تحقیقات مهندسی صنایع غذایی/جلد ۲۰/ شماره ۷۱/پاییز و زمستان ۱۴۰۰/ص ۱۵۰-۱۳۱

سایت مجله: https://fooder.areeo.ac.ir

نوع مقاله: علمی-پژوهشی

استفاده از آرد سویا و ارزن معمولی و جوانه زده بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی دونات فاقد گلوتن بر پایه آرد برنج

مارال اسماعیل زاده[۱]، فریبا نقی‌پور[۲*] و علیرضا فرجی[۳]

۱ و ۳- بـه ترتیـب: دانشـجوی کارشناسـی ارشـد علـوم و صـنایع غـذایی گـرایش فنـاوری مـواد غـذایی؛ و اسـتاد دانشـکده علـوم و فن‌آوری‌های نوین، واحد علوم دارویی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲- استادیار؛ مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

تاریخ دریافت:۱۳۹۹/۵/۵ ؛ تاریخ پذیرش:۱۴۰۰/۶/۸

چکیده

امروزه با توجه بـه مصـرف بالـای میان‌وعـده‌های غـذایی، بهبـود ویژگـی‌هـای کیفـی و تغذیـه‌ای ایـن دسـته از فراورده‌هـا اهمیت بسـزایی دارد. از سـوی دیگـر بایـد بـه تولیـد ایـن میان‌وعـده‌ها بـرای بیمـارانی توجـه کـرد کـه از تحمـل گلـوتن ناتوانند. هدف از اجـرای ایـن تحقیـق، بررسـی امکـان جـایگزینی آرد بـرنج موجـود در فرمولاسـیون دونـات بـدون گلـوتن بـا آرد سـویا و ارزن معمـولی و جوانـه‌زده در سـطح ۲۰ درصـد و ارزیـابی ویژگـی‌هـای فیزیکوشـیمیایی، بـافتی، تصـویری، حسی و ماندگاری محصول تولیـدی در یـک طـرح کاملاً تصـادفی بـا آرایـش فاکتوریـل اسـت (P≤۰/۰۵). براسـاس نتـایج بررسـی‌هـا، مشـخص گردیـد بـا جـایگزینی آرد بـرنج بـا آرد سـویا و ارزن معمـولی و جوانـه‌زده در فرمولاسـیون دونـات بدون گلوتن میزان رطوبت، پـروتئین، و چربـی محصـول نهـایی افـزایش یافتـه کـه در ایـن بـین تـأثیر آرد سـویا از تـأثیر آرد ارزن بیشتر بوده‌است. در خصـوص حجـم مخصـوص و تخلخـل دونـات بـدون گلـوتن، یافتـه‌های ایـن پـژوهش نشـان می‌دهد بـا جـایگزینی آرد بـرنج بـا آرد سـویا و ارزن معمـولی و جوانـه‌زده، حجـم مخصـوص و تخلخـل محصـول افـزایش می‌یابد که تأثیر آرد سویای جوانه‌زده بیشـتر از تـأثیر سـایر افزودنـی‌هـا بوده‌اسـت. نتـایج تحقیـق نشـان مـی‌دهـد کـه در بـین نمونـه‌های تولیـدی، نمونـه آرد ارزن جوانـه‌زده کمتـرین میـزان سـفتی بافـت را در بازه‌هـای زمـانی ۲ سـاعت، ٤ و ۷ روز پس از تولید داشته اسـت. بـا ایـن جـایگزینی، میـزان مؤلفـه L* و a* پوسـته نمونـه‌های تولیـدی بـه‌ترتیب کـاهش و افـزایش داشـته اسـت. همچنـین بـا ایـن جـایگزینی دیـده شـد میـزان ترکیبـات فنولیـک کـل و فعالیـت آنتـی‌اکسـیدانی محصول افزایش می‌یابـد کـه تـأثیر آرد ارزن جوانـه‌زده بیشـتر بوده‌اسـت تـا دیگـر افزودنـی‌هـا. سـرانجام، نمونـه دونـات بدون گلـوتن بـا ۸۰ درصـد آرد بـرنج و ۲۰ درصـد آرد ارزن جوانـه‌زده کـه دارای خـواص کمـی، کیفـی، مانـدگاری و حسـی مطلوبی بود، به‌عنوان بهترین نمونه معرفی گردید.

واژه‌های کلیدی

میان‌وعده، بدون گلوتن، جوانه زدن، سویا، ارزن، ارزش غذایی

مقدمه

خوشـمزگی و پرانـرژی بـودن دونـات باعـث شـده تـا ایـن فـرآورده در میـان محصـولات شـیرین حاصـل از آرد گنـدم بسـیار مـورد توجـه قـرار گیـرد. دونـات تـازه بایـد

* نگارنده مسئول: Email: faribanaghipour@yahoo.com

http://doi: 10.22092/fooder.2022.343511.1280

© 2021,The Author(s). Published by Agricultural Engineering Research Institute. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

نرم، قابل انعطاف و دارای عطر و آرومای کافی باشد (Dehghan Tanha *et al.*, 2013). از این‌رو با توجه به مصرف بالای این میان‌وعده غذایی، بهبود ویژگی‌های کیفی و تغذیه‌ای آن اهمیت بسزایی دارد. این در حالی است که گروهی از افراد جامعه به آرد گندم و پروتئین گلوتن موجود در آن حساسیت دارند.

بیماری سلیاک یک ناهنجاری مادام العمر روده‌ای است که به سبب خوردن گلوتن در افراد حساس به این پروتئین ایجاد می‌شود. این بیماری یکی از رایج‌ترین ناهنجاری‌های ژنتیکی در جهان است. مصرف گلوتن توسط بیماران سلیاکی سبب التهاب و تورم روده کوچک می‌شود که در نتیجه به حذف ناقص مواد ضروری مانند آهن، کلسیم و ویتامین‌های انحلال‌پذیر در چربی و گاهی به کاهش وزن و دچارشدن به اسهال، کم‌خونی، خستگی، نفخ شکم و کمبود فولات می‌انجامد (Blades, 1997 & Murray, 1999). بیماری سلیاک فقط در کشورهای توسعه یافته شایع نیست، بلکه به‌طور روزافزونی در کشورهای در حال توسعه نیز گزارش شده است. در دهه ۸۰ میلادی در کشورهای در حال توسعه با استفاده از تست‌های ساده سرولوژیکی به تدریج مشخص شد که شیوع سلیاک در کشورهای خاورمیانه، از جمله ایران، به همان اندازه‌است که در کشورهای اروپایی دیده می‌شود و شیوع آن در مناطقی که در معرض خطر قرار دارند، ۳ تا ۵ درصد گزارش شده است. تنها راه درمان بیماری سلیاک استفاده از یک رژیم غذایی فاقد پروتئین‌های گروه پرولامین یا اصطلاحاً بدون گلوتن در سراسر عمر بیمار است (Niewinski, 2008). علاوه بر این مشتقات گندم، جو، چاودار و یولاف نیز باید از رژیم غذایی فاقد گلوتن حذف شوند و غلات فاقد گلوتن، شبه غلات و حبوبات فاقد این پروتئین در تولید این دسته از محصولات مصرف شوند.

یکی از دانه‌های غلات را که می‌توان جایگزین آرد گندم در فرمولاسیون محصولات صنایع پخت استفاده کرد، دانه ارزن است که جزء غلات ریزدانه محسوب می‌شود و به خانواده گندمیان تعلق دارد. دانه‌های ارزن، ریز کروی شکل به رنگ‌های زرد، سفید یا قهوه‌ای هستند و در برخی از نقاط جهان از آرد آن در تولید محصولات صنایع پخت به‌ویژه تولید محصولات بدون گلوتن استفاده می‌شود (Haboubi *et al.*, 2006).

آرد ارزن اگرچه فاقد گلوتن است، اما از نظر ارزش غذایی در مقایسه با سایر دانه‌های غلات منبع غنی از پروتئین، اسیدهای آمینه ضروری، ویتامین‌ها و مواد معدنی است (Iva *et al.*, 2017). ارزن سرشار از فیبرهای رژیمی، مواد فیتوشیمیایی، ریزمغذی‌ها، ویتامین‌های گروه B و مواد معدنی مانند کلسیم، آهن، پتاسیم، منیزیم و روی است (Nass, 2012 & Taylor *et al.*, 2006). لیگان‌ها و لوتئونین فیتونوترینت‌های ضروری در ارزن هستند که برای بدن انسان بسیار مفیدند و در واقع یک نوع فیتواستروژن هستند که به‌عنوان آنتی اکسیدان عمل می‌کنند. این غله ضمن بالابودن ارزش تغذیه‌ای، کمترین مقدار مواد آلرژی‌زا و بیشترین مقدار هضم‌پذیری را در بین غلات داراست که باعث ایجاد سیری می‌شود و از پرخوری و اضافه وزن جلوگیری می‌کند (Chappalwar *et al.*, 2013 & Singh *et al.*, 2012).

از سویا یا لوبیای روغنی به علت نداشتن گلوتن نیز می‌توان در فرمولاسیون محصولات بدون گلوتن استفاده کرد. دانه سویا فاقد کلسترول، لاکتوز و اسیدهای چرب اشباع است (Singh, 2009). سویا در

تکنولوژی مواد غذایی به دلیل خاصیت امولسیون کنندگی، غلیظ‌کنندگی، کف‌زایی و ظرفیت مناسب نگهداری آب کاربرد زیادی دارد (Marco & Rosell, 2008). سویا حاوی ترکیبات نامطلوب مانند بازدارنده تریپسین نیز هست که استفاده از آن را محدود می‌کند. بازدارنده تریپسین که یک عامل ضد تغذیه‌ای است بر قابلیت هضم پروتئین تأثیر می‌گذارد (Kumar *et al.*, 2006). وجود مقادیر زیاد از این بازدارنده در رژیم غذایی سبب تحریک ترشح آب پانکراس و باعث کاهش رشد می‌شود. یکی از روش‌های مهار این عوامل ضد تغذیه‌ای در سویا فرآیند جوانه زدن است. جوانه‌زنی سویا باعث مهار فعالیت تریپسین و کاهش فعالیت آن به میزان ۳۲ درصد می‌شود (Huisman & Tolman, 2001). علاوه بر این، جوانه‌زنی سویا باعث افزایش اسید آسکوربیک، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و میزان ایزوفلاوون‌ها می‌شود. در مراحل مختلف جوانه‌زنی سویا، میزان نیتروژن غیرپروتئینی افزایش و مقدار قند کاهش می‌یابد و در کل می‌توان گفت که جوانه‌زنی سویا علاوه بر افزایش ارزش تغذیه‌ای باعث بهبود خواص کارکردی آن نیز می‌شود؛ برای مثال جذب آب و روغن و قدرت تشکیل امولسیون و توانایی تشکیل کف در سویا بعد از جوانه‌زدن افزایش می‌یابد (Huisman & Tolman, 2001 & Mostafa *et al.*, 1987). جوانه‌زنی باعث کاهش طعم نامطلوب لوبیایی سویا نیز می‌شود (Macleod & Ames, 1988).

