنج با آرد گندم در فرمولاسیون کیک، باعث کاهش معنی‌دار سختی گردید. با افزایش درصد آرد برنج و کاهش درصد آرد لوبیا، میزان سختی نمونه‌ها کاهش بیشتری پیدا کرد. در پژوهشی نظری و قره‌خانی (۱۳۹۸) تأثیر جایگزینی آرد برنج با آرد ماش خام و جوانه‌زده را بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی نان بدون گلوتن مورد بررسی قرار دادند. براساس نتایج این پژوهش مشخص گردید که استفاده از آرد ماش خام و جوانه‌زده نسبت به نمونه شاهد منجر به افزایش میزان تخلخل نمونه‌ها شد و همچنین با افزایش آرد ماش (خام و جوانه‌زده) در فرمولاسیون سختی نمونه‌ها افزایش یافت. با وجود مطالعات انجام شده، تاکنون تحقیقی به بررسی اثر جایگزینی آرد ماش کامل و جوانه‌زده در ترکیب کیک بدون گلوتن بر پایه برنج نپرداخته است. بنابراین، هدف از این پژوهش بررسی تأثیر جایگزینی آرد برنج با آرد ماش خام و

رسیدن به رطوبت ۱۰ درصد خشک شدند و پوسته و جوانه به طور کامل از آن‌ها جدا گردید. سپس توسط آسیاب آزمایشگاهی آرد و از الک شماره ۸۰ (با اندازه منافذ ۱۸۰ میکرون) عبور داده و در کیسه‌های پلی اتیلنی تا زمان استفاده نگهداری شد (نظری و قره‌خانی ۱۳۹۸).

روش تهیه خمیرابه 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) تهیه گردیدند. مقادیر اولیه هر تیمار در جدول ۱ آورده شده است. جهت تهیه کیک ابتدا روغن آفتابگردان و پودر قند با استفاده از همزن به مدت ۴ دقیقه با سرعت متوسط کاملاً

مخلوط شدند. تخم مرغ کامل به تدریج به مخلوط اضافه گردید و به مدت ۵ دقیقه با سرعت تند همزده شد. آرد ماش و آرد برنج به نسبت‌های مختلف (انواع آرد ماش با جایگزینی ۰، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد آرد برنج استفاده شد) که با وانیل و بیکنینگ پودر الک شده بودند به مخلوط اضافه شدند و ۱ دقیقه با سرعت کم مخلوط گردیدند. مقدار ۳۰ گرم از خمیرابه کیک در قالب‌های آلومینیومی پخت (۸×۸×۲/۵ سانتی‌متر) حاوی کاغذ روغنی ریخته شد و در فر (LETO-010، ترکیه) با دمای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه پخته شدند. پس از پخت کیک‌ها از قالب خارج و در دمای اتاق به مدت ۲۰ دقیقه خنک شدند. کیک‌ها به منظور نگهداری تا زمان آزمون‌ها در کیسه‌های پلی اتیلنی و در دمای اتاق قرار گرفتند.

Table 1- Introduction of treatments

Symbol	INGREDIENTS (gr)								
	Rice flour	Mung bean flour (%)	Sprouted mung bean flour (%)	Sugar	Oil	Egg	Vanilla	Baking powder	Water
Control	100	0	0	72	57	72	0.5	2	30
TM5	95	5	0	72	57	72	0.5	2	30
TM10	90	10	0	72	57	72	0.5	2	30
TM15	85	15	0	72	57	72	0.5	2	30
TM20	80	20	0	72	57	72	0.5	2	30
TS5	95	0	5	72	57	72	0.5	2	30
TS10	90	0	10	72	57	72	0.5	2	30
TS15	85	0	15	72	57	72	0.5	2	30
TS20	80	0	20	72	57	72	0.5	2	30

ارزیابی ویژگی‌های خمیرابه کیک

وزن مخصوص

$$\text{رابطه ۱)} \quad \left(\frac{\text{حجم واقعی}}{\text{حجم توده}} - 1 \right) \times 100 = \text{درصد تخلخل}$$

