نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 14، شماره 2، خرداد- تیر 1397 ص 426-411

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 14, No. 2, June. July. 2018, p. 411-426

تأثیر گلوتن فعال و آنزیم همی‌سلولاز بر بهبود کیفیت کیک یزدی غنی شده با آرد عدس جوانه‌زده

فاطمه بهرامی مقصودبکی[1]- هاجر عباسی[2*]- محمد گلی[2]

تاریخ دریافت: 1395/09/07
تاریخ پذیرش: 1396/03/06

چکیده

عدس جوانه‌زده ترکیبی سرشار از ریزمغذی‌های فراوان است. هدف از این پژوهش، غنی‌سازی طبیعی کیک یزدی با آرد عدس جوانه‌زده و بهبود ویژگی‌های کیفی آن با استفاده از گلوتن فعال و آنزیم همی‌سلولاز است. در این راستا پس از ارزیابی ویژگی‌های شیمیایی آرد گندم و آرد عدس جوانه‌زده، کیک تهیه شده با 25درصد جایگزینی آرد گندم با آرد جوانه عدس به همراه آنزیم همی‌سلولاز (صفر، 25 و 50 قسمت در میلیون) و گلوتن فعال (صفر، 1/5 و 3 درصد) از لحاظ حجم، دانسیته ظاهری، رنگ پوسته و مغز، رطوبت، خواص بافتی و حسی مورد بررسی قرار گرفت. نمونه بهینه حاصل از نظر بیاتی، کمیت چربی، پروتئین، خاکستر، فیبرخام و املاح آهن، کلسیم، فسفر و پتاسیم مورد بررسی قرار گرفت و با شاهد مقایسه گردید. نتایج نشان داد که افزودن آرد جوانه عدس به کیک باعث افزایش رطوبت محصول نسبت به نمونه شاهد شد. افزودن گلوتن و آنزیم همی‌سلولاز تأثیر معنی‌داری ($P\leq0.05$) بر کاهش دانسیته ظاهری و بهبود ویژگی‌های ظاهری، حسی و بافتی کیک گذاشت. طوری‌که سختی بافت کاهش و پیوستگی و فنریت آن افزایش یافت. فرمولاسیون بهینه بر مبنی آنالیزهای فیزیکی، بافتی و حسی، نمونه دارای 25درصد آرد جوانه عدس، 3درصد گلوتن فعال و 50ppm آنزیم همی‌سلولاز تعیین شد. مقایسه خصوصیات بافتی دو نمونه بهینه و شاهد نشان از ارزش بالاتر فرآورده تولید شده از لحاظ محتوی پروتئین، خاکستر، فیبر خام و املاح آهن، کلسیم، پتاسیم و فسفر در مقایسه با نمونه شاهد و مشابهت کیفیت بافتی آنها داشت.

واژه‌های کلیدی: جوانه عدس، غنی‌سازی، کیک، گلوتن، همی‌سلولاز

مقدمه

استفاده از مواد غذایی فراسودمند و تغذیه مناسب امروزه به‌عنوان یک راه مناسب برای تناسب اندام و سلامتی ارائه شده است. شواهد زیادی در تأیید این واقعیت وجود دارد که غذاهای غنی از حبوبات می‌توانند به‌طور قابل ملاحظه‌ای سلامت کلی و کیفیت زندگی مردم را تحت تأثیر قرار دهند. حبوبات سرشار از مواد مغذی فراوان و حاوی ترکیبات ضدسرطان و آنتی‌اکسیدان‌های متعددی هستند و خواص ضدمیکروبی قابل ملاحظه‌ای دارند. این رژیم غذایی همچنین در کاهش سطح کلسترول و قند خون در بیماران دیابتی مؤثر است (Swieca *et al.*, 2013). از طرفی، حبوبات به دلیل ترکیبات ضدتغذیه‌ای مانند تریپسین، مهارکننده‌ها، اسید فیتیک و α گالاکتوسیدها بهتر است قبل از مصرف فرآوری شوند (Valverde *et al.*, 2002). تحقیقات نشان می‌دهند که، کیفیت تغذیه‌ای و دارویی حبوبات به‌طور قابل توجهی توسط جوانه‌زنی بهبود می‌یابد (Swieca *et al.*, 2013). فرآیندهای خیساندن، پوست‌گیری و جوانه‌زنی، باعث افزایش استخراج کلسیم، آهن و فسفر حبوبات به مقادیر متفاوت می‌شوند. با این وجود جوانه‌زنی بر سایر فرآیندهای مختلف قابل استفاده برای افزایش ارزش تغذیه‌ای حبوبات ارجحیت دارد (Al-Numair *et al.*, 2009). جوانه‌زنی به‌طور مؤثری، هر دو دسته مواد معدنی اصلی و کمیاب قابل استخراج با هیدروکلریک اسید را افزایش و مقدار فیتیک اسید را کاهش می‌دهد (Suleiman *et al.*, 2007). در میان حبوبات جوانه‌زده، جوانه عدس شامل مقادیر زیادی ترکیبات فراسودمند و بهبوددهنده سلامتی است که مصرف آن در تأمین عناصر کم مقدار مورد نیاز بدن انسان و کاهش خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی و عروقی، چاقی، دیابت، التهاب و سرطان مؤثر است. دانه و جوانه عدس همچنین منابع خوب نشاسته و پروتئین با کیفیت بالا هستند. جوانه عدس، فیبر بسیار بالا و چربی کمی دارد. همچنین سطح بالایی از آهن، پتاسیم، فولات و نیاسین دارد و اغلب

1 و 2- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران.
(*مسئول مکاتبات: Email: h.abbasi@khuisf.ac.ir)
DOI: 10.22067/ifstrj.v0i0.60588

برای گیاه‌خوارانی توصیه می‌شود که نیاز به مکمل رژیم غذایی با آهن و پروتئین اضافی دارند. به علاوه دارای شاخص قند خون پایینی است و گلوکز را به آرامی به جریان خون آزاد می‌کند و پاسخ به انسولین پایدارتری را فراهم می‌کند(Swieca et al., 2013).

کیک یکی از میان وعده‌های پرمصرف به‌شمار می‌رود که به دلیل قند و چربی بالا، متخصصین تغذیه مصرف کم آن در رژیم‌های غذایی را توصیه می‌کنند (Rosental, 1995). لذا با بهبود ارزش غذایی کیک می‌توان محصولی سالم‌تر به بازار مصرف عرضه نمود. استفاده از جوانه غلات و حبوبات در فرمولاسیون فرآورده‌های حاصل از غلات می‌تواند در بهبود ارزش تغذیه‌ای آنها مؤثر باشد. در این راستا Bansal و Sudha (2011) ویژگی‌های تغذیه‌ای، ریزساختاری، رئولوژیکی و کیفی بیسکوئیت‌های تهیه شده از جوانه گندم فرآوری شده با پروتئین و فیبر رژیمی بالا را بررسی کردند. بیسکوئیت‌ها با جانشین کردن 10، 20، 30 و 40% از آرد گندم با جوانه گندم چربی‌گیری شده و جوانه گندم بخاردهی شده تهیه شدند. جوانه گندم چربی‌گیری شده اثرات تضعیف‌کنندگی بیشتری بر ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر نسبت به جوانه بخاردهی شده نشان می‌دهد. Gomez و همکاران نیز (2011) به مطالعه اثر افزودن جوانه گندم تثبیت شده در سطوح 2/5، 5، 7/5، 10 و 20% (بر اساس وزن آرد) در نان پرداختند. نتایج پژوهش این محققان نشان داد که نمونه حاوی 10% جوانه گندم از ویژگی حسی بهتر، حجم مخصوص بیشتر و سفتی کمتری نسبت به سایر تیمارها برخوردار است. Bhol و Bosco (2014) اثرات جایگزینی مالت ارزن و آرد لوبیا قرمز را بر ویژگی‌های تغذیه‌ای، حسی و بافتی نان، مورد مطالعه قرار دادند. بر اساس مطالعات اولیه، سطح بهینه جایگزینی مالت ارزن و آرد لوبیا قرمز در آرد گندم تصفیه شده در دستور غذایی، 20 گرم در100 گرم از آرد گندم معین شد. نان مالت ارزن، ویژگی‌های حسی و بافتی بهتری در مقایسه با نان آرد لوبیا قرمز از خود نشان داد. اما افزودن آرد لوبیا قرمز، ترکیب تغذیه‌ای و مواد معدنی بالاتری در مقایسه با نان جایگزین شده با مالت ارزن داشت. هرچند میکسوگراف نشان داد که ماتریکس پروتئینی یکنواخت و پیوسته محصول به علت وجود این ترکیبات مختل شده است. تحقیقات نشان داد که تجمع مواد معدنی در مغز نان بیش از پوسته آن است. هر دو محصول تهیه شده ویژگی‌های تغذیه‌ای ازجمله محتوای فیبر مغذی، پروتئین و مواد معدنی بهتری در مقایسه با شاهد داشتند. Giménez و همکاران (2012) نیز آرد باقلا را به‌منظور افزایش مواد مغذی اسپاگتی جایگزین آرد گندم کردند و از لحاظ شیمیایی مورد بررسی قرار دادند. سه سطح جایگزینی 10، 20 و 30% مورد آزمایش قرار گرفتند. آرد باقلا تأثیر منفی بر پاسخ‌های فارینوگراف مانند ثبات و نرم شدن خمیر دارد. محصول نهایی دارای ویژگی‌های بافتی و حسی قابل قبولی است و بهبود قابل توجهی در محتوی پروتئین و فیبر و کیفیت نهایی آن حاصل شد.