در واقع جوانه‌زدن دانه آغاز سه نوع تغییر شیمیایی اصلی در آن است: اول شکستن برخی مواد، دوم انتقال مواد از یک بخش از دانه به بخش دیگر به ویژه از آندوسپرم به جنین یا از لپه‌ها به بخش روبه رشد و سوم سنتز مواد جدید از محصول شکسته شده (Esonu *et al.*, 1998). گریفیت و همکاران (Griffith *et al.*, 1998) با بررسی اثر جوانه‌زدن بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی مخلوط غلات و حبوبات نتیجه گرفتند که جوانه‌زدن باعث افزایش پروتئین، چربی و فیبر و نیز کاهش ویسکوزیته نمونه جوانه‌زده می‌شود. در فرآیندجوانه‌زدن میزان ویتامین‌ها، املاح و پروتئین به مقدار زیادی افزایش می‌یابد در حالی‌که از میزان کربوهیدرات‌ها کاسته می‌شود (Peerb & Leeson, 2003 & Sabetmoghaddam *et al.*, 2009). افزایش میزان پروتئین در حین جوانه‌زدن در اثر شکسته‌شدن مولکول‌های کربوهیدرات و ترکیب آنها با نیتروژن موجود در هواست که در این واکنش، اسیدهای آمینه تشکیل می‌شود. در اثر این واکنش‌ها، کربوهیدرات کاهش می‌یابد و به‌طورکلی می‌توان گفت که این تغییرات باعث افزایش قابلیت هضم و جذب مخلوط غلات و حبوبات در بدن می‌شود (Sadana&Chabra, 2003).

مبیتی و همکاران (Mbithi *et al.*, 2000) با مطالعه اثر جوانه زدن ارزن نتیجه گرفتند که این فرایند باعث کاهش ویسکوزیته، افزایش قابلیت هضم پروتئین و کاهش عوامل ضدتغذیه‌ای مانند تانن و فیتات و کاهش فعالیت مهار کننده آنزیم ترپسین می‌شود. محمدزاده میلانی و همکاران (Mohammad zadeh Milani *et al.* 2018) نیز با بررسی تأثیر آرد سویای معمولی و جوانه‌زده بر کیفیت نان بربری می‌گویند افزودن این آرد تأثیر نامطلوبی بر خواص کیفی نان ندارد و حتی در پاره‌ای از خصوصیات سبب بهبود آن نیز می‌شود. بر اساس نتایج آزمون فارینوگراف، هر دو نمونه حاوی سویا بهتر از نمونه شاهد بودند و ریزساختار محصول نهایی نیز با افزودن آرد سویا بهبود یافته‌است.

هدف از این پژوهش، بررسی امکان تولید دونات بدون گلوتن با استفاده از افزودن آرد دانه سویا و ارزن جوانه‌زده و معمولی به‌منظور غنی‌سازی و افزایش خواص تغذیه‌ای و بهبود ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، بافتی، تصویری و حسی دونات بدون گلوتن تولیدی بر پایه آرد برنج است.

مواد و روش‌ها

مواد

آرد برنج مورد استفاده در فرمولاسیون نمونه‌های دونات بدون گلوتن تولیدی از فروشگاه‌های معتبر خریداری شد. دانه ارزن نیز از نوع پروسو (*Panicum miliaceum* L.) از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر و دانه سویا از شرکت صنایع پروتئینی توس سویا (مشهد، ایران) تهیه گردید. آرد برنج و دانه‌های ارزن و سویا برای اجرای آزمایش‌ها به صورت یکجا تهیه و در سردخانه با دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری شد. خمیرمایه نیز از شرکت خمیر مایه رضوی تهیه شد. سایر مواد مورد نیاز در آزمایش‌ها شامل روغن سرخ کردنی (با نام تجاری بهار، تهران)، نمک، شکر و تخم‌مرغ از یکی از فروشگاه معتبر خریداری گردید. کلیه مواد شیمیایی نیز از شرکت مرک آلمان تهیه شد.

روش‌ها

تهیه آرد ارزن و سویا

دانه‌های ارزن و سویا بعد از جداسازی مواد زائد و خارجی، با آب شسته و در آون (مدل فاطر الکتریک، ساخت ایران) با دمای ۴۵ درجه سلسیوس خشک شدند. با استفاده از آسیاب چکشی (مدل Laboratory Mill 3100، ساخت آلمان) و عبور از الک با مش استاندارد ۸۰، آرد تهیه گردید.

ارزیابی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آرد برنج، ارزن و سویا

ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آرد برنج، ارزن و سویا مانند رطوبت، پروتئین، خاکستر و چربی بر اساس روش‌های استاندارد تدوین شده در انجمن شیمی‌دانان غلات آمریکا[1] (AACC) اندازه‌گیری شد. میزان رطوبت مطابق استاندارد شماره ۱۶-۴۴، پروتئین مطابق استاندارد شماره ۱۰-۴۶، خاکستر مطابق استاندارد شماره ۰۱-۰۸ و چربی مطابق استاندارد شماره ۱۰-۳۰ ارزیابی گردید. میزان فیبر نیز طبق روش رانگانایاکی و همکاران (Ranganayaki *et al.*, 2012) تعیین شد و میزان کربوهیدرات در نمونه‌ها از کسر کردن مجموع ترکیبات تشکیل‌دهنده از ۱۰۰ به‌دست آمد (Mohtarami *et al.*, 2019).

تولید آرد دانه سویا و ارزن جوانه‌زده

دانه‌های سویا و ارزن جوانه‌زده، پس از شسته‌شدن به مدت حدود ۱۲ ساعت در آب با دمای ۲۵ درجه سلسیوس خیسانده شدند و پس از شستشوی مجدد، روی سینی‌های استیل پهن و با پارچه نخی مرطوب پوشانده شدند (محیط آزمایشگاه) که در این شرایط دانه‌ها شروع به جوانه زدن کردند. پس از جوانه‌زنی کامل، دانه‌های جوانه‌زده در آون خشک شدند و در انتها با آسیاب خانگی (مدل Black & Decker، ساخت ژاپن) و عبور دادن از الک با مش استاندارد ۸۰، تبدیل به آرد شدند (Asgari *et al.*, 2006 & Mohammad zadeh Milani *et al.*, 2018).

تهیه دونات و تیمارهای مورد بررسی

خمیر دونات برای تهیه نمونه شاهد با ۱۰۰ درصد آرد برنج، ۰/۷۵ درصد مخمر، ۱/۵ درصد نمک، ۲/۵

1- American Association of Cereal Chemists (AACC)

درصد شکر، ۱۲ درصد تخم‌مرغ، ۲/۵ درصد روغن، ۰/۲ درصد وانیل، ۰/۴ درصد صمغ گوار و آب به مقدار لازم تهیه شد. به‌منظور بررسی تأثیر متغیرهای این تحقیق، آرد سویا و آرد ارزن معمولی و جوانه‌زده به صورت مجزا در سطح ۲۰ درصد جایگزین آرد برنج شدند. برای آماده‌سازی دونات، ابتدا روغن و تخم‌مرغ در مخزن همزن (مدل Disona ،Sp 24، ساخت کشور آلمان) به مدت ۳ دقیقه مخلوط شدند؛ شکر، مخمر و آب به آنها اضافه گردید و سایر مواد خشک از جمله آرد برنج و آرد سویا و ارزن معمولی و جوانه زده به مخلوط قبل اضافه شد و هم‌زدن به مدت ۵ دقیقه ادامه داده شد تا خمیر یکدست و یکنواخت به‌دست آید. خمیر تهیه شده به مدت ۵ دقیقه برای گذراندن دوره تخمیر اولیه روی میز کار قرار داده شد و بعد از گذشت این مدت زمان روی سطحی مسطح برای قالب خوردن (با قطر بیرونی ۸ سانتی‌متر و قطر داخلی ۳ سانتی‌متر)، به ضخامت ۱۵ میلی‌متر پهن گردید.

خمیر قالب خورده در داخل سینی برای تکمیل دوره تخمیر به مدت ۴۵ دقیقه در گرمخانه (مدل backcombi، Miwe، ساخت کشور آلمان) با رطوبت نسبی ۸۰ درصد و دمای ۴۳ درجه سلسیوس قرار داده شد. نمونه‌های خمیر دونات در سرخ‌کن (مدل DF 2008S، Beem، ساخت کشور آلمان) با دمای ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۶ دقیقه سرخ شدند. به منظور تثبیت و پایدار شدن دمای روغن، یک ساعت قبل از شروع سرخ کردن دستگاه سرخ‌کن روشن شد و مخزن سرخ کن با دو لیتر روغن سرخ کردنی پر شد و در هر مرحله سرخ کردن، دو قطعه خمیر در سبد مخصوص دستگاه از جنس استیل زنگ‌نزن قرار داده‌شد و سرخ شدند. پس از گذشت نیمی از زمان سرخ کردن، سبد از دستگاه بیرون‌آورده شد، دونات‌ها برگردانده شدند و طرف دیگر نمونه‌ها سرخ شد. پس از این مرحله، نمونه‌ها روی کاغذ جاذب برای حذف روغن اضافی و سرد شدن (به مدت ۳۰ دقیقه در دمای حدود ۲۵ درجه سلسیوس) قرار گرفتند و در انتها در کیسه‌های پلی اتیلنی به منظور ارزیابی ویژگی‌های کمی و کیفی، بسته‌بندی و در دمای محیط نگهداری شدند (Dehghan Tanha *et al*., 2013).