حجم مخصوص

شاخص حجم مخصوص نمونه‌های کیک براساس روش جابجایی دانه‌های کلزا اندازه‌گیری گردید. در این روش ابتدا دانسیته توده‌ای کلزا با استفاده از وزن و حجم مشخصی از دانه‌ها محاسبه شد و سپس نمونه (یک کیک کامل) به همراه دانه‌های کلزا با هم داخل ظرفی با ابعاد مشخص قرار گرفته و توزین شد. در نهایت حجم مخصوص براساس روابط زیر محاسبه گردید. (AACC, 2000-72-10).

$$\text{رابطه ۲)} \quad \text{ظرف } W - \text{کیک } W - \text{کل } W = \text{کلزا } W$$

$$\text{رابطه ۳)} \quad \text{کلزا } V = \frac{w_{\text{کلزا}}}{\rho_{\text{کلزا}}}$$

$$\text{رابطه ۴)} \quad \text{کلزا } V - \text{ظرف } V = \text{کیک } V$$

ارزیابی بافت کیک

ارزیابی بافت کیک در فاصله زمانی دو ساعت و یک هفته پس از پخت با استفاده از آزمون پروفایل بافت (TPA^۱) توسط دستگاه بافت سنج (شرکت استیل میکروسیستم، مدل TA.XT plus، انگلستان) صورت گرفت. بدین منظور ابتدا، قطعات ۲۰×۲۰×۲۰ میلی‌متری از مغز نمونه‌های بدون پوسته 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 وارده حین آزمون ۲ میلی‌متر بر ثانیه و زمان

جهت اندازه‌گیری این کمیت، حجم مشابهی از خمیرابه کیک و آب دوبار تقطیر در یک درجه حرارت یکسان (۲۵ درجه سانتی‌گراد) وزن شده و با تقسیم وزن خمیرابه کیک به وزن آب دوبار تقطیر، وزن مخصوص خمیرابه کیک محاسبه گردید (آشویی و همکاران ۲۰۰۹).

آزمون اکستروژن پسر^۱ خمیرابه

نمونه‌های خمیرابه در یک ظرف استوانه‌ای از جنس پرسپکس^۲ با عمق، ارتفاع، قطر داخلی و قطر خارجی به ترتیب ۵۰، ۶۹، ۵۰ و ۶۰ میلی‌متر ریخته و جهت اجرای آزمون اکستروژن پسر از دستگاه بافت سنج (شرکت استیل میکروسیستم، مدل TA.XT plus، انگلستان) و از پروب A/B-d35 (قطر ۳۵ میلی‌متر) استفاده شد. سرعت قبل، حین و پس از آزمون به ترتیب ۱، ۱ و ۱۰ میلی‌متر بر ثانیه تنظیم گردید. با نفوذ پروب به درون نمونه و برگشت آن به ترتیب، بخش مثبت و منفی منحنی نیرو-زمان به دست آمد (ناصرالدین و همکاران ۲۰۱۲). شاخص مورد مطالعه در این پژوهش، قوام (نیوتن بر ثانیه) بود.

آزمون‌های کیک

تخلخل

جهت ارزیابی میزان تخلخل ابتدا حجم واقعی کیک تعیین گردید. بدین منظور، ابتدا نمونه داخل استوانه مدرج تا جایکه هیچ گونه خلل و فرجی باقی نماند فشرده گردید، سپس طبق رابطه زیر درصد تخلخل محاسبه شد (ترابی و همکاران ۲۰۰۸).

¹ Back-Extrusion

² Perspex

³ Texture Profile Analysis

تاخیر بین دو سیکل ۳۰ ثانیه بود. شاخص مورد مطالعه، سختی^۴ (برحسب نیوتن) بود که توسط منحنی نیرو-زمان برحسب نیوتن محاسبه گردید (لبسی و تریا ۲۰۱۲).

رطوبت مغز کیک

میزان رطوبت مغز کیک در روز پخت، ۳ و هفت روز پس از پخت طی نگهداری اندازه‌گیری شد. بدین منظور ۳ گرم از مغز کیک در ظروف فلزی مخصوص اندازه‌گیری رطوبت که از قبل به وزن ثابت رسیده و توزین شده ریخته شده و پس از ۶۰ ساعت نگهداری در دمای محیط به منظور خشک شدن اولیه نمونه، در آون با دمای ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. پس از رسیدن به وزن ثابت، ظرف حاوی نمونه در دسیکاتور سرد و توزین شد. میزان رطوبت با استفاده از رابطه زیر تعیین گردید (سونگ و همکاران ۲۰۲۰).