با توجه به فقر برخی از املاح و ویتامین‌ها خصوصا آهن در جیره غذایی جوامع درحال توسعه، غنی‌سازی آرد با آهن به‌عنوان پایه محصولاتی که قوت غالب مردم از آنها تأمین می‌شود ضروری است. علیرغم تلاش‌های بسیار، به دلیل مشکلات متعددی در این زمینه، اعم از توزیع غیریکنواخت ذرات و تأثیرات نامطلوب آهن بر ویژگی‌های ارگانولپتیکی محصول، درحال حاضر غنی‌سازی آرد در ایران بسیار محدود و تنها در آردهای کامل انجام می‌شود. جوانه عدس سرشار از آهن، پتاسیم، نیاسین و اسیدهای آمینه ضروری است. بنابراین هدف اصلی از این پژوهش، غنی‌سازی طبیعی کیک با آرد عدس جوانه‌زده است. از آنجائی‌که نتایج تحقیقات دیگران در زمینه‌های مشابه نشان از تأثیرات منفی جایگزینی آرد گندم از حیث تکنولوژیکی با این دست از ترکیبات دارد و مطالعات قابل ملاحظه‌ای در خصوص کاهش این تأثیرات منفی صورت نگرفته است، لذا هدف دیگر این پژوهش بهبود ویژگی‌های کیفی محصول با استفاده از افزودنی‌های مناسب است. در این راستا بر مبنی نتایج پیش آزمون‌های انجام شده و پژوهش‌های موجود در این زمینه گلوتن فعال و آنزیم همی‌سلولاز در سطوح مختلف مورد استفاده قرار گرفت. نتایج این پژوهش در تولید محصولی فراسودمند با ویژگی‌های تغذیه‌ای بهبود یافته مؤثر خواهد بود. در واقع این روش می‌تواند یکی از راه‌های جایگزین برای غنی‌سازی محصول به‌صورت طبیعی از حیث محتوی آهن و سایر ترکیبات مغذی باشد.

مواد و روش‌ها

مواد اولیه کیک شامل: آرد مخصوص کیک (افخم)، روغن نباتی (جهان) (دارای رنگ زرد روشن و عدد یدی:130)، شکر سفید (نقش جهان)، تخم مرغ (تلاونگ)، بیکینگ پودر (هرمین)، وانیل، ماست (آلاس) و آب مطابق پیله‌وران و همکاران (1393) با اعمال تغییرات از فروشگاه‌های سطح شهر تهیه گردید (جدول 1)

جدول 1- ترکیبات تشکیل دهنده فرمولاسیون کیک

مواد مورد استفاده	درصد (بر اساس وزن آرد)
آرد	100
روغن	29
شکر	70/5
تخم مرغ	41
بیکینگ پودر	1/34
وانیل	0/5
ماست	59
آب	12

به‌منظور تهیه آرد عدس جوانه‌زده، واریته عدس رسمی خریداری و در دمای محیط و رطوبت 90% و در محل تاریک تا رشد جوانه‌ها تا ارتفاع 1/5 سانتی‌متر تیمار شد. سپس جوانه‌ها در دمای محیط و سایه، خشک، آسیاب و الک شدند (زارع‌نژاد و همکاران، 1393). پس از انجام پیش آزمون‌های متعدد بر مبنی آنالیزهای حسی و بافتی توسط افراد متخصص در این امر، سطح آرد جوانه‌زده عدس 25% محتوی آرد فرمولاسیون خمیر کیک معین شد.

پودر گلوتن از شرکت آرتین شیمی (کرج) خریداری و در سه سطح صفر، 1/5 و 3% (بر اساس وزن مرطوب آرد) به خمیر کیک افزوده شد. آنزیم همی‌سلولاز نیز از شرکت آرتین شیمی (کرج) خریداری و در سه سطح صفر، 25 و 50 پی‌پی‌ام (بر اساس وزن مرطوب آرد) به خمیر کیک افزوده شد.

تجهیزات

تجهیزات مورد استفاده شامل همزن برقی خانگی (HA-3020، KATOMO، ژاپن) آسیاب برقی (AJ-4IN1، Adrin، چین) قالب کیک یزدی، کاغذ روغنی، سلوفان بسته‌بندی (فر صنعتی اصفهان، تکتا) دستگاه پردازشگر بافت (Texture Analyser، STM-20، Santam، ایران)، جعبه مخصوص اندازه‌گیری رنگ (جعبه‌ای از جنس MDF سفید رنگ که درون آن دو عدد لامپ مهتابی با زاویه 45 درجه برای ایجاد نوری یکنواخت بر تمامی نمونه‌ها قرار داده شده است و شرایط تصویربرداری مناسب و یکنواخت را برای نمونه‌ها فراهم می‌کند)، دستگاه سوکسله (PCU-500، Peco Digital Soxtherm) آون آزمایشگاهی (Oven-55) دوربین عکاسی (Lumix Panasonic DMC-TZ5، ژاپن).

آماده‌سازی خمیر کیک

به‌منظور تهیه خمیر کیک با استفاده از روش شکر خمیر، ابتدا تخم‌مرغ و شکر با همزن برقی مخلوط شدند. سپس ماست و روغن افزوده و مجددا با همزن مخلوط شد. در مرحله بعد وانیل و بیکینگ پودر به ترکیبات افزوده شدند. در هر مرحله عملیات مخلوط کردن به مدت 5 دقیقه صورت گرفت. آنزیم همی‌سلولاز به میزان 25 و 50 پی‌پی‌ام با آب فرمولاسیون (15ċ) مخلوط و به آرد عدس جوانه‌زده که از قبل تهیه شده بود، افزوده و به مدت 30 دقیقه تحت تیمار با آنزیم در دمای 20ċ قرار گرفت و سپس به‌صورت مخلوط با آرد گندم موجود در فرمولاسیون به خمیر کیک افزوده و به آرامی به‌صورت چرخشی با سایر ترکیبات اختلاط گردید. گلوتن نیز به میزان 1/5 و 3% بر اساس وزن آرد توزین و همراه با آن مورد استفاده قرار گرفت. بعد از آماده‌سازی، کاغذ روغنی در قالب‌های کیک یزدی قرار گرفت و 55 گرم خمیر در قالب‌هایی به ابعاد 7/5×2/5×4 سانتی‌متر ریخته شد و به مدت 30 دقیقه در فر چرخشی با درجه حرارت 250 درجه سانتی‌گراد پخت گردید. پس از پخت، خنک کردن در دمای محیط به مدت 30 دقیقه انجام گرفت (با کمی تغییرات از زارع‌نژاد و همکاران، 1393).