ارزیابی ویژگی‌های کمی و کیفی دونات

اندازه‌گیری رطوبت، پروتئین و چربی

به منظور اندازه‌گیری رطوبت، پروتئین و چربی نمونه‌های دونات تولیدی، از آزمون AACC (2000) به‌ترتیب به شماره‌های ۱۶-۴۴، ۱۰-۴۶ و ۱۰-۳۰ استفاده شد.

اندازه‌گیری میزان حجم مخصوص

برای اندازه‌گیری حجم مخصوص نمونه‌های دونات تولیدی، از روش جایگزینی حجم با دانه کلزا[1] مطابق با استاندارد AACC شماره ۱۰-۷۲ استفاده شد. برای این منظور قطعه مکعب شکل به ابعاد ۲۵ میلی‌متر با استفاده از یک چاقوی اره‌ای از هر نمونه جدا و وزن گردید و سپس درون یک سیلندر با حجم مشخص از دانه کلزا قرار گرفت و افزایش حجم یادداشت شد. در انتها، از تقسیم حجم به وزن نمونه‌ها میزان حجم مخصوص گزارش گردید.

اندازه‌گیری میزان تخلخل و رنگ پوسته

برای ارزیابی میزان تخلخل و رنگ پوسته دونات، از روش پردازش تصویر استفاده شد. یک قطعه نمونه به ابعاد ۲۵ میلی‌متر با چاقوی اره‌ای جدا گردید و از هر سه مقطع آن با استفاده از اسکنر (مدل: HP Scanjet G3010) با وضوح ۶۰۰ پیکسل تصویرهایی تهیه و در اختیار نرم افزار Image J قرار داده شد تا با محاسبه نسبت نقاط روشن به تاریک،

1- Rape seed displacement

میزان تخلخل نمونه‌ها برآورد شود. میانگین تخلخل محاسبه شده برای هر سه مقطع نمونه به‌عنوان عدد نهایی تخلخل گزارش شد (Haralick *et al*., 1973).

به منظور تعیین سه شاخص *L، *a و *b، از هر دو پوسته بالایی و پایینی تصویرهایی با استفاده از اسکنر تهیه و در بخش Plugins نرم‌افزار فضای LAB فعال و شاخص‌های فوق محاسبه شد؛ میانگین اعداد به‌دست آمده برای دو پوسته به‌عنوان مؤلفه‌های رنگ گزارش گردید (Sun, 2008).

آزمون ارزیابی بافت

سفتی بافت دونات در فاصله‌های زمانی دو ساعت، چهار و هفت روز پس از تولید، با استفاده از دستگاه بافت‌سنج (مدل XT plus، ساخت کشور انگلستان) ارزیابی شد. حداکثر نیروی مورد نیاز برای نفوذ یک پروب استوانه‌ای با انتهای صاف (۲ سانتی‌متر قطر در ۲/۳ سانتی‌متر ارتفاع) با سرعت ۳۰ میلی‌متر در دقیقه در نمونه، به‌عنوان شاخص سفتی[1] محاسبه گردید (Entezari *et al*., 2017).

اندازه‌گیری میزان ترکیبات فنولیک کل

مقدار ترکیبات فنولیک کل با روش فولین سیوکالتو برابر روش اوردز و همکاران (Ordoeez *et al*., 2006) در فاصله‌های زمانی دو ساعت، چهار و هفت روز پس از تولید، اندازه‌گیری شد. ده گرم از دونات پودر شده در هر تیمار با ۲۰۰ میلی‌لیتر متانول طی یک شبانه روز با استفاده از دستگاه همزن مغناطیسی در دمای اتاق عصاره‌گیری شد. عصاره حاصل با کاغذ واتمن شماره یک صاف و رسوب حاصل تحت همان شرایط دوباره عصاره‌گیری شد. حلال موجود در عصاره‌های صاف شده با استفاده از دستگاه تبخیرگردان تحت خلأ در دمای کمتر از ۴۰ درجه سلسیوس حذف و عصاره تا حد امکان تغلیظ گردید. نیم میلی‌لیتر از عصاره استخراجی با ۲/۵ میلی‌لیتر معرف فولین- سیوکالتو ۰/۲ نرمال و ۲ میلی‌لیتر از محلول کربنات سدیم ۷/۵ درصد به خوبی مخلوط شد. مخلوط به مدت ۱۲۰ دقیقه در دمای اتاق قرار داده‌شد. مقدار جذب محلول بادستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۷۶۰ نانومتر قرائت شد. مقدار کل ترکیات فنولی با استفاده از معادله خط رسم شده بر مبنای اسید گالیک و به صورت میلی‌گرم در گرم عصاره بیان گردید.

اندازه‌گیری عدد پراکسید

برای اندازه‌گیری عدد پراکسید روغن استخراج شده از نمونه‌های دونات تولیدی، از استاندارد ملی ایران به شماره ۳۷ استفاده و عدد پراکسید روغن استخراج شده در فاصله‌های زمانی دو ساعت، چهار و هفت روز پس از تولید بر اساس رابطه ۱ محاسبه شد (INSO, 2013):

$$P=\frac{1000\times N\times V}{W} \qquad (۱)$$

که در آن،

V = میزان حجم هیپوسولفیت سدیم (برحسب میلی‌لیتر)؛ N = نرمالیته محلول هیپوسولفیت سدیم؛ W = وزن چربی بر حسب گرم؛ و P = عدد پراکسید بر حسب میلی‌اکی‌والان اکسیژن در کیلوگرم چربی.

ارزیابی خصوصیات حسی

به منظور ارزیابی ویژگی‌های حسی مانند فرم و شکل، پوکی و تخلخل، سفتی و نرمی بافت و بو، طعم و مزه که به‌ترتیب دارای ضریب رتبه ۴، ۲، ۲ و ۳ بودند، از روش هدونیک ۵ نقطه‌ای (۱: بسیار نامطلوب، ۲: نامطلوب و... ۵: بسیار مطلوب) استفاده شد. هریک از نمونه‌های دونات را ۱۰ داور ارزیابی کردند. میزان پذیرش‌کلی نمونه‌های تولیدی با

1- Hardness

استفاده از رابطه ۲ گزارش گردید (Entezari *et al.*, 2017).

$$Q=\frac{\Sigma(P\times G)}{\Sigma P} \quad (۱)$$

که در آن،
Q = پذیرش‌کلی؛ P = ضریب رتبه صفات؛ و G = ضریب ارزیابی صفات.

طرح آماری و روش آنالیز نتایج

نتایج به‌دست آمده از این پژوهش با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ ارزیابی شد. بدین منظور از یک طرح کاملاً تصادفی استفاده گردید. نمونه‌ها در سه تکرار تهیه و میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح معنی‌داری پنج درصد ($P<0.05$) مقایسه شدند. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آرد برنج، سویا و ارزن

نتایج ارزیابی خصوصیات فیزیکوشیمیایی آرد برنج، سویا و ارزن معمولی مورد استفاده در فرمولاسیون دونات تخمیری در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱-ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آرد برنج، سویا و ارزن

ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی	آرد برنج (درصد)	آرد سویا (درصد)	آرد ارزن (درصد)
رطوبت	10/8±0/12	10/2±0/10	9/80±0/32
پروتئین	8/56±0/06	34/2±1/03	11/9±0/41
خاکستر	0/92±0/01	2/54±0/36	1/29±0/03
چربی	1/51±0/01	19/09±0/21	2/54±0/01
فیبر	0/63±0/02	7/71±0/54	3/46±0/05
کربوهیدرات	77/2±0/63	26/31±1/06	71/03±1/25

ویژگی‌های کمی و کیفی دونات تخمیری بدون گلوتن

رطوبت

نتایج بررسی‌ها نشان داد که با جایگزینی آرد برنج با آرد سویا و با آرد ارزن معمولی و جوانه‌زده در فرمولاسیون دونات بدون گلوتن، میزان رطوبت محصول نهایی افزایش می‌یابد و در این بین، بیشترین و کمترین میزان رطوبت به ترتیب در نمونه حاوی آرد سویای جوانه‌زده و نمونه شاهد مشاهده گردید (جدول ۲). براساس استاندارد ملی ایران به شماره ۱۶۹۸۰، میزان رطوبت برای دونات حداکثر ۲۳ درصد است (INSO, 2019)که با توجه به نتایج به‌دست آمده میزان رطوبت تمامی نمونه‌های دونات تخمیری تولیدی در محدوده مجاز استاندارد قرار دارد.

ندیف و همکاران (Ndife *et al.*, 2011) ویژگی‌های حسی و تغذیه‌ای نان‌های تهیه شده از آرد گندم کامل و مخلوط آرد سویا و گندم را بررسی کردند و گزارش دادند که با افزایش میزان آرد سویا در فرمولاسیون، میزان رطوبت محصول افزایش می‌یابد؛ این پژوهشگران علت این امر را با افزایش میزان فیبر محصول مرتبط دانستند. مصطفی و

همکاران (Mostafa *et al.*, 1987) می‌گویند قابلیت جذب آب در سویا بعد از جوانه‌زدن افزایش می‌یابد. محمدزاده میلانی و همکاران (Mohammad zadeh Milani *et al.*, 2018) تأثیر افزودن آرد سویای جوانه‌زده و معمولی (در سطح ۱۰ درصد) بر کیفیت نان بربری را مطالعه کردند و گزارش دادند بیشترین میزان رطوبت در نان بربری حاوی آرد سویای جوانه‌زده و سپس در نمونه حاوی آرد سویای معمولی مشاهده گردید. این محققان دلیل افزایش میزان رطوبت محصول با افزودن آرد سویا را علاوه بر افزایش میزان پروتئین محصول، وجود گروه‌های قطبی در طول پیوندهای پپتیدی پروتئین‌های سویا دانسته‌اند که خاصیت آب دوستی دارند. این محققان می‌گویند مقدار پروتئین سویای جوانه‌زده نسبت به سویای معمولی و نمونه شاهد بالاتراست و این افزایش رطوبت ممکن است به دلیل نگهداری آب بیشتر توسط این ترکیبات پروتئینی باشد.