$$\text{درصد رطوبت کیک (رابطه ۵)} = \frac{w_1 - w_2}{m} \times 100$$

w_1 = وزن اولیه نمونه و ظرف، w_2 = وزن ظرف و نمونه پس از رسیدن به وزن ثابت، m = وزن اولیه نمونه (گرم)

تجزیه و تحلیل آماری

در این پژوهش کلیه آزمون‌ها در سه تکرار انجام گرفت. آنالیز واریانس و مقایسه تیمارها با استفاده از نرم افزار SPSS صورت گرفت. مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

خمیرابه کیک

وزن مخصوص

نتایج حاصل از وزن مخصوص خمیرابه کیک در شکل ۱ ارائه شده است. وزن مخصوص خمیرابه کیک، عامل مناسبی در تعیین مقدار حباب هوای وارد شده به خمیرابه و همچنین میزان نگهداری حباب‌ها در طول مخلوط کردن است. به طور کلی هرچه وزن مخصوص خمیر کمتر باشد، حباب‌های هوای موجود در خمیرابه بیشتر بوده، در نتیجه در طول پخت حباب‌های بیشتری تشکیل شده و حجم مخصوص کیک بیشتر می‌گردد (مهاجر خراسانی و همکاران ۱۳۹۸). بنابراین، وزن مخصوص پایین در خمیرابه کیک مطلوب است زیرا با حفظ حباب‌های هوای اولیه وارد شده در خمیر طی مخلوط کردن ارتباط دارد (اخوان و همکاران ۲۰۲۱). نتایج آنالیز واریانس نشان داد که استفاده از آرد ماش کامل و جوانه‌زده در فرمولاسیون کیک منجر به کاهش معنی‌دار ($P < 0.05$) وزن مخصوص خمیرابه نسبت به نمونه شاهد گردید که می‌تواند به دلیل به دام افتادن میزان بیشتری از حباب‌های هوا در خمیرابه کیک باشد. بیشترین وزن مخصوص مربوط به نمونه شاهد و کم‌ترین وزن مخصوص نیز مربوط به تیمار TM15 بود. در پژوهش‌های دیگری، بررسی آرد سایر حبوبات بر وزن مخصوص خمیرابه کیک صورت گرفته است. برای نمونه، گلپهان و کاراچا (۲۰۲۳) گزارش کردند که با افزایش مقدار آرد عدس در فرمولاسیون مافین فاقد گلوتن، وزن مخصوص خمیرابه کیک کاهش یافت. همچنین کریمی و همکاران (۱۳۹۷) گزارش کردند که استفاده از آرد نخود حرارت دیده سبب کاهش وزن مخصوص خمیرابه کیک نسبت به نمونه ۱۰۰ درصد آرد برنج گردید.

⁴ Hardness

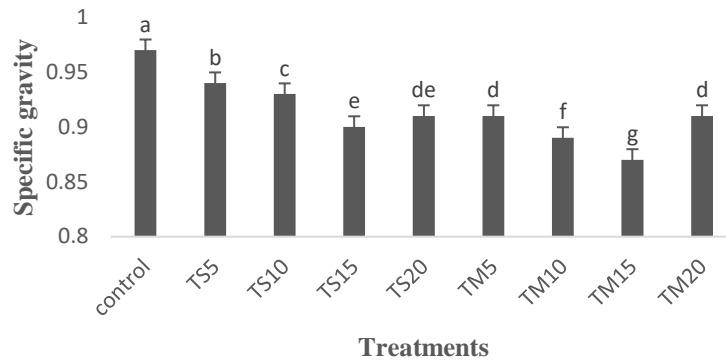


Figure 1- Specific gravity of cake batters prepared from different treatments

Mean values ± Standard deviation. Means with different letters indicate significant differences among treatments at $P < 0.05$.

معنی‌داری نداشت. علت افزایش قوام خمیرابه کیک را می‌توان به افزایش ظرفیت جذب آب و به دام افتادن آب و اتصال با شبکه پروتئینی آرد خمیرابه که منجر به کاهش تحرک آن‌ها شده، نسبت داد (روندا و همکاران ۲۰۱۱). از طرف دیگر، وجود مقدار بیشتری پروتئین در آرد ماش کامل و جوانه‌زده می‌تواند دلیل دیگری بر افزایش قوام خمیرابه کیک‌های حاوی آرد ماش نسبت به نمونه شاهد باشد. گولاراته و همکاران (۲۰۱۲) افزایش قوام خمیرابه کیک برنج را در جایگزینی با آرد حبوبات مختلف در سطح ۵۰ درصد بیان کردند.