آزمون‌های آرد

آرد گندم و آرد جوانه عدس از نظر محتوی رطوبت (استاندارد ملی ایران شماره 2705)، چربی (استاندارد ملی ایران شماره 2862)، پروتئین (استاندارد ملی ایران شماره 19052)، خاکستر (استاندارد ملی ایران شماره 2706)، میزان گلوتن مرطوب (استاندارد ملی ایران شماره2-9639)، املاح آهن و پتاسیم (استاندارد ملی ایران شماره 9266)، کلسیم (AACC, 40-20) و فسفر (AOCS-995.11) مورد بررسی و مقایسه قرار گرفتند.

آزمون‌های فیزیکی شیمیایی کیک

رطوبت کیک مطابق با استاندارد ملی ایران شماره 2705 و دانسیته ظاهری کیک با محاسبه نسبت وزن به حجم کیک اندازه‌گیری شد (AACC, 55-50).

در صنعت غذا، رنگ اغلب به‌وسیله فضای رنگی CIE lab نشان داده می‌شود که یک استاندارد بین‌المللی برای اندازه‌گیری رنگ است و توسط کمیسیون بین‌المللی CIE[1] در سال 1976 به تصویب رسیده است. کمیته بین‌المللی CIE رنگ را به‌عنوان یک حس بصری که مطابق با آن، ناحیه‌ای شبیه یکی از رنگ‌های درک شده قرمز، زرد، سبز و آبی و یا ترکیبی از آنها پدیدار شود، می‌داند (Purlis, 2010). در سیستم رنگ CIE lab، فاکتور a بیان‌کننده قرمزی و سبزی است که میزان مثبت آن، تعیین‌کننده قرمزی و میزان منفی آن سبزی را نشان می‌دهد. فاکتور b زردی و آبی بودن را تعیین می‌کند. عدد مثبت آن تعیین‌کننده رنگ زرد و عدد منفی آن بیان‌کننده رنگ آبی است. فاکتور L میزان روشنایی را تعیین می‌کند و مقدار آن از صفر تا 100 متغیر است. صفر بیانگر سیاه مطلق و صد بیانگر سفید مطلق است. ارزیابی رنگ با استفاده از تصویربرداری در جعبه مخصوص انجام شد. جعبه مخصوص، جعبه‌ای از جنس MDF سفید رنگ بود که درون آن دو عدد لامپ مهتابی با زاویه 45 درجه برای ایجاد نوری یکنواخت بر تمامی نمونه‌ها قرار داده شد. سپس در شرایط یکسان از تمامی نمونه‌ها تصویر گرفته شد. تصاویر حاصل در Pixles 2592*3456 و سایز 4:3 تنظیم شدند. در ادامه در شرایطی مشابه نمونه‌ها از کارت‌های رنگی RAL عکس‌برداری شد. به کمک نرم‌افزار فتوشاپ عکس‌ها تجزیه و تحلیل شده و شاخص‌های RGB استخراج شد. نمودار استانداردی بر اساس شاخص RGB کارت‌های RAL رسم شد

1 Commisson Internatinale de L'Eclairage

و شاخص RGB عکس با آن کالیبره شد. در نهایت شاخص RGB کالیبره شده نمونه تبدیل به شاخص Lab شد (طهماسبی‌پور و همکاران، 1393).

جهت ارزیابی خواص بافتی از دستگاه بافت‌سنج و آزمون آنالیز پروفایل بافت در روز دوم پس از تولید استفاده شد. در این آزمون قطعات استوانه کیک با ارتفاع و قطر 2 سانتی‌متر طی دو سیکل رفت و برگشت توسط پروبی 4 سانتی‌متری و با سرعت 100 میلی‌متر بر دقیقه تحت فشردگی 50% قرار گفتند. در این راستا فاکتورهای سنجش بافت از جمله سختی، پیوستگی و فنریت مورد ارزیابی قرار گرفتند (Paraskevopoulous *et al.*, 1997). پس از بررسی نتایج آزمایشات رطوبت، رنگ، دانسیته ظاهری و خواص بافت، 3 نمونه که نسبت به بقیه بر مبنی ارزیابی‌های فیزیکی و بافتی انجام شده از ویژگی‌های بهتری برخوردار بوده و مشابهت بیشتری به نمونه تهیه شده با آرد گندم داشتند برای آنالیز حسی انتخاب شدند تا از بین آنها بهترین نمونه معین گردد. ارزیابی خواص حسی کیک‌ها با استفاده از آزمون هدونیک 5 نقطه‌ای با حضور 20 ارزیاب آموزش‌دیده صورت گرفت. در این آزمون فاکتورهای طعم، رنگ، بو، پس‌طعم، بافت و پذیرش کلی مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. طی این آزمون از ارزیاب‌ها خواسته شد نمونه‌ها را با نمرات 5 (بسیار خوب)، 4 (خوب)، 3 (متوسط)، 2 (بد) و 1 (بسیار بد) با ضریب تأثیر برابر ارزیابی کنند (رشمه کریم و همکاران، 1380).

نمونه بهینه و شاهد از لحاظ خاکستر، پروتئین، چربی، فیبر خام و املاح آهن، کلسیم، پتاسیم و فسفر مورد بررسی و مقایسه قرار گرفتند. جهت ارزیابی سرعت بیات شدن نیز از دستگاه بافت‌سنج در روزهای دوم، هفتم و چهاردهم پس از تولید استفاده شد و فاکتورهای سنجش بافت از جمله سختی، پیوستگی و فنریت مورد ارزیابی قرار گرفت (Paraskevopoulous *et al.*, 1997).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

در این تحقیق به‌منظور مقایسه تأثیر سطوح مختلف پودر گلوتن (صفر، 1/5 و 3 درصد) و آنزیم همی‌سلولاز (صفر، 25 و 50 قسمت در میلیون) بر دانسیته، خواص حسی، شیمیایی و بافتی کیک تهیه شده از مخلوط آرد گندم و جوانه عدس، از طرح کاملا تصادفی در قالب آزمون فاکتوریل (برای دو فاکتور درصد گلوتن و درصد آرنیم همی‌سلولاز) با استفاده از نرم‌افزار SAS ورژن 9/2 انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون LSD صورت گرفت. ارزیابی آماری داده‌های حسی برمبنی روش کیفی Kruskal-Wallis انجام شد. بررسی آماری و مقایسه نمونه شاهد گندم و بهینه نیز در قالب طرح کاملا تصادفی صورت گرفت. قابل ذکر است که کلیه آزمون‌ها در سه تکرار انجام و نتایج آن مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

نتایج و بحث

نتایج آزمون‌های شیمیایی آرد گندم و آرد جوانه عدس

با توجه به نتایج ارائه شده در جدول 2، آرد گندم و آرد جوانه عدس از نظر محتوی پروتئین، رطوبت، خاکستر و املاح آهن، کلسیم، فسفر و پتاسیم اختلاف معنی‌داری آماری دارند. در مورد کمیت چربی تفاوت معنی‌داری ($P\leq0.05$) میان این دو مشاهده نشد.