در خصوص افزایش میزان رطوبت محصول با افزودن آرد ارزن معمولی و جوانه‌زده، به نظر می‌رسد از آنجایی که میزان پروتئین و فیبر آرد ارزن از میزان پروتئین و فیبر آرد برنج بیشتر است (جدول ۱)، طبیعی خواهد بود که با افزودن این ترکیب به فرمولاسیون دونات بدون گلوتن رطوبت محصول نهایی افزایش یابد. در این زمینه، آدیبای و همکاران (Adebiyi *et al.*, 2016) می‌گویند استفاده از آرد ارزن جوانه‌زده در فرمولاسیون بیسکوئیت باعث افزایش میزان رطوبت نهایی محصول می‌شود.

جدول ۲-تأثیر جایگزینی آرد برنج با آرد سویا و ارزن معمولی و جوانه‌زده بر میزان رطوبت، پروتئین و روغن دونات تخمیری بدون گلوتن

تیمار	رطوبت (درصد)	روغن (درصد)	پروتئین (درصد)
۱۰۰ درصد آرد برنج	18/22±0/61c	18/01±0/77d	7/73±0/07c
۸۰ درصد آرد برنج + ۲۰ درصد آرد سویای معمولی	21/10±0/85ab	22/24±0/52a	10/56±0/32a
۸۰ درصد آرد برنج + ۲۰ درصد آرد سویای جوانه‌زده	22/43±0/40a	21/28±0/65b	9/98±0/45ab
۸۰ درصد آرد برنج + ۲۰ درصد آرد ارزن معمولی	19/51±0/55b	19/12±0/50c	8/77±0/47b
۸۰ درصد آرد برنج + ۲۰ درصد آرد ارزن جوانه‌زده	20/43±0/73ab	18/91±0/34c	8/61±0/41b

(اعداد دارای حروف مشابه درهر ستون از نظر آماری در $P<0.05$ تفاوت معنی‌داری ندارند)

پروتئین

همان‌گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، با جایگزینی آرد برنج با آرد سویا و ارزن معمولی و جوانه‌زده در فرمولاسیون دونات بدون گلوتن، میزان پروتئین محصول افزایش می‌یابد و در این بین، بیشترین و کمترین میزان پروتئین به ترتیب در نمونه حاوی آرد سویای معمولی و نمونه شاهد دیده می‌شود. باید توجه کرد که براساس استاندارد ملی ایران به شماره ۱۶۹۸۰، میزان پروتئین برای دونات کمینه ۵ درصد است (INSO, 2013) که پروتئین تمامی نمونه‌های دونات تخمیری تولیدی در محدوده مجاز استاندارد قرار دارد. مشایخ و همکاران (Mashayekh *et al.*, 2008) افزایش میزان پروتئین نان با افزودن آرد سویا را گزارش داده‌اند. سانفول و دارکو (Sanful & Darko, 2010) کاربرد آرد سویا در تولید نان را بررسی کردند و گزارش دادند با افزایش میزان آرد سویا در فرمولاسیون، میزان و ارزش تغذیه‌ای پروتئین محصول افزایش خواهد یافت. این

محققان علت این موضوع را وجود میزان بالای پروتیئن در دانه سویا دانسته‌اند. در زمینه افزایش میزان پروتئین با افزودن آرد ارزن معمولی و جوانه‌زده، آدیبای و همکاران (Adebiyi *et al.*, 2016) گزارش داده‌اند استفاده از آرد ارزن جوانه‌زده در فرمولاسیون بیسکوئیت باعث افزایش میزان پروتئین نهایی محصول می‌شود. نادا و همکاران (Nada *et al.*, 2016) نیز تولید بیسکوئیت و کیک بدون گلوتن بر پایه برنج را با استفاده از سطوح ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد آرد ارزن جوانه‌زده بررسی کردند و نشان دادند با افزایش میزان آرد ارزن جوانه‌زده پروتئین نهایی محصول افزایش می‌یابد.

روغن

نتایج تحقیق نشان می‌دهد با جایگزینی آرد برنج با آرد سویا و ارزن معمولی و جوانه‌زده در فرمولاسیون دونات بدون گلوتن، میزان روغن محصول افزایش می‌یابد و در این بین، بیشترین و کمترین میزان روغن به‌ترتیب در نمونه حاوی آرد سویای معمولی و نمونه شاهد دیده می‌شود (جدول ۲). باید توجه داشت که براساس استاندارد ملی ایران به شماره ۱۶۹۸۰ میزان روغن برای دونات بیشینه ۲۵ درصد است (INSO, 2013)که روغن تمامی نمونه‌های دونات تخمیری تولیدی در محدوده مجاز استاندارد قرار دارد.

در فرآیند سرخ کردن، رطوبت در اثر تبخیر از محصول خارج می‌شود و مولکول‌های روغن جای مولکول‌های آب را می‌گیرند. به همین دلیل، با کاهش رطوبت میزان روغن جذب شده افزایش می‌یابد (Kester & Fennema, 1986). همان‌گونه که دیده می‌شود، جایگزینی آرد برنج با آرد سویا و ارزن معمولی و جوانه‌زده باعث افزایش میزان چربی دونات بدون گلوتن شد که در این بین اثر افزودن سویا نسبت به ارزن در افزایش میزان چربی بیشتر است. ندیف و همکاران (Ndife *et al.*, 2011) می‌گویند با افزایش میزان آرد سویا در فرمولاسیون نان، میزان چربی محصول افزایش می‌یابد. این محققان علت این امر را وجود میزان تقریبی ۱۰ درصد چربی در آرد سویا می‌دانند. آدلاکون و همکاران (Adelakun *et al.*, 2005) با بررسی اثر اضافه کردن آرد سویا روی خواص فیزیکی و حسی کوکورو (یک نوع اسنک محلی ذرت) گزارش داده‌اند با این کار میزان چربی کوکورو افزایش می‌یابد.

در زمینه افزایش میزان چربی محصول با افزودن آرد ارزن معمولی و جوانه‌زده به نظر می‌رسد که میزان چربی آرد ارزن از میزان چربی آرد برنج بیشتر است و طبیعی خواهد بود با افزودن این ترکیب به فرمولاسیون دونات بدون گلوتن، چربی محصول نهایی افزایش یابد. نادا و همکاران (Nada *et al.*, 2016) تولید بیسکوئیت و کیک بدون گلوتن را بر پایه برنج با استفاده از آرد ارزن جوانه‌زده بررسی کردند و نشان دادند با افزایش میزان آرد ارزن جوانه‌زده چربی نهایی محصول افزایش می‌یابد.

حجم مخصوص و تخلخل

همان‌گونه که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، با جایگزینی آرد برنج با آرد سویا و ارزن معمولی و جوانه‌زده در فرمولاسیون دونات بدون گلوتن، میزان حجم مخصوص و تخلخل محصول افزایش می‌یابد و در این بین، بیشترین و کمترین میزان حجم مخصوص و تخلخل به‌ترتیب در نمونه حاوی آرد سویای جوانه‌زده و نمونه شاهد دیده می‌شود. در زمینه افزایش میزان حجم مخصوص محصول با افزودن آرد سویا و آرد ارزن معمولی و جوانه‌زده، به نظر می‌رسد ترکیبات فوق از طریق افزایش میزان چربی و پروتئین محصول باعث افزایش میزان حجم

مخصوص دونات بدون گلوتن شده‌اند. در فرمولاسیون دونات، روغن یکی از عوامل نگهدارنده حباب‌های هوای ورودی به خمیر در فرآیند هم‌زدن است. در واقع روغن با ایجاد یک لایه محافظتی در اطراف حباب‌های هوای ورودی، در حفظ آنها در خمیر و حتی جلوگیری از پاره شدن بر اثر انبساط در حین فرآیند پخت مؤثر است (Ribotta *et al.*, 2004). نقی‌پور (Naghipour, F. 2012) در مطالعات خود در زمینه کیک بدون گلوتن می‌گوید استفاده از ترکیباتی مانند صمغ و پودر شیر سویا (یک منبع پروتئینی) از طریق افزایش مقاومت دیواره حباب‌های هوای ورودی به خمیر کیک سبب حفظ تعداد بیشتری از این حباب‌ها در فرآیند هم‌زدن و حتی پخت محصول نهایی می‌شود و از این رو این ترکیبات قادرند حجم مخصوص نمونه‌های تولیدی را افزایش دهند.

در راستای افزایش میزان تخلخل محصول با افزودن سویای معمولی و جوانه‌زده، محمدزاده میلانی و همکاران (Mohammad zadeh Milani *et al.*, 2018) گزارش داده‌اند با افزودن سویای معمولی و جوانه‌زده پیوستگی شبکه به دلیل آبگیری بیشتر این ترکیب افزایش می‌یابد و گرانول‌های متورم نشاسته به چشم می‌خورند، بنابراین ساختاری با شبکه گلوتنی یکدست و صاف‌تر با حفره‌های کمتر به‌وجود می‌آید. یافته‌های این محققان نشان داده‌است نمونه حاوی سویا معمولی نسبت به نمونه حاوی سویا جوانه‌زده دارای حفره‌های ریزتر با تعداد بیشتری است.

این محققان دلیل این امر را این‌گونه می‌دانند که سویای جوانه‌زده ژلاتینه شدن نشاسته را در نان بهبود می‌دهد و با مسطح کردن گرانول‌های نشاسته که حالتی خمیری پیدا کرده و گاهی به‌هم می‌پیوندند، در تخلخل و بافت نهایی نان مؤثرند و بافتی یکنواخت و پیوسته ایجاد می‌کنند. مهاجر خراسانی و همکاران (Mohajerkhorasani *et al.*, 2019) اثر تیمار حرارتی- رطوبتی دانه ارزن و افزودن صمغ گزانتان بر ویژگی‌های خمیر و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی کیک بدون گلوتن بر پایه برنج را بررسی کردند و گزارش دادند با افزودن آرد دانه ارزن تیمار شده، میزان حجم مخصوص و تخلخل نمونه‌های کیک بدون گلوتن افزایش می‌یابد.