قوام

همانطور که در شکل ۲ مشاهده می‌گردد، افزودن آرد ماش جوانه‌زده در سطوح مختلف جایگزینی باعث افزایش معنی‌دار قوام خمیرابه نسبت به نمونه شاهد حاوی ۱۰۰ درصد آرد برنج شد و این افزایش زمانی که از ۲۰ درصد آرد ماش جوانه‌زده استفاده شده بود، چشمگیرتر بود. همچنین افزودن آرد ماش کامل به فرمولاسیون هم سبب افزایش معنی‌دار قوام خمیرابه کیک نسبت به نمونه شاهد شد اما استفاده از سطوح ۱۵ و ۲۰ درصد آرد ماش کامل با یکدیگر تفاوت

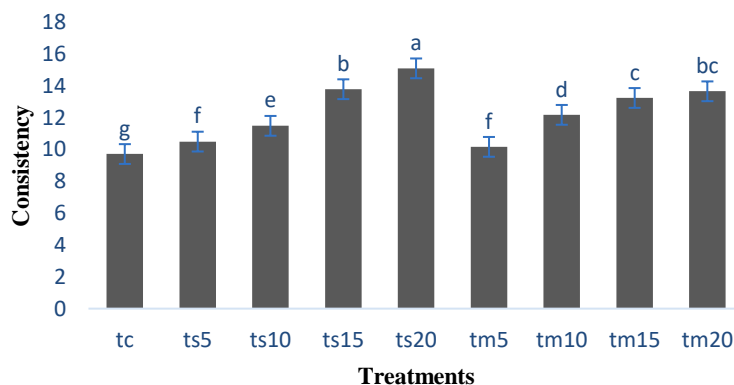


Figure 2- Consistency of cake batters prepared from different treatments

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

ویژگی‌های کیک

تاثیر نوع نمونه بر حجم مخصوص کیک

حجم یکی از فاکتورهای موثر بر پذیرش کیک می‌باشد، به طوری که نمونه‌های حجیم دارای پذیرش بیشتری توسط مصرف‌کنندگان می‌باشند. با بررسی نتایج حاصل از اثر افزودن آرد ماش کامل و جوانه‌زده بر شاخص حجم کیک مشخص شد که نمونه‌های حاوی آرد ماش کامل و جوانه‌زده در سطح معنی‌داری ($P < 0.05$) باعث افزایش این مولفه نسبت به نمونه شاهد گردید که دلیل آن را احتمالاً می‌توان به بالا بودن میزان پروتئین در ماش و به دنبال آن افزایش ایجاد شبکه‌های پروتئینی و همچنین بهبود شکل‌گیری شبکه پروتئین در اثر ازدیاد پروتئین‌های آرد ماش و افزایش احتباس گاز نسبت داد (جدول ۳). کم‌ترین حجم مخصوص مربوط به نمونه شاهد و همچنین کیک حاوی ۲۰ درصد آرد ماش جوانه‌زده دارای بالاترین حجم مخصوص نسبت به سایر نمونه‌ها بود. بهبود حجم مخصوص در این تیمارها می‌تواند به افزایش قوام و ویسکوزیته خمیرابه کیک مرتبط باشد که این تغییرات ورود حباب‌های هوا به درون خمیرابه کیک طی مخلوط کردن و همچنین ظرفیت نگهداری حباب‌های هوا درون کیک را در طی پخت افزایش می‌دهد (لبسی و تریا ۲۰۱۲). گولارته و همکاران (۲۰۱۱) نیز افزایش حجم مخصوص کیک‌های فاقد گلوتن غنی شده با آرد حبوبات مختلف (نخود فرنگی، لویا، عدس) را گزارش کردند. در مقابل، زمردی و همکاران (۱۳۹۷) طی تحقیقی که جهت تهیه کیک اسفنجی فراسودمند غنی شده با سطوح مختلف آرد ماش کامل انجام دادند، گزارش کردند که حجم کیک مبتنی بر گندم با افزایش آرد ماش تا ۵ درصد، افزایش اما بیش از ۵ درصد (تا ۱۰ درصد) به طور معنی‌داری کاهش یافت.