جدول 2- مقایسه ویژگی‌های شیمیایی آرد گندم و آرد جوانه عدس

ویژگی های شیمیایی	آرد گندم	آرد جوانه عدس
پروتئین (g/100)	12/00±0/40^b	29/ 13± 0/35^a
رطوبت (g/100)	10/86±0/03^b	12/60 ± 0/40^a
خاکستر (g/100)	0/51±0/03^b	2/27 ± 0/15^a
چربی (g/100)	1/41±0/09^a	1/44 ± 0/08^a
گلوتن مرطوب (g/100)	24/12±0/33^a	-
روی الک 180 میکرون:	%2 ±0/50^b	%4 ± 0/35^a
اندازه ذرات روی الک 125 میکرون:	%5 ±0/39^b	%9 ± 0/44^a
زیر الک 125 میکرون:	%93 ±0/28^b	%87 ± 0/42^a
آهن (mg/100)	0/97±0/02^b	5/65 ± 0/20^a
کلسیم (mg/100)	17/00±0/30^b	45/56 ± 0/41^a
پتاسیم (mg/100)	100/96±3/80^b	749/03 ± 4/07^a
فسفر (mg/100)	58/06±0/60^b	325/06 ± 2/25^a

در هر سطر اعداد دارای حروف متفاوت از نظر آماری با هم تفاوت دارند.

محتوی آهن آرد عدس بیش از پنج برابر، کلسیم بیش از دو برابر، پتاسیم بیش از هفت برابر و فسفر بیش از شش برابر آرد گندم بود. از نظر پروتئین نیز محتوی پروتئین آرد جوانه عدس بسیار بیشتر از آرد گندم بود. نتایج تحقیقات پژوهشگران دیگر نیز حاکی از بالا بودن ارزش کیفی این پروتئین است. در این راستا بحول و همکاران (2014) اثرات جایگزینی مالت ارزن و آرد لوبیا قرمز را بر ویژگی‌های تغذیه‌ای، حسی و بافتی نان، مورد مطالعه قرار دادند. هر دو محصول تهیه شده، ویژگی‌های تغذیه‌ای ازجمله محتوای فیبر مغذی، پروتئین و مواد معدنی بهتری در مقایسه با شاهد دارا بودند. مقایسه دو آرد جایگزین شده نشان می‌دهد که افزودن آرد لوبیا قرمز (20 درصد) ارزش تغذیه‌ای و مواد معدنی بالاتری در مقایسه با نان جایگزین شده با مالت ارزن را منجر می‌شود. Gimenez و همکاران (2012) نیز آرد باقلا را به‌منظور افزایش مواد مغذی اسپاگتی جایگزین آرد گندم کردند. محصول بهینه نهایی دارای ویژگی‌های بافتی و حسی قابل قبولی بود و بهبود قابل توجهی در محتوی پروتئین و فیبر و کیفیت نهایی آن حاصل شد.

مطابق نتایج پژوهش حاضر جوانه عدس به‌عنوان ترکیبی سرشار از مواد معدنی و اسیدهای آمینه ضروری برای افرادی که نیاز به مکمل رژیم غذایی با آهن و پروتئین اضافی دارند ازجمله گیاه‌خواران، توصیه می‌شود (Swieca *et al*., 2013).

نتایج خصوصیات فیزیکی شیمیایی کیک

رطوبت

با توجه به جدول‌های 3 و 4 ملاحظه می‌شود که افزودن گلوتن و آنزیم همی‌سلولاز تأثیر معنی‌داری ($P<0.05$) بر افزایش محتوی رطوبت کیک داشت. آرد حبوبات و جوانه‌ها به علت محتوی فیبر بالا و امکان اتصال مولکول‌های آب و انحصار آنها باعث افزایش امکان جذب آب خمیر و نگهداری آن می‌شوند که همین موضوع باعث افزایش رطوبت کیک شد. از این رو محتوی رطوبت نمونه بهینه به نحو معنی‌داری بیش از نمونه شاهد گندم بود. این مسأله با نتایج Mohammeda و همکاران (2012) در افزودن آرد نخود به نان، زارع‌نژاد و همکاران (1393) درمورد افزودن جوانه گندم به کیک و گیمنز و همکاران (2012) در رابطه با افزودن آرد باقلا به اسپاگتی هماهنگی دارد. از طرفی گلوتن و آنزیم همی‌سلولاز که به‌منظور بهبود ویژگی‌های بافتی و حسی به این کیک افزوده شده‌اند نیز باعث افزایش جذب آب خمیر و میزان رطوبت کیک شده‌اند. خاصیت جذب آب به‌وسیله گلوتن یکی از مهمترین خواص گلوتن می‌باشد و تهیه خمیر بر همین اصل استوار است. آبی که جذب گلوتن می‌شود بسیار باثبات است.

جدول ۳- مقایسه اثرات مستقل گلوتن و آنزیم همی‌سلولاز بر محتوی رطوبت، دانسیته ظاهری و شاخص‌های L^*، a^* و b^* رنگ پوسته نمونه‌های کیک

نوع متغیر	سطوح مصرف	رطوبت (درصد وزنی)	دانسیته ظاهری (مترمکعب/کیلوگرم)	L^*	a^*	b^*
(درصد گلوتن)	۰	۲۰/۶۱±۰/۲۰	۰/۶۲±۰/۰۱	۵۷/۳۸± ۱/۲۹	۲۳/۵۵± ۱/۳۳	۲۵/۳۳± ۱/۷۷
	۱/۵	۲۰/۹۳±۰/۱۵	۰/۵۸±۰/۰۱	۵۶/۵۱± ۱/۷۵	۲۵/۲۵± ۱/۷۶	۲۴/۸۶± ۱/۶۳
	۳	۲۱/۳۸±۰/۱۵	۰/۵۴±۰/۰۱	۵۹/۹۵± ۱/۱۳	۲۲/۲۷± ۱/۱۵	۲۸/۰۴± ۱/۲۸
(درصد آنزیم همی‌سلولاز)	۰	۲۰/۶۱±۰/۲۰	۰/۶۲±۰/۰۱	۵۷/۶۴± ۱/۲۹	۲۱/۵۴± ۱/۳۶	۲۵/۲۶± ۱/۷۷
	۲۵	۲۱/۰۳±۰/۱۵	۰/۵۷±۰	۵۹/۷۲± ۱/۵۲	۲۳/۲±۰/۲۱	۲۷/۵۲± ۱/۳۷
	۵۰	۲۱/۳۰±۰/۱۰	۰/۵۵±۰/۰۱	۵۶/۴۷±۰/۷۸	۲۶/۳۲± ۱/۳۷	۲۵/۳۹± ۱/۲۹

حروف a,b,... نشانگر اختلاف معنی‌دار آماری (در سطح اطمینان ۹۵ درصد) بین نمونه‌ها از نظر میزان گلوتن

حروف a',b',... نشانگر اختلاف معنی‌دار آماری (در سطح اطمینان ۹۵ درصد) بین نمونه‌ها از نظر میزان آنزیم

گلوتن هیدراته شده به‌صورت یک شبکه سه‌بعدی در حفظ و نگهداری ملکول‌های آب موجود در فرمولاسیون خمیر نقش دارد.این آب توسط هر دو پروتئین (گلیادین و گلوتنین) جذب می‌شود و چون هر دو پروتئین رقابت کششی نسبت به آب نشان می‌دهند، در نتیجه به طرف یکدیگر جذب می‌شوند و شبکه گلوتنی به وجود می‌آید (ناصحی و همکاران، 1390). البته قدرت و توانایی گلوتنین به‌واسطه بالاتر بودن وزن مولکولی این پلی‌مر و همچنین وجود اتصالات

دی‌سولفیدی متعدد در ساختار در مقایسه با مونومر گلیادین بالاتر است. همی‌سلولاز نیز با هیدرولیز ترکیبات همی‌سلولزی درشت مولکول باعث افزایش OH آزاد و بهبود جذب آب و حلالیت آنها می‌شود (Lebesi *et al*., 2012). در مجموع وجود ترکیبات فیبری مناسب در آرد حبوبات با خاصیت جذب و نگهداری رطوبت در کنار فعالیت همی‌سلولاز که موجبات بهبود امکان اتصال مولکول‌های آب با آن را فراهم می‌کند، در افزایش محتوی کلی رطوبت فرآورده مؤثر است.