جدول ۳- تأثیر جایگزینی آرد برنج با آرد سویا و ارزن معمولی و جوانه‌زده بر میزان حجم مخصوص و تخلخل دونات تخمیری بدون گلوتن

تیمار	تخلخل (درصد)	حجم مخصوص (میلی‌لیتر به ازای هرگرم)
۱۰۰ درصد آرد برنج	15/19±0/14d	3/21±0/22d
۸۰ درصد آرد برنج + ۲۰ درصد آرد سویای معمولی	17/87±0/22b	3/65±0/10b
۸۰ درصد آرد برنج + ۲۰ درصد آرد سویای جوانه‌زده	18/45±0/35a	3/85±0/12a
۸۰ درصد آرد برنج + ۲۰ درصد آرد ارزن معمولی	16/83±0/08c	3/51±0/15b
۸۰ درصد آرد برنج + ۲۰ درصد آرد ارزن جوانه‌زده	16/95±0/51c	3/40±0/03c

(اعداد دارای حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری در $P<0.05$ تفاوت معنی‌داری ندارند)

رنگ پوسته

در جدول ۴ مشاهده می‌گردد با جایگزینی آرد برنج با آرد سویا و آرد ارزن معمولی و جوانه‌زده در فرمولاسیون دونات بدون گلوتن، میزان مؤلفه‌های L* و a* به‌ترتیب کاهش و افزایش می‌یابد و مؤلفه b* تغییر معنی‌داری نکرده است. در این خصوص نتایج این پژوهش همخوانی دارد با نتایج پژوهش‌های بذرافشان و همکاران (Bazrafshan *et al.*, 2015) به نظر می‌رسد با جایگزینی آرد برنج با آرد سویا و آرد ارزن معمولی و جوانه‌زده، طی فرآیند سرخ‌کردن واکنش میلارد تشدید می‌شود که این امر به دلیل حضور پروتئین بیشتر در این منابع نسبت به آرد برنج است و در نتیجه رنگ محصول تیره می‌شود که این امر باعث کاهش روشنایی (مؤلفه L*) افزایش میزان قرمزی (مؤلفه a*) سطح دونات خواهد شد (Fatemi., 2016).

ملکی و همکاران (Maleki *et al.*, 2016) تأثیر غلظت‌های مختلف آرد سویا بر کیفیت نان بدون گلوتن حاصل از آرد برنج را بررسی و اعلام کردند افزودن آرد سویا باعث کاهش روشنایی (مؤلفه L*) و افزایش میزان مؤلفه a* نان می‌شود.

جدول ٤- تأثیر جایگزینی آرد برنج با آرد سویا و آرد ارزن معمولی و جوانه‌زده بر میزان مؤلفه‌های رنگی پوسته دونات تخمیری بدون گلوتن

تیمار	رنگ پوسته (-)		
	مؤلفه L*	مؤلفه a*	مؤلفه b^{*ns}
۱۰۰ درصد آرد برنج	45/36±0/92a	11/32±0/04c	16/61±0/46
۸۰ درصد آرد برنج + ۲۰ درصد آرد سویای معمولی	36/21±0/56c	18/81±0/32a	16/21±0/72
۸۰ درصد آرد برنج + ۲۰ درصد آرد سویای جوانه‌زده	38/81±0/62bc	19/60±0/40a	15/99±0/39
۸۰ درصد آرد برنج + ۲۰ درصد آرد ارزن معمولی	41/11±0/35b	14/63±0/51b	16/01±0/12
۸۰ درصد آرد برنج + ۲۰ درصد آرد ارزن جوانه‌زده	40/08±0/83b	15/15±0/47b	16/21±0/09

(اعداد دارای حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری در $P<0.05$ تفاوت معنی‌داری ندارند)

(ns: نبود اختلاف معنی‌داری در سطح $P<0.05$)

سفتی بافت در دوره نگهداری

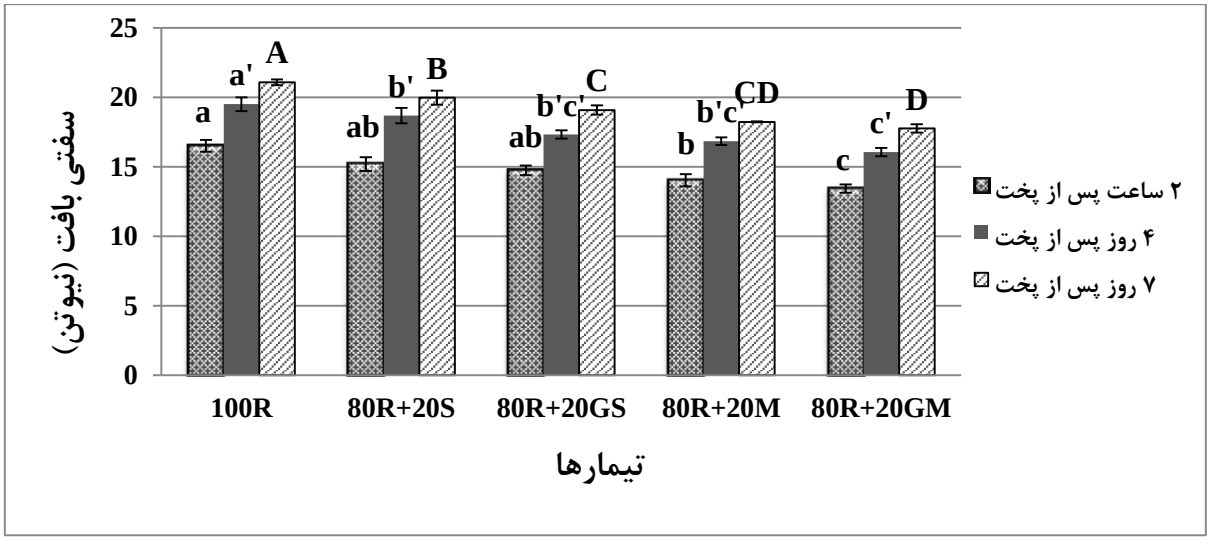
در شکل ۱ آورده شده است که در هر سه بازه زمانی ۲ ساعت، ۴ و ۷ روز پس از پخت با جایگزینی آرد برنج با آرد سویا و ارزن معمولی و جوانه‌زده در فرمولاسیون دونات بدون گلوتن، از میزان سفتی بافت محصول کاسته شده‌است. در این بین، بیشترین و کمترین میزان سفتی بافت به‌ترتیب در نمونه شاهد و نمونه حاوی آرد ارزن جوانه‌زده مشاهده می‌شود. با توجه به آنچه در ارزیابی رطوبت دونات بدون گلوتن گفته شد، این انتظار وجود داشت که نمونه‌های حاوی سویا و ارزن معمولی و جوانه‌زده سفتی بافت کمتری داشته باشند. اما پس از بررسی نتایج مشخص گردید افزودن ۲۰ درصد آرد سویا تأثیری بر میزان سفتی بافت ندارد. ملکی و همکاران (Maleki *et al.*, 2016) می‌گویند افزودن آرد سویا تا سطح ۱۰ درصد باعث کاهش سفتی مغز نان می‌شود که این امر به دلیل افزایش میزان پروتئین محصول است.

اما این محققان می‌گویند افزودن ۲۰ درصد آرد سویا در فرمولاسیون باعث افزایش میزان سفتی

محصول شده و دلیل آن را ایجاد شبکه پروتئینی مستحکم دانسته‌اند. بذرافشان و همکاران (Bazrafshan *et al.*, 2015) نیز امکان تولید کیک روغنی کم‌چرب با استفاده از پودر دانه ریحان، صمغ گوار و پروتئین ایزوله سویا را بررسی و اعلام کردند که با افزودن پروتئین ایزوله سویا تا سطح ۱۰ درصد در فرمولاسیون کیک روغنی کم‌چرب، سفتی بافت محصول نهایی کاهش می‌یابد. این پژوهشگران می‌گویند افزودن ۲۰ درصد آرد سویا در فرمولاسیون باعث ایجاد استحکام بافت محصول می‌شود و به دنبال آن میزان سفتی کیک کم‌چرب افزایش می‌یابد.

اما در خصوص کاهش میزان سفتی محصول با افزودن سویای جوانه‌زده می‌توان گفت از آنجایی که طی فرآیند جوانه‌زدن از میزان پروتئین محصول کاسته می‌شود (Mohammad zadeh Milani *et al.*, 2018)، بنابراین افزودن این ترکیب به فرمولاسیون باعث کاهش میزان سفتی شده است. در این خصوص مصطفی و همکاران (Mostafa *et al.*, 1987) اعلام کرده‌اند جوانه‌زنی سویا علاوه بر افزایش ارزش تغذیه‌ای باعث بهبود خواص کارکردی آن نیز می‌شود، برای مثال جذب آب و روغن و قدرت تشکیل امولسیون و توانایی تشکیل کف در سویا بعد از جوانه‌زدن افزایش می‌یابد که بهبود سفتی بافت را به دنبال خواهد داشت.

در زمینه کاهش میزان سفتی بافت با افزودن آرد ارزن معمولی و جوانه‌زده، به نظر می‌رسد از آنجایی که میزان پروتئین آرد ارزن از میزان پروتئین آرد برنج بیشتر است، بنابراین طبیعی خواهد بود که با افزودن این ترکیب به فرمولاسیون دونات بدون گلوتن سفتی بافت محصول نهایی کاهش یابد. نادا و همکاران (Nada *et al.*, 2016) نیز با افزودن آرد ارزن جوانه‌زده به فرمولاسیون بیسکوئیت و کیک بدون گلوتن گزارش داده‌اند که میزان سفتی کیک در تمامی دوره‌های نگهداری، نسبت به نمونه شاهد، کاهش می‌یابد.