تخلخل

وجود تخلخل ناشی از حضور حباب‌های هوا در داخل بافت کیک است. هر چقدر تعداد حباب‌های هوا در داخل بافت محصول بیشتر باشد، تخلخل محصول نیز بیشتر خواهد بود (جهانبخشی و انصاری ۲۰۲۰). با توجه به جدول ۳، نتایج اثر افزودن آرد ماش خام و جوانه‌زده در فرمولاسیون کیک فاقد گلوتن مبتنی بر برنج نشان داد که نمونه شاهد دارای کمترین میزان تخلخل و تیمار TS20 که حاوی بیشترین میزان آرد ماش جوانه‌زده است، بیشترین تخلخل را دارا بود. میزان تخلخل تیمارها هنگامی که از آرد ماش جوانه‌زده استفاده شد، بیش از میزان تخلخل نمونه‌هایی بود که از آرد ماش خام استفاده شده بود. دلیل این را می‌توان به میزان پروتئین آرد ماش ترکیب شده با آرد برنج نسبت داد که با افزایش آن تا مقداری مشخص، باعث پایداری سلول‌های گازی و تأخیر در بیاتی می‌گردد. همچنین افزایش میزان تخلخل می‌تواند به دلیل کاهش اندازه و افزایش تعداد سلول‌های گازی و توزیع یکنواخت آن در بافت محصول باشد (زیوبرو و همکاران ۲۰۱۲). در بررسی آرد سایر حبوبات، پونه فرد و همکاران (۱۳۹۵) دریافتند که با افزودن آرد نخود به فرمولاسیون کیک بدون گلوتن بر پایه آرد برنج، تخلخل کیک افزایش یافت. در پژوهش دیگری، نظری و قره‌خانی (۱۴۰۰) بیان کردند که با افزایش آرد ماش در فرمولاسیون نان فاقد گلوتن، میزان تخلخل نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد (۱۰۰ درصد آرد برنج) افزایش می‌یابد. در پژوهش حاضر میان حجم و تخلخل ارتباط مستقیمی مشاهده شد.

Table 2- Volume and porosity of cake samples prepared from different treatments

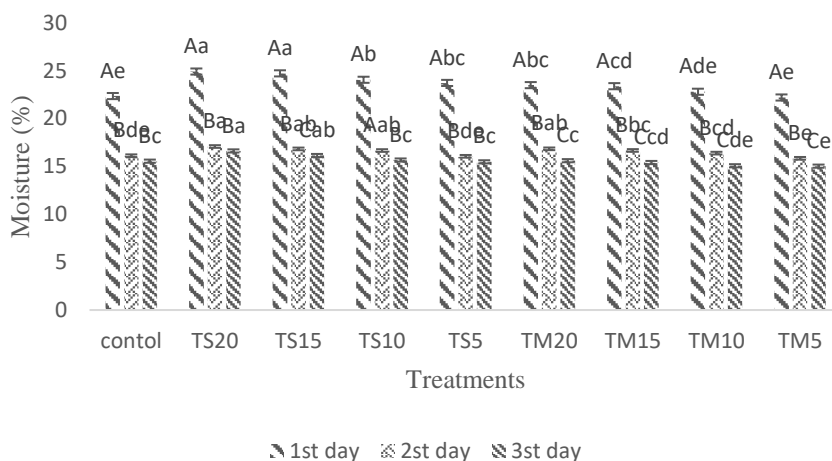
Treatments	Volume (cm ³)	Porosity (%)
TC	46.15 ± 0.27 ^h	47.50 ± 0.5 ^h
TS5	54.47 ± 0.35 ^e	60.67 ± 0.58 ^f
TS10	61.06 ± 0.42 ^c	64.50 ± 0.5 ^d
TS15	62.8 ± 0.35 ^b	69.33 ± 0.58 ^b
TS20	70.01 ± 0.34 ^a	71.50 ± 0.50 ^a
TM5	50.37 ± 0.22 ^g	51.17 ± 0.76 ^g
TM10	53.45 ± 0.53 ^f	62.50 ± 0.50 ^e
TM15	57.21 ± 0.32 ^d	64.67 ± 0.58 ^d
TM20	62.28 ± 0.33 ^b	68.17 ± 0.76 ^c