دانسیته ظاهری

تحقیقات نشان داد که افزودن آرد حبوبات و جوانه‌ها تأثیر منفی قابل ملاحظه‌ای بر حجم و دانسیته محصولات نانوایی دارد. به‌طوریکه باعث کاهش حجم محصول و افزایش دانسیته آن می‌شود. این موضوع از نتایج الهوتی و همکاران (2002) در زمینه افزودن جوانه گندم به نان و بحول و همکاران (2014) در رابطه با افزودن آرد لوبیا قرمز به نان قابل استنباط است. کیک‌هایی که حجم بیشتری دارند، عموما ساختارشان تراکم کمتر و بنابراین سختی کمتری دارند (Lebesi *et al*., 2012). لذا سختی رابطه مستقیم با حجم کیک دارد و تغییرات دانسیته با ویژگی‌های بافتی محصول نیز کاملا مرتبط است. با توجه به نتایج جدول‌های 3 و 4 ملاحظه می‌شود که افزودن گلوتن و آنزیم همی‌سلولاز تأثیر معنی‌داری بر کاهش دانسیته ظاهری کیک و تقلیل تأثیر منفی جوانه عدس بر کیفیت محصول داشت. به همین دلیل نمونه شاهد و بهینه از نظر دانسیته ظاهری اختلاف معنی‌داری نداشتند. هنگامی که آرد و آب با هم مخلوط می‌شوند، شبکه‌ای با ویژگی‌های ویسکوالاستیک به وجود می‌آید که مسئول اصلی حفظ گاز در داخل خمیر است. ظرفیت جذب آب گلوتن، ویسکوزیته مناسب را فراهم می‌کند و باعث می‌شود که خمیر ظرفیت مناسب برای حفظ و گسترش هسته هوا را داشته باشد تا پراکندگی یکنواخت مواد تشکیل‌دهنده به‌منظور پخت مطلوب انجام شود. فعل و انفعالات پروتئین در ساختار کیک، دیواره‌های سلول را نسبت به افت مقاوم می‌کند. بنابراین گلوتن، ساختار کیک را به‌وسیله توزیع یکنواخت سلولی و در نتیجه حجم بهتر، بهبود می‌دهد (Wilderjans *et al*., 2008). اثر تیمار آنزیم بر حجم کیک می‌تواند به دلیل افزایش ویسکوزیته فاز آبی خمیر به واسطه کوتاه شدن طول زنجیر آرابینوزایلان و افزایش قدرت جذب آب آن دانست که با کاهش سرعت انتشار گاز، قدرت کافی در محصول جهت نگهداری حباب‌های هوا در طول مراحل پخت را فراهم می‌کند. بنابراین افزایش حجم کیک برای زمان طولانی‌تری در حین پخت اتفاق می‌افتد (Lebesi *et al*., 2012).

جدول ٤- مقایسه میانگین اثرات وابسته گلوتن و آنزیم همی‌سلولاز بر محتوی رطوبت، دانسیته ظاهری و شاخص های L^* و a^* و b^* رنگ پوسته نمونه‌های حاصل از تیمارهای مختلف

تیمار	گلوتن (درصد وزنی)	همی سلولاز (قسمت در میلیون)	رطوبت (درصد وزنی)	دانسیته ظاهری (سم‌مکعب/گیلوگرم)	L^*	a^*	b^*
۱	۰	۰	۲۰/۳±۰/۲۰^{g}	۰/۶۵±۰/۰۱^{a}	۵۴/۳۳±۱/۷۹^{e}	۲۲/۲۵±۱/۲۳^{d}	۲۲/۱۴±۱/۷۴^{e}
۲	۰	۲۵	۲۰/۶±۰/۱۵^{ef}	۰/۶۳±۰/۰۵^{b}	۵۹/۸۶±۱/۵۱^{bc}	۲۳/۳۲±۱/۲۱^{cd}	۲۷/۹۱±۱/۳۷^{ab}
۳	۰	۵۰	۲۰/۹±۰/۱۰^{de}	۰/۵۹±۰/۰۱^{c}	۵۷/۹۲±۰/۷۸^{cd}	۲۵/۰۷±۱/۳۷^{bc}	۲۵/۹۳±۱/۲۶^{bcd}
۴	۱/۵	۰	۲۰/۵±۰/۱۵^{fg}	۰/۶۳±۰/۰۱۵^{b}	۵۵/۱۶ ± ۱/۷۵^{e}	۲۵/۰۸±۱/۷۶^{bc}	۲۳/۳۳±۱/۶۳^{de}
۵	۱/۵	۲۵	۲۱/ ۰±۰/۲۰^{cd}	۰/۵۷±۰/۰۱^{d}	۵۸/۵۸ ± ۱/۴۰^{bc}	۲۳/۸۸±۰/۵۸^{cd}	۲۷/ ۰۱ ±۱/۴۰^{b}
۶	۱/۵	۵۰	۲۱/۲۳±۰/۱۵^{bc}	۰/۵۵±۰/۰۱^{e}	۵۵/۷۸ ± ۱/۶۹^{de}	۲۲/۷۸±۱/۸۷^{a}	۲۴/۲۳±۱/۹۱^{cde}
۷	۳	۰	۲۰/۹±۰/۱۵^{d}	۰/۶۰±۰/۰۱^{c}	۶۲/۴۳ ± ۱/۱۳^{a}	۱۷/۲۹±۱/۰^{e}	۳۰/۲۲ ±۱/۲۸^{a}
۸	۳	۲۵	۲۱/۴۶±۰/۱۵^{b}	۰/۵۳±۰/۰۰۵^{e}	۶۰/۷۲ ± ۱/۳۸^{b}	۲۳/۴۰±۰/۵۶^{cd}	۲۷/۷۷±۱/۵۸^{ab}
۹	۳	۵۰	۲۱/۷۶±۰/۱۵^{a}	۰/۵۱±۰/۰۲^{f}	۵۵/۷۰ ± ۱/۵۴^{de}	۲۶/۱۲±۰/۴۸^{ab}	۲۶/۰۲±۱/۶۴^{bc}

در هر ستون اعداد دارای حروف متفاوت از نظر آماری با هم تفاوت دارند $P \leq 0/05$

ارزیابی شاخص رنگ کیک

با توجه به نتایج جدول‌های 3 و 4 ملاحظه می‌شود که در مورد رنگ پوسته، گلوتن به مقدار 3 درصد تأثیر معنی‌داری ($P<0.05$) بر شاخص L و b دارد ولی بر شاخص a تأثیری ندارد. آنزیم همی‌سلولاز در سطح 50ppm تأثیر معنی‌داری بر شاخص a دارد. تأثیر آنزیم در سطح 25ppm بر شاخص b نیز معنی‌دار است، ولی بر شاخص L

بدون تأثیر است. در مورد رنگ مغز کیک، نتایج نشان می‌دهند که محتوی گلوتن بر شاخص‌های رنگ مغز تأثیری ندارد. آنزیم همی‌سلولاز نیز فقط بر تغییر شاخص a مؤثر است ولی بر تغییر شاخص‌های L وb تأثیری ندارد. لذا تأثیر متغیرها در محدوده مورد بررسی بر تغییرات رنگ مغز بسیار ناچیز است و به همین دلیل از بیان نتایج آن در جداول و گراف‌ها صرف‌نظر شده است. به‌طورکلی رنگ پوسته عمدتا با شدت واکنش‌های مایلارد و کاراملیزاسیون تحت تأثیر قرار می‌گیرد در حالی‌که رنگ مغز وابسته به میزان و ترکیب مواد مورد استفاده در فرمولاسیون محصول است (Lebesi *et al*., 2012). گلوتن با نگهداری رطوبت کیک و توان مناسب ساختار سلولی بافت و بالطبع ظاهر براق‌تر فیلم‌های نازک شبکه گلوتنی در سطح سلول‌های کیک و یا به‌عبارت دیگر تعداد زیادی سلول در واحد سطح با میانگین اندازه سلولی کوچکتر، موجب انعکاس بیشتر نور در سیستم رنگی می‌شود (مهدویان و همکاران، 1390). آنزیم همی‌سلولاز نیز با کاهش پراکنش نور عبوری باعث روشن‌تر شدن رنگ محصول می‌شود. این موضوع با نتایج Abbès و همکاران (2011) در زمینه افزودن آنزیم سلولاز به شربت خرما هماهنگی دارد.