شکل ۱- تأثیر جایگزینی آرد برنج با آرد سویا و ارزن معمولی و جوانه زده بر میزان سفتی بافت دونات تخمیری بدون گلوتن در دوره نگهداری (R: برنج، S: سویا، M: ارزن و G: جوانه زده)

(در هر بازه زمانی، ستون‌های دارای یک حروف مشابه از نظر آماری در $P<0.05$ تفاوت معنی‌داری ندارند)

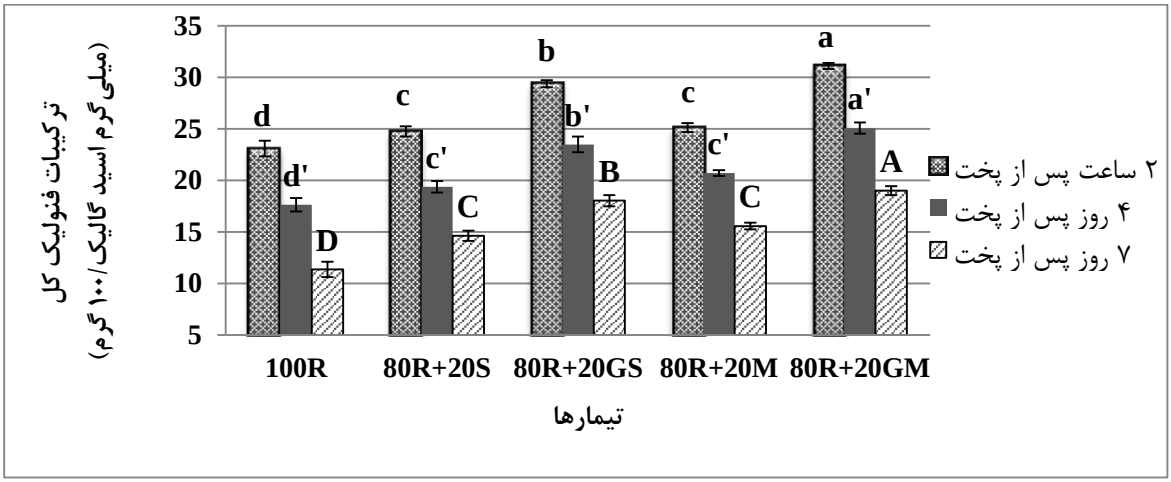
ترکیبات فنولیک کل

با جایگزینی آرد برنج با آرد سویا و ارزن معمولی و جوانه‌زده در فرمولاسیون دونات بدون گلوتن، میزان ترکیبات فنولیک محصول در هر سه بازه زمانی ۲ ساعت، ۴ و ۷ روز پس از پخت، افزایش می‌یابد (شکل ۲). ترکیبات فنولیک می‌توانند به گروه‌های در معرضِ اکسیداسیون، هیدروژن یا الکترون بدهند. بنابراین میزان این ترکیبات طی فرایند نگهداری کاهش می‌یابد. به همین دلیل، میزان ترکیبات فنولیک می‌تواند به‌عنوان شاخصی مهم برای برآورد فعالیت آنتی‌اکسیدانی به‌کار رود.

از سوی دیگر، ترکیبات فنولیک و آنتی‌اکسیدان‌ها توان ارتقای سلامت را با جلوگیری از بیماری‌هایی مانند بیماری‌های قلبی، سرطان و دیابت دارند (Guevara *et al.*, 2012). بنابراین، افزایش میزان این ترکیبات یکی از هدف‌های مهم در صنعت غذا محسوب می‌شود.

در زمینه افزایش میزان ترکیبات فنولیک محصول با افزودن سویا و ارزن معمولی و جوانه‌زده، می‌توان گفت که میزان ترکیبات فنولیک در این افزودنی‌ها بالاست و در نتیجه با افزودن آنها به فرمولاسیون دونات بدون گلوتن میزان ترکیبات فنولیک محصول افزایش می‌یابد. در این خصوص هایزو همکاران (Hayes *et al.*, 1977) می‌گویند آرد سویا و مشتقات آن ترکیباتی با خاصیت آنتی‌اکسیدانی مانند ایزوفلاوون‌ها، فسفولیپیدها، توکوفرول‌ها، آمینواسیدها و پپتیدها دارند. کیم و همکاران (Kim *et al.*, 2013) نیز گزارش داده‌اند دانه سویا حاوی انواع ترکیبات فیتوکمیکالی مانند ایزوفلاوون‌ها، فنولیک اسیدها، فیتواسترول‌ها و ساپونین‌هاست.

ثابت شده که ارزن منبع مناسبی از پروتئین، ویتامین و پلی‌فنول‌هاست. این دانه میزان زیادی آمینواسید ضروری، خصوصاً آمینواسیدهای سولفوردار (متیونین و سیستئین)، دارد (Dykes & Rooney, 2006 & Badiu *et al.*, 2014 &Amadou *et al.*, 2013). در این خصوص نادا و همکاران (Nada *et al.*, 2016) نیز با افزودن آرد ارزن جوانه‌زده به فرمولاسیون بیسکوئیت و کیک بدون گلوتن، نتایج مشابهی گزارش داده‌اند.



شکل ۲- تأثیر جایگزینی آرد برنج با آرد سویا و ارزن معمولی و جوانه زده بر میزان ترکیبات فنولیک کل دونات تخمیری بدون گلوتن در دوره نگهداری (R: برنج، S: سویا، M: ارزن و G: جوانه زده)

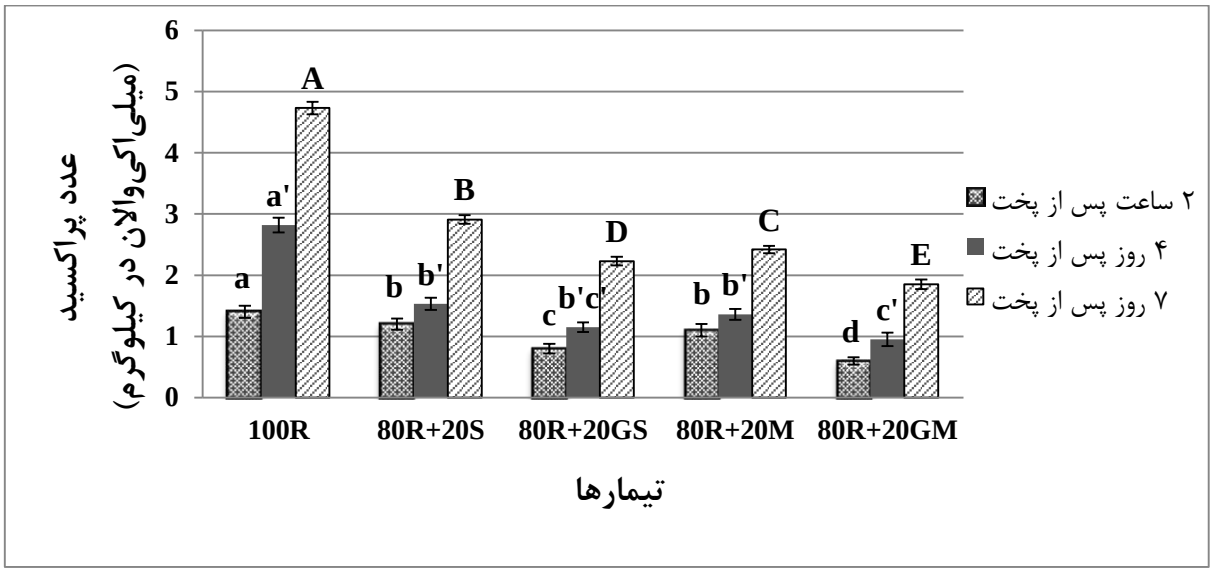
(در هر بازه زمانی، ستون‌های دارای حروف مشابه از نظر آماری در $P<0.05$ تفاوت معنی‌داری ندارند)

عدد پراکسید

همان‌گونه که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، در هر سه بازه زمانی ۲ ساعت، ۴ و ۷ روز پس از پخت، با جایگزینی آرد برنج با آرد سویا و ارزن معمولی و جوانه‌زده در فرمولاسیون دونات بدون گلوتن، عدد پراکسید محصول کاهش یافته‌است و در این بین، کمترین و بیشترین میزان پراکسید به ترتیب در نمونه حاوی آرد ارزن جوانه‌زده و نمونه شاهد دیده می‌شود. براساس استاندارد ملی ایران به شماره ۱۶۹۸۰، میزان پراکسید برای روغن استخراجی از دونات حداکثر ۳ میلی‌اکی‌والان در کیلوگرم است (INSO, 2013)که با توجه به نتایج این تحقیق، میزان پراکسید تمامی نمونه‌های دونات تخمیری تولیدی، به‌استثنای نمونه شاهد، تا روز هفتم در محدوده مجاز استاندارد قرار دارد.

اندیس پراکسید بالاتر از ۶ میلی‌اکی والان بر کیلوگرم در محصول نشان‌دهنده رانسید شدن محصول و غیر قابل مصرف بودن آن است (Horwitz *et al.*, 1975). بنابراین، کنترل و کاهش این پارامتر اهمیت ویژه‌ای دارد. از عوامل مؤثر در افزایش اندیس پراکسید می‌توان به دما و غیر اشباع بودن روغن مصرفی در زمان سرخ کردن، آلودگی روغن با ماده چرب تند شده، حضور فلزات و اکسیژن هوا اشاره کرد. همان‌طور که پیش از این درباره اندازه‌گیری ترکیبات فنولیک گفته‌شد، آرد سویا و آرد ارزن معمولی و جوانه‌زده حاوی ترکیبات فنولیکی‌اند و ویژگی آنتی‌اکسیدانی دارند. بنابراین، انتظار می‌رفت که این افزودنی‌ها بتوانند رادیکال‌های ایجاد شده در واکنش اکسیداسیون را جذب و از تند شدگی جلوگیری کنند. فریتاس و همکاران (Freitas *et al.*, 2018) با بررسی ویژگی ضد میکروبی و زیست‌دسترسی[1] ایزوفلاوون‌ها و ترکیبات فنولیک محلول آبی استخراج شده از دانه سویا می‌گویند توانایی عصاره استخراج شده از دانه سویا در جلوگیری از پراکسیداسیون چربی بیشتر است تا آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی و طبیعی. پوید و پراکاش (Puyed & Prakash, 2007) اثر افزودن آرد سویای پیش‌تیمار شده با هیدرولیز جزئی آنزیمی یا پیش‌تیمار حرارتی (در سطح ۲۰ درصد وزنی) بر ویژگی‌های کیفی و ماندگاری اسنک آماده مصرف را بررسی و اعلام کردند افزودن این ترکیب باعث کاهش میزان اندیس پراکسید در محصول نهایی می‌شود. کنفورتی و دیویس (Conforti & Davis, 2006) نیز با بررسی اثر افزودن آرد سویا در فرمولاسیون نان گزارش دادند سویا دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی است و افزودن آن به نان باعث کاهش اندیس پراکسید خواهد شد. چندراسکارا و شهیدی (Chandrasekara & Shahidi, 2011) فعالیت مهارکنندگی ترکیبات فنولیک ارزن روی رادیکال‌های آزاد و اکسیژن فعال را بررسی و توانایی آنتی‌اکسیدانی عصاره استخراجی از ارزن را گزارش کردند.