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

رطوبت

هفتم نگهداری نیز رطوبت نمونه‌ها به میزان اندکی کاهش یافت و همانند دو روز قبل نمونه تیمار TS20 دارای بیشترین میزان رطوبت بود. افزایش رطوبت کیک‌های حاوی آرد ماش احتمالاً می‌تواند به دلیل جذب آب بیشتر و قابلیت حفظ رطوبت بیشتر آرد ماش نسبت به آرد برنج باشد. مطابق با پژوهش حاضر، جونگ و چانگ (۲۰۱۹) گزارش کردند که با افزودن آرد ماش و لوبیا چشم بلبلی در فرمولاسیون مافین‌های فاقد گلوتن مبتنی بر برنج، میزان رطوبت نسبت به مافین شاهد کمی افزایش یافت.

شکل ۳ 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 ماش جوانه‌زده در سطوح ۵ تا ۲۰ درصد و آرد ماش کامل در سطوح ۱۵ و ۲۰ درصد به شکل معنی‌داری (P<۰/۰۵) نسبت به نمونه تهیه شده از ۱۰۰ درصد آرد برنج افزایش یافت. نمونه تهیه شده از تیمار TS20 دارای رطوبت بالاتری نسبت به سایر تیمارهای آرد ماش جوانه‌زده و کامل بود. عمده تغییرات تا روز سوم قابل توجه بود و در روز

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

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.

ارزیابی پروفایل بافت مغز کیک

سختی

مقاومت مغز کیک به تغییر شکل یک ویژگی بافتی است که بیانگر ثبات و استحکام مغز کیک است و درجه این استحکام و افزایش آن طی گذشت زمان عامل مهمی در ارزیابی بیاتی است و توسط آنالیز بافت اندازه‌گیری می‌شود. سرعت پایین سفت شدن و همچنین پایین‌تر بودن سختی نهایی بعد از دوره نگهداری می‌تواند با میزان رطوبت بیشتر محصول در ارتباط باشد. همانطور که در جدول ۳ آمده است، میزان سختی مغز کیک همه نمونه‌ها با افزایش زمان نگهداری، افزایش یافت. کاهش رطوبت و مهاجرت آسان‌تر رطوبت از مغز کیک به پوسته کیک در نتیجه عدم حضور گلوتن، علت اصلی بیاتی در محصولات فاقد گلوتن است (مهاجر خراسانی و همکاران ۱۳۹۸). افزایش سختی یک پدیده کلی است که در طی رتروگریداسیون نشاسته مشاهده می‌شود که ناشی از تشکیل پیوندهای هیدروژنی بین مولکول‌های نشاسته‌ای است که ژلاتینه شده‌اند (لی و کیم ۲۰۰۲). سطح سختی پایین یا افزایش کم سختی را می‌توان به عنوان تأخیر در رتروگریداسیون تفسیر کرد (یون ۲۰۰۷). طبق نتایج به دست آمده از میزان سختی بافت مغز کیک در همان روز پخت مشخص شد که افزایش میزان آرد ماش

(خام و جوانه‌زده) موجب کاهش سختی بافت کیک می‌شود. بیشترین سختی در روز پخت مربوط به تیمار شاهد بود که تفاوت معنی‌داری ($P < 0.05$) با سایر تیمارها داشت، همچنین کمترین میزان سختی مربوط به تیمار TS20 بود. کاهش میزان سختی در کیک‌های تهیه شده با آرد برنج و ماش با افزایش نسبت ماش احتمالاً به این علت است که محتویات فیبر، لیپیدها و پروتئین‌ها، با تاثیر بر ژلاتینه شدن و بیاتی سبب کاهش سختی می‌شوند (کیم و همکاران ۲۰۱۷). کیم و همکاران (۲۰۱۷) بیان کردند که سختی کیک در اثر ترکیب آرد برنج با آرد ماش کاهش یافت و این کاهش در نمونه‌های حاوی آرد ماش جوانه‌زده بیش‌تر بود. در مطالعه حاضر نیز زمانی که از آرد ماش جوانه‌زده استفاده شده بود سختی نمونه‌ها کمتر از زمانی بود که از ماش کامل در فرمولاسیون استفاده شده بود. در مقابل چونگ و چانگ (۲۰۱۸) افزایش سختی مافین‌های حاوی آرد حبوبات از جمله ماش را نسبت به مافین‌های مبتنی بر آرد برنج گزارش کردند. افزایش سختی کیک‌های حاوی آرد حبوبات می‌تواند به دلیل کاهش محتوای گلوتن گندم و ظرفیت جذب آب بیشتر به دلیل محتوای پروتئین و فیبر آن نیز باشد که منجر به کاهش ساختار شبکه گلوتمی و متراکم شدن ساختار کیک می‌شود (گولارته و همکاران ۲۰۱۲).