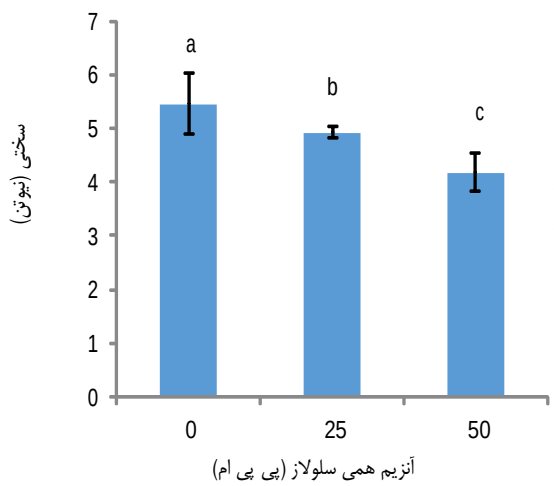
ارزیابی خواص بافتی

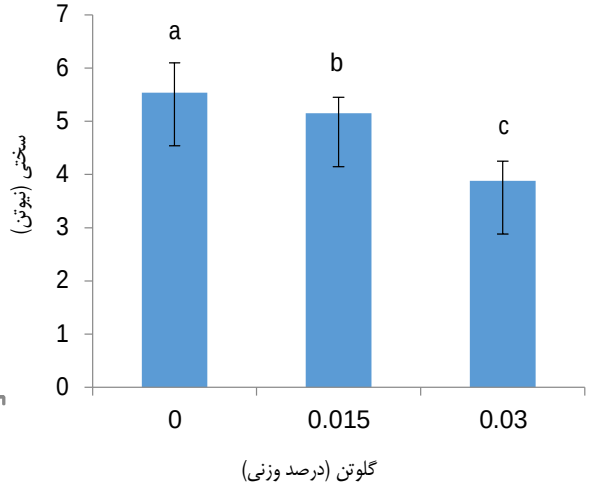
با توجه به گراف‌های 1 و 2 ملاحظه می‌شود که افزودن گلوتن و آنزیم همی‌سلولاز تأثیر معنی‌داری بر بهبود خواص بافتی محصول دارد و باعث کاهش سختی و افزایش پیوستگی و فنریت آن شده است. افزودن آرد حبوبات و جوانه‌ها به محصولات نانوایی، اگرچه مواد غذایی فراسودمندی تولید می‌کنند که ترکیب تغذیه‌ای و مواد معدنی بالاتری دارند، ولی از طرفی هم بر ویژگی‌های حسی و بافتی آنها تأثیر منفی دارند. میزان سختی بافت این محصولات در مقایسه با نمونه‌های تهیه شده با آرد گندم عموما افزایش و پیوستگی آن‌ها کاهش می‌یابد که در مورد محصولات نانوایی یک ویژگی نامطلوب است. این موضوع می‌تواند به‌دلیل پروتئین‌های بدون گلوتن و فیبرهای نامحلولی باشد که ساختار کلی محصول را تضعیف می‌کنند و در ماتریس پروتئینی یکنواخت و پیوسته اختلال ایجاد می‌کند. این مسأله از نتایج پتیتوت و همکاران (2010) در افزودن آرد نخودفرنگی و باقلا به اسپاگتی و آنتون و همکاران (2009) در رابطه با افزودن آرد لوبیاچیتی به تورتیلا قابل استنباط است. به همین دلیل به‌منظور بهبود خواص بافتی محصول،

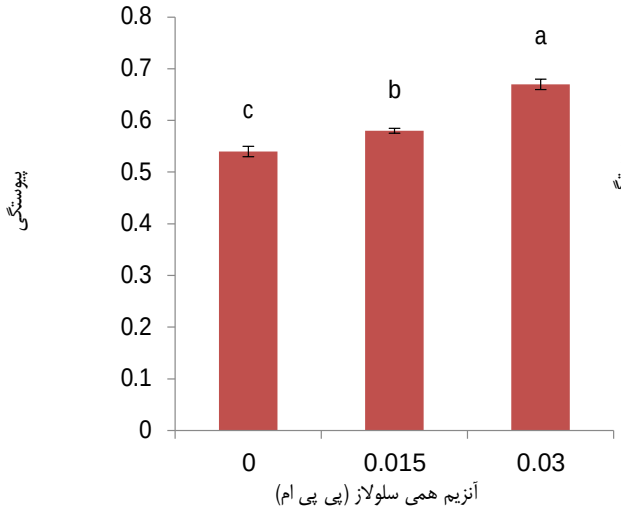
در این پژوهش از پودر گلوتن فعال و آنزیم همی‌سلولاز استفاده شد، که تأثیر بسیار خوبی بر ویژگی‌های بافتی کیک داشتند. گلوتن به دلیل ایجاد شبکه ویسکوالاستیک، در حفظ حالت و وضعیت مناسب در خمیر به‌منظور نگهداری بهتر حباب‌های هوا و همچنین حفظ رطوبت با جذب آب توسط پروتئین‌ها در محصول، در بهبود بافت کیک تأثیر دارد. افزودن گلوتن باعث تحول در ساختار کیک شده و منجر به قوی‌کردن باندهای داخلی شده است و با تقویت شبکه گلوتنی، پیوستگی را افزایش داده است (Paraskevopoulous *et al*., 1997). آنزیم همی‌سلولاز هم تا حدودی اتصالات و باندهای ساختار آرابینوزایلان را کاهش می‌دهد و باعث کاهش سختی حاصل از آن می‌شود (Abbes *et al*., 2011). به‌علاوه این آنزیم با افزایش انحلال و قابلیت جذب آب ترکیبات همی‌سلولزی در افزایش ویسکوزیته خمیر و بهود امکان حفظ حباب‌های هوا و به‌واسطه آن افزایش حجم و کاهش سفتی بافت محصول تأثیر دارد. پیوستگی بافت محصول به‌عنوان یک رفتار الاستیک توصیف می‌شود و افزایش آن نشان از بهبود انسجام بافت دارد. آنزیم همی‌سلولاز با حفظ رطوبت کیک باعث افزایش خواص ویسکوالاستیک گلوتن می‌شود. همچنین گلوتن و آنزیم همی‌سلولاز با افزایش ظرفیت جذب آب، باعث افزایش خواص ویسکوالاستیک بافت و بهبود فنریت و پیوستگی می‌شوند.