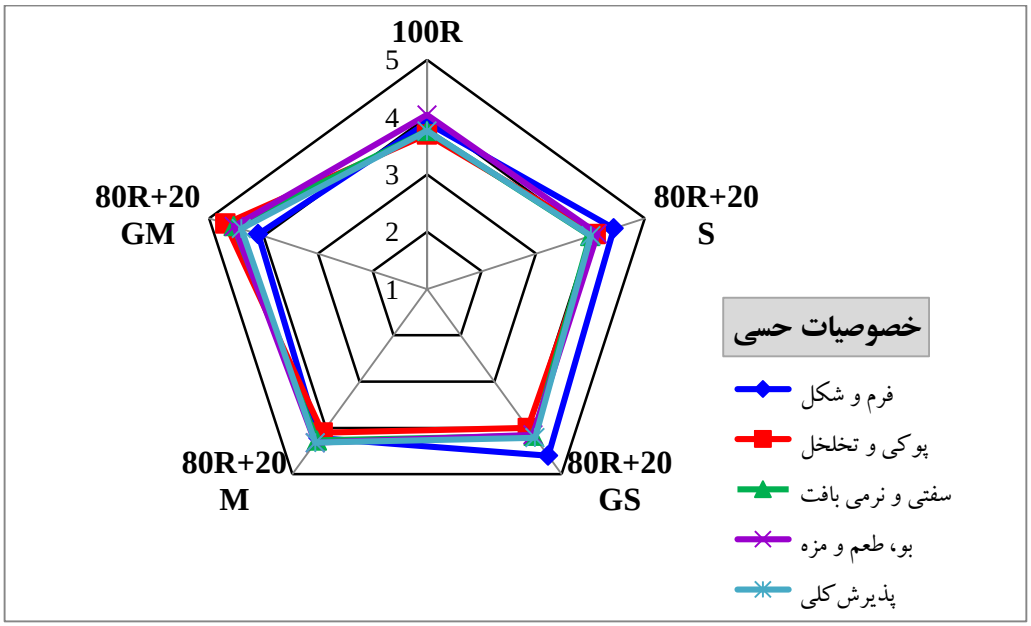
1- Bioaccessible



شکل ۳- تأثیر جایگزینی آرد برنج با آرد سویا و ارزن معمولی و جوانه زده بر عدد پراکسید دونات تخمیری بدون گلوتن در دوره نگهداری
(R: برنج، S: سویا، M: ارزن و G: جوانه زده)
(در هر بازه زمانی، ستون‌های دارای حروف مشابه از نظر آماری در $P<0.05$ تفاوت معنی‌داری ندارند)

خصوصیات حسی

نتایج ارزیابی ویژگی‌های حسی نمونه‌های دونات بدون گلوتن نشان می‌دهد که با جایگزینی آرد برنج با آرد سویا و ارزن معمولی و جوانه‌زده در فرمولاسیون، میزان امتیاز ویژگی‌های حسی (فرم و شکل، پوکی و تخلخل، سفتی و نرمی بافت و بو، طعم و مزه) محصول افزایش می‌یابد و در این بین، بیشترین و کمترین میزان امتیاز پذیرش‌کلی به‌ترتیب در نمونه حاوی آرد ارزن و سویای جوانه‌زده (به‌صورت مشترک) و نمونه شاهد دیده می‌شود (شکل ۴). به نظر می‌رسد با افزودن ترکیبات گفته‌شده در فرمولاسیون دونات بدون گلوتن به دلیل پروتئین بیشتر در این ترکیبات، واکنش میلارد تشدید شده و به همین دلیل رنگ محصول بهبود یافته باشد. برای امتیازدهی به بافت محصول، خمیری بودن یا نرمی غیر عادی، سفت بودن، تردی و شکنندگی سبب کسر امتیاز می‌شود. همانطور که پیش از این درباره بافت‌سنجی دیده شد، افزودن آرد ارزن معمولی و جوانه‌زده در فرمولاسیون دونات باعث کاهش بیشتر میزان سفتی بافت محصول می‌شود. از این‌رو این انتظار وجود داشت ارزیابان حسی برای نمونه‌های تولید شده حاوی این ترکیبات امتیاز بیشتری لحاظ کنند. با توجه به تأثیری که نوع بافت در درک شدت طعم محصول نهایی، به علت برهمکنش‌های متفاوت بین مواد طعم‌زا و ساختار بافت، دارد (Baines & Morris, 1987)، می‌توان پیش‌بینی کرد نمونه حاوی آرد ارزن جوانه‌زده به دلیل اینکه کمترین میزان سفتی بافت را داشته‌است، امتیاز طعم بالایی را کسب کند. نادا و همکاران (Nada *et al.*, 2016) و بذرافشان و همکاران (Bazrafshan *et al.*, 2015) نیز نتایج مشابهی گزارش کرده‌اند.



شکل ٤- تأثیر جایگزینی آرد برنج با آرد سویا و ارزن معمولی و جوانه زده بر ویژگی‌های حسی دونات تخمیری بدون گلوتن (R: برنج، S: سویا، M: ارزن و G: جوانه زده)

نتیجه‌گیری

در این تحقیق، به منظور تولید میان‌وعده‌ای غذایی با ارزش تغذیه‌ای بالاتر، به‌جای بخشی از آرد برنج موجود در فرمولاسیون دونات بدون گلوتن، از آرد سویا و ارزن معمولی و جوانه‌زده استفاده شد. نتایج تحقیق نشان داد که با این جایگزینی میزان رطوبت، پروتئین، چربی، حجم مخصوص، تخلخل، ترکیبات فنولیک کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی محصول نهایی افزایش می‌یابد و نمونه حاوی آرد ارزن جوانه‌زده کمترین میزان سفتی بافت را در دوره نگهداری و بیشترین مقبولیت حسی را نزد داوران چشایی به‌دست می‌آورد. از این‌رو می‌توان با تجاری‌سازی دانش فنی فرمولاسیون دونات بدون گلوتن با جایگزینی آرد برنج با آرد ارزن جوانه‌زده در سطح ۲۰ درصد با ویژگی‌های کمی و کیفی مطلوب و مورد پذیرش، میان‌وعده‌ای با ارزش تغذیه‌ای بالا برای بیمارانی تولید کرد که توان تحمل گلوتن را ندارند.

تعارض منافع

نویسندگان در خصوص انتشار مقاله ارائه شده به طور کامل از سوء اخلاق نشر، از جمله سرقت ادبی، سوء رفتار، جعل داده‌ها و یا ارسال و انتشار دوگانه، پرهیز نموده‌اند و منافعی تجاری در این راستا وجود ندارد.

مراجع

AACC. 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 10th Ed, and American Association of Cereal Chemists. St. Paul, MN.

Adebiyi, J.A., Obadina, A.O., Mulaba-Bafubiandi, A.F., Adebo, O.A. and Kayitesi, E. 2016. Effect of fermentation and malting on the microstructure and selected physicochemical

properties of pearl millet (Pennisetum glaucum) flour and biscuit. Journal of cereal science. 70: 132-139.

Adelakun, O.E., Adejuyitan, J.A., Olajide, J.O. and Alabi, B.K. 2005. Effect of Soybean Substitution on some Physical, Compositional and Sensory Properties of Kokoro (A Local Maize Snack). European Food Research and Technology. 220(1): 79-82.

Amadou, I., Gounga, M.E. and Le, G.W. 2013. Millets: Nutritional Composition, some Health Benefits and Processing: A Review. Emirate Journal of Food Agriculture. 25(7): 501-508.

INSO. 2019. Biscuit- Specifications and test methods. Iranian National Standardization Organization, No 37 (In persian).

INSO. 2013. Doughnut- Specifications and test methods. Iranian National Standardization Organization, No 16980 (In persian).

Asgari, I., Rahmani, K. and Taslimi, A. 2006. Evaluation of physical and chemical properties supplementary Food prepared from germinated wheat and lentil. Journal of Food Science and Technology. 3(1): 33-39 (In persian)

Badiu, E., Aprodu, I. and Banu, I. 2014. Trends in the development of gluten-free bakery products. Food Technology. 38(1): 21-36.

Baines, Z.V. and Morris, E.R. 1987. Flavor/taste perception in thickened systems: The effect of guar gum above and below. Food Hydrocolloids. 1(3): 197–205.

Bazrafshan, M., Shafafizenoozian, M. and Moghimi, M. 2015. Investigation on production of low-Fat muffin cake utilizing Ocimumbasilicum seed powder, guar gum and isolated soy protein. Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences. 4(3): 23-32.

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

Chappalwar, V. M., Peter, D., Bobde, H. and John, S. M. 2013. Quality characteristics of cookies prepared from oats and finger millet based composite flour. IRACST-Engineering Science and Technology: An International Journal (ESTIJ). 3, 677-683.

Chandrasekara, A. and Shahidi, F. 2011. Inhibitory activities of soluble and bound millet seed phenolics on free radicals and reactive oxygen species. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 59(1): 428–436.

Conforti, F. D. and Davis, S. F. 2006. The effect of soya flour and flaxseed as a partial replacement for bread flour in yeast bread. International Journal of Food Science and Technology. 41 (2): 95–101.

Dehghan Tanha, L., Karimi, M. and Salehifar, M. 2013. The effect of emulsions and lipase on the qualitative properties of frozen doughnut. Journal of Innovation and Technology in Food Science and Technology. 5(3): 105-115. (In persian)

Dykes, L. and Rooney, L.W. 2006. Sorghum and Millet Phenols and Antioxidants. Journal of Cereal Science. 44(3): 236–251.

Entezari, B., Karazhiyan, H. and Sharifi, A. 2017. The effect of Chubak extract on antioxidant and shelf life of doughnut. Journal of Innovation and Technology in Food Science and Technology. 9(1): 27-40. (In persian)

Esonu, B. O., Udedibie, A.B.I. and Carlini, C.R. 1998. The effect of toasting, dry urea treatment and sprouting on some thermostable toxic factors in the jackbean seed. Nigerian Journal of Animal Production. 25(1), 36-39

Fatemi, H. 2016. Food Chemistry. Sahami Enteshar Company Publication. pp: 30-72. (In persian)

Freitas, S. C., Alves da Silva, G., Perrone, D., Vericimo, A. M., Dos S Baião, D., Pereira, R. P., Paschoalin, M. F. V. and Del Aguila, M. E. 2018. Recovery of Antimicrobials and bioaccessible isoflavones and phenolics from soybean (Glycine max) meal by aqueous extraction. Molecules. 24(74): 1-19.