Table 3- Hardness values of cake samples prepared from different treatments

Treatments	2 hours after baking	7 days after baking
TC	7.88 ± 0.89 ^{Aa}	14.48 ± 0.31 ^{Ba}
TS5	6.78 ± 0.81 ^{Abc}	10.80 ± 0.41 ^{Bde}
TS10	5.41 ± 0.3 ^{Ad}	11.25 ± 0.17 ^{Bd}
TS15	5.32 ± 0.68 ^{Ad}	11.94 ± 0.42 ^{Bc}
TS20	5.31 ± 0.98 ^{Ad}	10.60 ± 0.40 ^{Be}
TM5	6.99 ± 0.41 ^{Abc}	12.65 ± 0.18 ^{Bd}
TM10	6.82 ± 0.22 ^{Abc}	12.26 ± 0.30 ^{Bbc}
TM15	6.03 ± 0.16 ^{AcD}	6.03 ± 0.16 ^{Bf}
TM20	5.95 ± 0.33 ^{AcD}	11.94 ± 0.11 ^{Bc}

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 $P < 0.05$.

نتیجه‌گیری کلی

افزایش میزان آرد ماش خام و جوانه‌زده در فرمولاسیون کیک‌های تولیدی سبب افزایش میزان حجم مخصوص، تخلخل و سختی بافت کیک می‌شود. بیشترین میزان رطوبت هنگامی بدست آمد که از ۲۰ درصد آرد ماش جوانه‌زده در تهیه کیک استفاده شده بود. بنابراین براساس یافته‌های این نتایج می‌توان بیان داشت که استفاده از آرد ماش خام و جوانه‌زده در بهبود ویژگی‌های خمیرابه و کیک فاقد گلوتن مفید است.

پیروی از یک رژیم عاری از گلوتن، مهم‌ترین روش در جلوگیری از بیماری سلیاک است. به همین دلیل در این مطالعه از آرد برنج به همراه نسبت‌های مختلف از انواع آرد ماش (جوانه‌زده و خام) جهت تهیه کیک برنج استفاده شد. نتایج نشان داد که استفاده از آرد ماش خام و جوانه‌زده سبب کاهش وزن مخصوص و افزایش قوام خمیرابه می‌گردد. همچنین