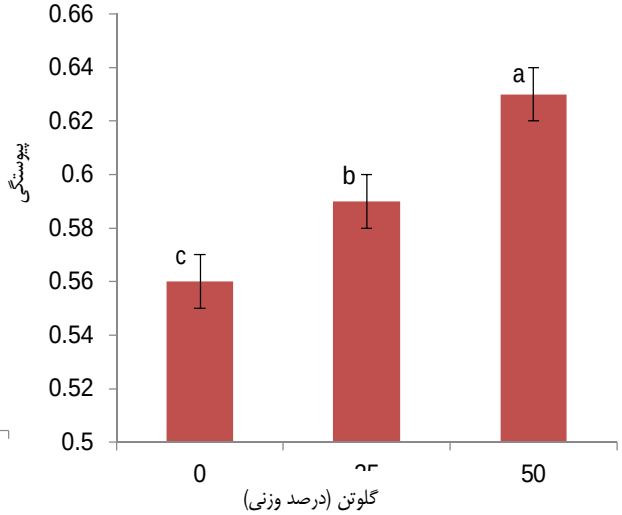
ارزیابی خواص حسی کیک

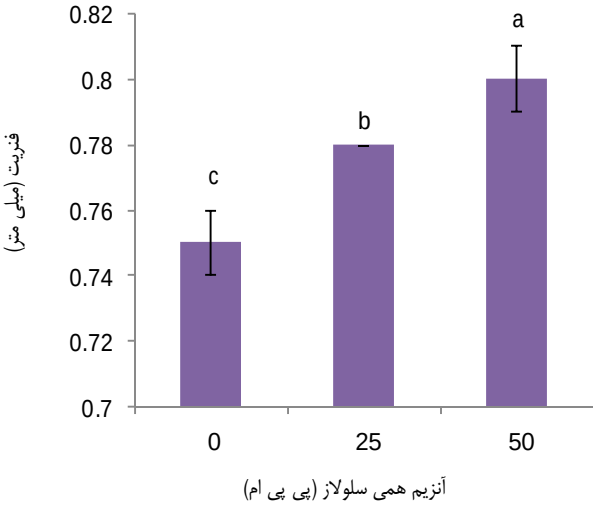
بر مبنی نتایج حاصل از بررسی‌های صورت گرفته بر ویژگی‌های فیزیکی و بافتی محصول در 9 تیمار موردنظر، 3 نمونه کیک که به‌ترتیب حاوی 3% گلوتن و صفر% آنزیم (تیمار 7)، 3% گلوتن و 25ppm آنزیم (تیمار 8) و 3% گلوتن و 50ppm آنزیم (تیمار 9) بودند، به‌عنوان بهترین نمونه‌های این بخش برای انجام ارزیابی‌های حسی انتخاب شدند. انتخاب سه نمونه از نه تیمار اولیه به‌منظور ایجاد سهولت و دقت بیشتر عملکرد ارزیابان در آزمون حسی صورت گرفت. نتایج ارزیابی حسی نشان داد که نمونه شماره 9 در مقایسه با نمونه‌های حاصل از تیمارهای 7 و 8 مطلوبیت معنی‌دار بیشتری دارد. لذا، در نهایت این نمونه به‌عنوان نمونه بهینه تعیین شد. نتایج این ارزیابی در شکل 7 مشاهده می‌شود. افزودن آرد عدس جوانه‌زده به کیک بر ویژگی‌های حسی آن تأثیر منفی دارد. گلوتن و آنزیم همی‌سلولاز به رفع این مشکل و بهبود خواص حسی کمک می‌کنند. آرد عدس جوانه‌زده خام دارای طعم نامطلوبی است، که البته با ورود آن به فرمولاسیون و پخت محصول، طعم آن تا حدود زیادی بهبود می‌یابد. همچنین آرد عدس باعث تیره‌شدن رنگ کیک می‌شود. استفاده از گلوتن و آنزیم همی‌سلولاز در بهبود طعم، پس‌طعم، رنگ و بافت محصول مؤثر است. نتایج مشابهی توسط رشمه کریم و همکاران (1380) در افزودن گلوتن به نان لواش و لبسی و همکاران (2012) در رابطه با افزودن جو دوسر و سبوس برنج به کیک مشاهده شده است.

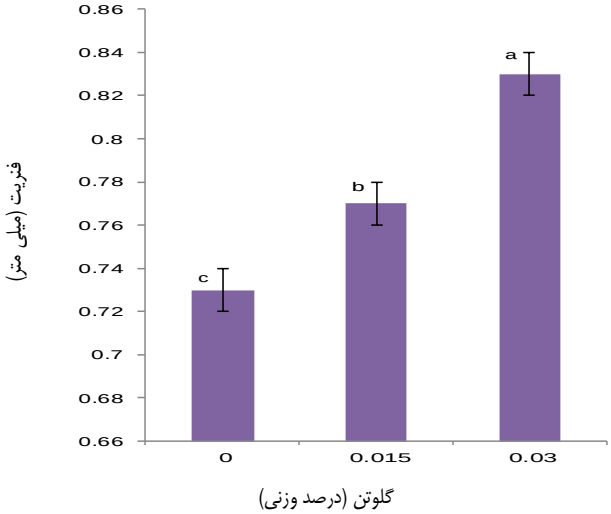

سختی (نیوتن)
a
b
c
0
25
50
آنزیم همی سلولاز (پی پی ام)


سختی (نیوتن)
a
b
c
0
0.015
0.03
گلوتن (درصد وزنی)

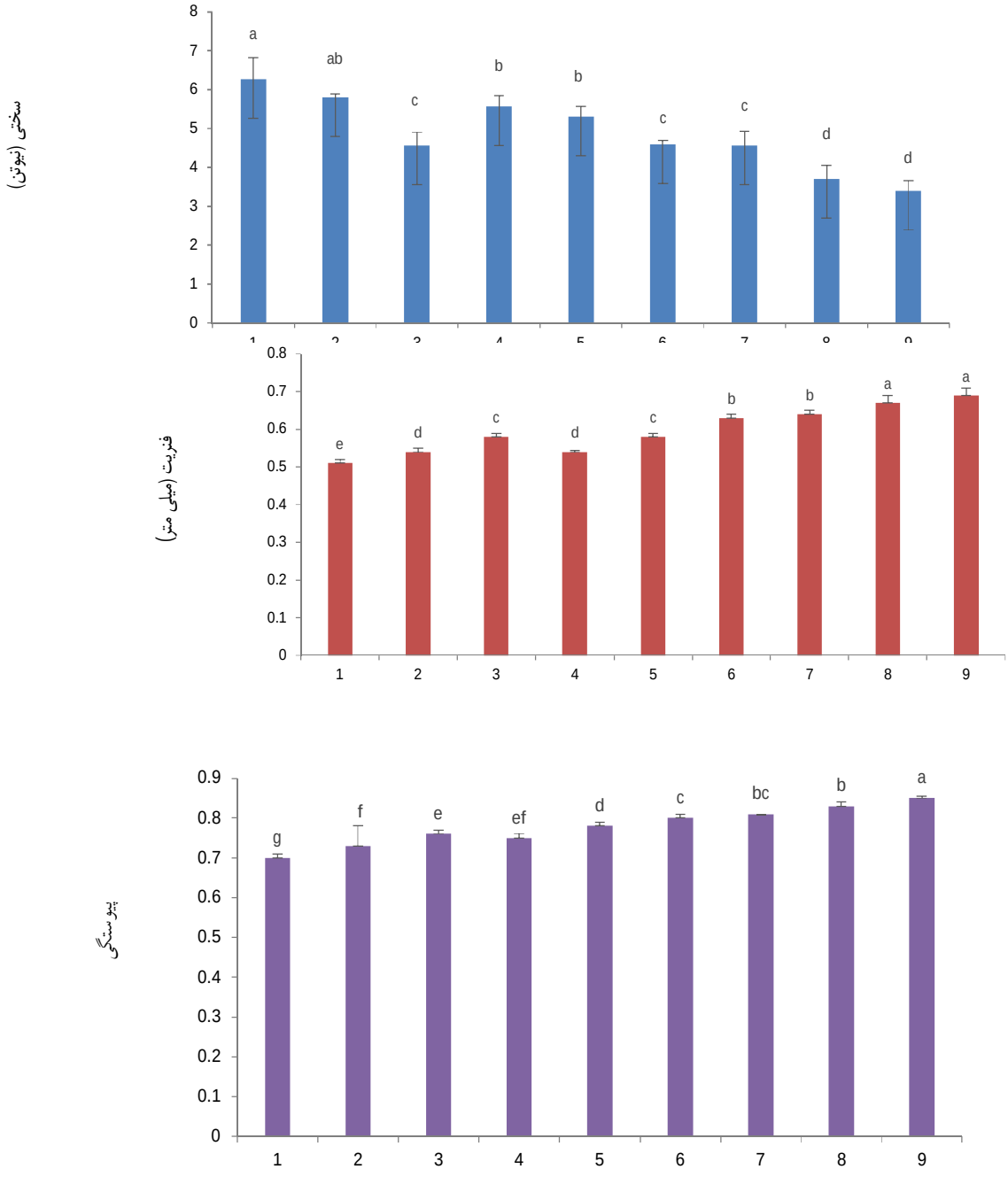

پیوستگی
c
b
a
0
0.015
0.03
آنزیم همی سلولاز (پی پی ام)