Griffith, L. D., Castell-Perez, M. E. and Griffith, M. E. 1998. Effects of blend and processing method on the nutritional quality of weaning food made from selected cereals and legumes. Cereal Chemistry. 75(1): 105–12.

Guevara Cruz, M., Tovar, A. R., Aguilar- Salinas, C. A., Medina – Vera, I., Gil-Zenteno, L., Hernandez-Viveros, I., Lopez-Romero, P.G. et al. 2012. A dietary pattern including nopal, chia seeds, soy protein and oat reduces serum triglycerides and glucose intolerance in patients with metabolic syndrome. The Journal of Nutrition and Disease. 142(1): 64-69.

Haralick, R. M., Shanmugam, K. and Dinstein, I. 1973. Textural features for image classification. IEEE Transactions of ASAE. 45(6), 1995-2005.

Haboubi, N.Y., Taylor, S. and Jones, S. 2006. Coeliac disease and oats: a systematic review. Postgard Medicine Journal, 82: 672-678.

Hayes, R.E., Bookwalter, G.N. and Bagley, E.B. 1977. Antioxidant activity of soybean flour and derivatives-a review. Journal of Food Science. 42(6): 1527-1532.

Horwitz, W., Senze, A., Reynolds, H. and Park, D. L. 1975. Official methods of analysis of the association of anaytica1 chemists. Washington: Association Official Analytic Chemist.

Huisman, J. and Tolman, G. H. 2001. Antinutritional factors in the plant proteins of diets for non-ruminants. Recent Developments in Pig Nutrition. 3, 261-322.

Iva, B., Marian, T., Jan, M., Ludek, H., Oldrich, F. and Viera, S. 2017. The comparison of the effect of added amaranth, buckwheat, chickpea, corn, millet and quinoa flour on rice dough rheological characteristics, textural and sensory quality of bread. Journal of Cereal Science. 75, 158-164.

Kester, J. J. and Fennema, O. R. 1986. Edible films and coating. Food Technology. 40(12): 47-59.

Kim, S. L., Lee, J. E., Kwon, Y. U., Kim, W. H., Jung, G. H., Kim, D. W., Lee, C. K., Lee, Y. Y., Kim, M. J. and Kim, Y. H. 2013. Introduction and nutritional evaluation of germinated soy germ. Food Chemistry. 136(2): 491–500.

Kumar, V., Rani, A., Pandey, V. and Chauhan, G.S. 2006. Changes in lipoxygenase isozymes and trypsin inhibitor activity in soybean during germination at different temperatures. Food Chemistry. 99(3): 563-568.

Macleod, G. and Ames, J. 1988. Soy flavor and its improvement. CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 27(4): 219-400.

Maleki, G., Mazaheri Tehrani, M. and Shokrollahi, F. 2016. Effect of different concentration of soy flour on the quality of gluten-free bread containing rice flour. Journal of Food Science and Technology. 13(54): 51-62. (In persian)

Marco, C. and Rosell, C. M. 2008. Functional and rheological properties of protein enriched gluten free composite. Journal of Food Engineering. 88(1): 94-103.

Mashayekh, M., Mahmoodi, M. R. and Enterazzi, M. H. 2008. Effect of fortification of defatted soy flour on sensory and rheological properties of wheat bread. International Journal of Food Science and Technology. 43(9): 1693-1698.

Mbithi, S., Mwikya, J., Van Camp, Y. and Yiru, A. 2000. Nutrient and anitnutrient changes in finger millet during sprouting. Lebensmittel- Wisseschaft und- Technologie. 33(1): 9–14.

Mohajerkhorasani, S., Alami, M, Kashaninejad, M. and ShahiriTabarestani, H. 2019. Comparison of the effect of heat-moisture treatment of millet grain and addition of xanthan gum on the characteristics of the batter and physicochemical and sensory properties of gluten-free cake. Journal of Food Science and Technology. 16(90): 229-243. (In persian).

Mohammad zadeh Milani, J., Sedighi, N. Mirzaei, H. 2018. Effect of germinated and non-germinated soybean flour on quality of Barbari bread. Electronic Journal of Food Processing and Preservation. 10(1): 73-84. (In persian).

Mohtarami, F., Gholipour, D. Ashrafi Yorghanlou, R. 2019. The feasibility of producing enriched and low-calorie sponge cakes with spinach puree. Journal of Food Science and Technology. 84(15): 375-384. (In persian).

Mostafa, M. M., Rahma, E. H. and Rady, A. H. 1987. Chemical and nutritional changes in soybean during germination. Food Chemistry. 23(4): 257-275.

Murray, J. A. 1999. The widening spectrum of celiac disease. American Journal of Clinical Nutrition. 69(3): 354-363.

Nada, F. A., El-Gindy, A. A. and Youssif, M. R. G. 2016. Utilization of millet flour in production of gluten free biscuits and cake. Middle East Journal of Applied Sciences. 6(4): 1117-1127.

Naghipour, F. 2012. Investigation on production of gluten free cake utilizing sorghum, soy milk, guar and xanthan gums. M.Sc. Thesis on Food Science and Technology. Ferdowsi University of Mashhad.

Naas. 2012. Integration of millets in fortified foods, National Academy of Agricultural Sciences, New Delhi. Policy Paper NO. 54: 15P.

Ndife, J., Abdulraheem, L. O. and Zakari, U. M. 2011. Evaluation of the nutritional and sensory quality of functional breads produced from whole wheat and soya bean flour blends. African Journal of Food Science. 5(8): 466 – 472.

Niewinski, M. 2008. Advances in celiac disease and gluten-free diet. Journal of the American Dietetic Association. 108(4): 661-672.

Ordoeez, A., Gomez, J.D., Vattuone, M.A. and lsla, M.I. 2006. Antioxidant activities of sechiumedule (Jacq) Swartz extracts. Food Chemistry 97(3): 452-458.

Peerb, D. J. and Leeson, S. 2003. Feeding value of hydroponically sprouted barley for poultry and pigs. Journal of Animal Feed science and Technology. 13(3-4):183-19.

Puyed, S. S. and Prakash, J. 2017. Sensory and Keeping Quality of a Ready-to-Eat Snack Incorporated with Pre-treated Soy Flour. Global Science Books, Food. 1(2): 354-360.

Ranganayaki, S., Vidhya, R. and Jaganmohan, R. 2012. Isolation and proximate determination of protein using defatted sesame seed oil cake. International Journal of Nutrition and Metabolism. 4(10): 141-145.

Ribotta, P. D., Ausar, S. F., Morcillo, M. H., Perez, G. T., Beltramo, D. M. and Leon, A. E. 2004. Production of gluten free bread using soybean flour. Journal of Science Food Agriculture. 84(14): 1969-1974.

Sadana, B. and Chabra, C. 2003. Effect of processing on the digestibility and mineral content of weaning food formulations. Abstract of 9th Asian Congress of Nutrition. Feb. 23–27, New Delhi, India, 147.

Sabetmoghaddam, A., Mehdipour, M. and Dastar, B. 2009. The determining of digestible energy and digestibility coefficients of protein, calcium and phosphorus of malt (Germinated barley) in broilers. Journal of poultry Science. 8(8):788-791.

Sanful, R. E. and Darko, S. 2010. Utilization of Soybean Flour in the Production of Bread. Pakistan Journal of Nutrition. 9(8): 815-818.

Singh, P., Singh, R. and Aghuvanshi, R. 2012. Finger millet for food and nutritional security, African Journal of Food Science. 6(4): 77-84.

Singh, G. 2009. The soybean Botany, Production and Uses. Mixed Sources. Ludhiana, India: Punjab Agricultural University.

Sun, D. 2008. Computer Vision Technology for Food Quality Evaluation. Academic Press, New York.

Taylor, J. R. N., Schober, T. J. and Bean, S. R. 2006. Novel food and non-food uses for sorghum and millets. Journal of Cereal Science. 44(3): 252-27.

Food Engineering Research/Vol.20/No.71/Autumn & Winter 2021/P: 131-150
Journal Home page: https://fooder.areeo.ac.ir/

Original Research

Using of Germinated and Non-Germinated Soybean and Millet on Physicochemical Properties of Gluten-Free Doughnut Based on Rice Flour

M. Esmaielzadeh, F. Naghipour* and A. Faraji

* Corresponding Author: Assistance Professor, Seed and Plant Improvement Institute, Agriculture Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. Email: faribanaghipour@yahoo.com
Received: 26 July 2020, Accepted: 30 September 2021
http://doi: 10.22092/fooder.2022.343511.1280

Abstract

Today, due to the high consumption of snacks, improving the nutritional properties and improving the quality of these products is very important. On the other hand, the production of these snacks should be considered for patients with gluten intolerance. So, the aim of this study was to investigate rice flour replacement by germinated and non-germinated soybean and millet flour in level of 20% in gluten free doughnut formulation and evaluation physicochemical, textural, visual, sensory properties and shelf life in a completely randomized design with factorial arrangement ($P\geq0.05$). Based on the results, replacing rice flour by germinated and non-germinated soybean and millet in gluten-free doughnut formulation increased the amount of moisture, protein, and fat in the final product, which the effect of soy flour was higher than millet flour. The findings of this study showed that by replacing rice flour by germinated and non-germinated soybean and millet, the special volume and porosity of the product increases, which affects the germinated soy flour more than other additives. The results also showed that the germinated millet flour sample had the lowest firmness in 2 h, 4 and 7 days after production. On the other hand, the results showed the amount of crust L* value decreased and a* value increased. The results also showed by adding germinated and non-germinated soybean and millet, the amount of total phenolic compounds and antioxidant activity of final products were increased, and the effect of germinated millet flour more than other additives. Finally, the sample containing 20% rice flour and 80% germinated millet flour which had desirable quantitative, qualitative, shelf life and sensory properties, was introduced as the best sample

Keywords: Snack, Gluten free, Germination, Soybean, Millet, Nutritional value.