References

- ضیایی‌فرا، کشیری م، فتحی ب، کریمی عبدالملکی ن و اعلمی م، ۱۳۹۷. تاثیر استفاده از آرد نخود خام و حرارت دیده بر ویژگی‌های کیفی کیک بدون گلوتن بر پایه آرد برنج. مجله علوم و صنایع غذایی ایران. ۱۵ (۸۰): ۲۸۱-۲۹۲.
- فرد پ، محمدزاده میلانی ج و کسایی م، ۱۳۹۶. ارزیابی خواص کیفی کیک لایه‌ای بدون گلوتن تهیه شده از آرد برنج و نخودچی. مجله پژوهش‌های صنایع غذایی. ۲۷ (۱): ۹۹-۱۱۰.
- مهاجر خراسانی س، اعلمی م، کاشانی‌نژاد م و شهیری طبرستانی ه، ۱۳۹۸. مقایسه اثر تیمار مایکروویو دانه ارزن و افزودن صمغ زانتان بر ویژگی‌های خمیر و خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی کیک بدون گلوتن. مجله پژوهش‌های صنایع غذایی. ۳۰ (۳): ۱۶۹-۱۸۷.
- نظری ا و قره‌خانی م، ۱۳۹۸. تاثیر جایگزینی آرد برنج با آرد ماش خام و جوانه‌زده بر ترکیبات فنولی و خصوصیات فیزیکوشیمیایی نان بدون گلوتن. مجله پژوهش‌های صنایع غذایی. ۳۱ (۲): ۱۷-۳۳.
- همراز ش و نوری ل، ۱۳۹۴. بررسی مقدار پروتئین و سختی کیک بدون گلوتن تولید شده از آرد برنج و آرد لوبیا. چهارمین همایش سراسری کشاورزی و منابع طبیعی پایدار، تهران
- AACC I, 2000. Approved Methods of the AACC, 10th ed. Association of Cereal Chemists, St. Paul, Minnesota.
- Akhavan Mahdavi S, Aalami M, Ziaifar A M and Maghsoudlou Y, 2021. Effect of heat moisture treatment of brown rice flour and natural additives on the properties of gluten-free frozen cake batter. *Journal of Food Processing and Preservation*, 13(3), 115-131.
- Ashwini A, Jyotsna R and Indrani D, 2009. Effect of hydrocolloids and emulsifiers on the rheological, microstructural and quality characteristics of eggless cake. *Food Hydrocolloids*, 23(3), 700-707.
- Bennion E B and Bamford G S T, 1997. The technology of cake making. Springer Science & Business Media.
- Fasano A and Catassi C, 2012. Celiac disease. *New England Journal of Medicine*, 367(25), 2419-2426.
- Gallagher E, Gormley T R and Arendt E K 2004. Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. *Trends in Food Science & Technology*, 15(3-4), 143-152.
- Gularte M A, Gómez M and Rosell C M, 2012. Impact of legume flours on quality and in vitro digestibility of starch and protein from gluten-free cakes. *Food and Bioprocess Technology*, 5, 3142-3150.
- Jahanbakhshi R and Ansari S, 2020. Physicochemical properties of sponge cake fortified by olive stone powder. *Journal of Food Quality*, 2020, 1-11.
- Jeong D and Chung H J, 2019. Physical, textural and sensory characteristics of legume-based gluten-free muffin enriched with waxy rice flour. *Food Science and Biotechnology*, 28, 87-97.
- Kim Y A, In S J and Rho J, 2017. Effect of germinated grain flours on physicochemical characteristics of rice cakes, *Seolgitteok*. *Food Science and Biotechnology*, 26, 21-28.

- Kuo Y H, Rozan P, Lambein F, Frias J and Vidal-Valverde C, 2004. Effects of different germination conditions on the contents of free protein and non-protein amino acids of commercial legumes. *Food Chemistry*, 86(4), 537-545.
- Lazaridou A, Duta D, Papageorgiou M, Belc N and Biliaderis C G, 2007. Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. *Journal of Food Engineering*, 79(3), 1033-1047.
- 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.
- Lee K A and Kim K J, 2002. Mechanical characteristic of Backsulgi added with rich sources of phospholipid. *Korean Journal of Food and Cookery Science*, 18(4), 381-389.
- Levent H and Bilgiçli N, 2011. Enrichment of gluten-free cakes with lupin (*Lupinus albus L.*) or buckwheat (*Fagopyrum esculentum M.*) flours. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 62(7), 725-728.
- Machado M V, 2023. New Developments in celiac disease treatment. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(2), 945.
- Murugkar D A, Gulati P and Gupta C, 2013. Effect of sprouting on physical properties and functional and nutritional components of multi-nutrient mixes. *International Journal of Food and Nutritional Sciences*, 2(2), 8.
- Nasaruddin F, Chin N L and Yusof Y A, 2012. Effect of processing on instrumental textural properties of traditional dodol using back extrusion. *International Journal of Food Properties*, 15(3), 495-506.
- Ronda F, Oliete B, Gómez M, Caballero P A and Pando V, 2011. Rheological study of layer cake batters made with soybean protein isolate and different starch sources. *Journal of Food Engineering*, 102(3), 272-277.
- Sung W C, Chiu E T, Sun A and Hsiao H I, 2020. Incorporation of chia seed flour into gluten-free rice layer cake: effects on nutritional quality and physicochemical properties. *Journal of Food science*, 85(3), 545-555.
- Talebi Najaf Abadi S, Sharifi A and Absalan A A, 2020. Effect of germination process on nutritional value changes and some mung bean physicochemical properties. *Research Achievements for Field and Horticulture Crops*, 8(2), 211-224.
- Turabi E, Sumnu G and Sahin S, 2008. Rheological properties and quality of rice cakes formulated with different gums and an emulsifier blend. *Food Hydrocolloids*, 22(2), 305-312.
- 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
- Yoon S J, 2007. Quality characteristics of Sulgitteok added with lotus leaf powder. *Korean Journal of Food and Cookery Science*, 23(4), 433-442.