پیوستگی
c
b
a
0
50
گلوتن (درصد وزنی)


فنریت (میلی متر)
c
b
a
0
25
50
آنزیم همی سلولاز (پی پی ام)

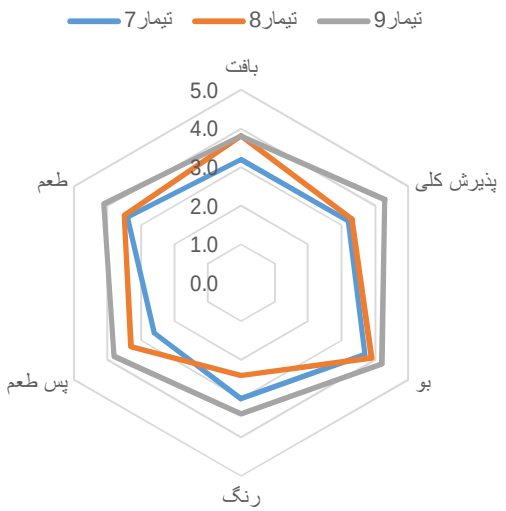

فنریت (میلی متر)
c
b
a
0
0.015
0.03
گلوتن (درصد وزنی)

شکل 1- مقایسه میانگین اثرات مستقل گلوتن و آنزیم همی‌سلولاز بر ویژگی‌های بافتی کیک



شکل 2- مقایسه میانگین اثرات متقابل گلوتن و آنزیم همی‌سلولاز بر ویژگی‌های بافتی

(1): 0% گلوتن و 0% آنزیم،(2): 0% گلوتن و 25ppm آنزیم، (3): 0% گلوتن و 50ppm آنزیم،(4): 1/5% گلوتن و 0ppmآنزیم ، (5): 1/5% گلوتن و 25ppm آنزیم،(6): 1/5% گلوتن و 50ppm آنزیم ،(7): 3% گلوتن و 0ppmآنزیم ،(8): 3% گلوتن و 25ppm آنزیم و (9): 3% گلوتن و 50ppm آنزیم



شکل 3- مقایسه میانگین تأثیر آرد عدس جوانه‌زده، گلوتن و آنزیم همی‌سلولاز بر ویژگی‌های حسی محصول

ارزیابی و مقایسه خصوصیات کیفی نمونه بهینه و شاهد (تهیه شده با آرد گندم)

ارزیابی و مقایسه تعدادی از ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی

فرآیند جوانه‌زنی به‌طور کلی کیفیت تغذیه‌ای حبوبات را با افزایش سطح اسیدهای آمینه آزاد، فیبر و دیگر ترکیبات زیست‌فعال، بهبود می‌دهد (Amoros *et al*., 2006). جوانه حبوبات منبع خوبی از پروتئین‌های با دسترسی زیستی بالا، نشاسته و مواد معدنی هستند (Swieca *et al*., 2013). در این پژوهش با توجه به آنچه در جدول 5 مشاهده می‌شود، افزودن آرد عدس جوانه‌زده تأثیر بسیار زیاد و معنی‌داری در افزایش ($p\leq0/05$) محتوی خاکستر و املاح آهن، کلسیم، پتاسیم، فسفر، پروتئین و فیبر خام محصول و بهبود ارزش تغذیه‌ای آن دارد. در مورد کمیت چربی، میان نمونه شاهد و بهینه اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی‌شود. محتوی آهن نمونه بهینه بیش از دو برابر نمونه شاهد برآورد شده است. این نتایج با نتایج بحول و همکاران (2014) در افزایش ارزش تغذیه‌ای محصول همگام با افزودن آرد لوبیا قرمز به نان و گیمنز و همکاران (2012) در رابطه با افزودن آرد باقلا به اسپاگتی هماهنگی دارد.

نمونه شاهد و بهینه از نظر محتوی رطوبت اختلاف معنی‌داری با هم دارند. محتوی رطوبت نمونه بهینه به واسطه افزایش قدرت جذب آب ترکیبات آن بالاتر از نمونه شاهد است. فعالیت آنزیم همی‌سلولاز در بهبود جذب آب ترکیبات فیبری تأثیر ویژه‌ای دارد. وجود گلوتن با قدرت جذب آب بالا نیز در افزایش محتوی رطوبت محصول مؤثر است. به‌علاوه آرد جوانه عدس به واسطه دارا بودن محتوی پروتئین و فیبر بالا قدرت جذب و نگهداری آب بالایی دارد. نتایج نشان می‌دهد که از نظر دانسیته ظاهری تفاوت معنی‌دار آماری میان این دو نمونه مشاهده نمی‌شود که نشان دهنده تأثیر مثبت افزودنی‌های انتخابی و سطوح آنها بر بهبود حجم و دانسیته و کاهش تأثیر منفی جوانه عدس بر آن است.

با توجه به جدول 5، نمونه شاهد و بهینه از نظر شاخص‌های L، a و b رنگ پوسته و مغز کیک اختلاف معنی‌داری باهم دارند. نتایج تحقیقات نشان می‌دهند که افزودن آرد حبوبات و جوانه‌ها به محصولات نانوایی عموما باعث تیره شدن رنگ پوسته و مغز محصول می‌شود (Al-Hooti *et al*., 2002; Mohammeda *et al*., 2012). البته نتایج این پژوهش نشان می‌دهد افزودن گلوتن و آنزیم همی‌سلولاز در بهبود رنگ محصول مخصوصا رنگ پوسته مؤثر بوده و رنگ نمونه بهینه به نمونه شاهد گندم بسیار نزدیکتر شده است.

ارزیابی و مقایسه ویژگی‌های بافتی و سرعت بیات شدن

با توجه به شکل 8 قسمت (I) ملاحظه می‌شود که با افزایش زمان نگهداری، سفتی بافت نمونه‌ها افزایش می‌یابد که علت اصلی آن به کریستال شدن اجزاء نشاسته در طول نگهداری محصول مرتبط است. نمونه‌های شاهد و بهینه در روزهای دوم و هفتم پس از تولید از نظر سختی بافت اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

با توجه به شکل 8 قسمت (II) ملاحظه می‌شود که پیوستگی بافت در طول انبارمانی کاهش یافته است. در ابتدای زمان نگهداری، پیوستگی نمونه شاهد از بهینه بیشتر است، ولی به‌تدریج و با گذشت زمان از اختلاف آنها کاسته شده به‌طوریکه در روزهای هفتم و چهاردهم، نمونه‌های شاهد و بهینه از نظر پیوستگی تفاوت معنی‌داری نداشته‌اند و از نظر کمی مقدار پیوستگی بافتی نمونه بهینه در روز چهاردهم نگهداری بالاتر از نمونه شاهد است.

جدول 5- مقایسه میانگین نمونه‌های شاهد و بهینه از نظر ویژگی‌های شیمیایی، رطوبت، دانسیته ظاهری و شاخص‌های رنگ محصول

متغیرهای وابسته	شاهد	بهینه
آهن (mg/100)	0/58 ± 0/006 b	1/25 ± 0/05 a
کلسیم (mg/100)	48/50 ± 0/20 b	60/76 ± 0/51 a
پتاسیم (mg/100)	75/76 ± 3/66 b	141/16 ± 3/37 a
فسفر (mg/100)	118/50 ± 2/296 b	128/96 ± 1/82 a
پروتئین (g/100)	7/73 ± 0/11 b	10/83 ± 0/05 a
خاکستر (g/100)	0/95 ± 0/47 b	1/05 ± 0/01 a
فیبر خام (g/100)	1/64 ± 0/13 b	2/17 ± 0/09 a
چربی (g/100)	12/90 ± 0/20 a	13/23 ± 0/40 a
رطوبت	20/23 ± 0/20 b	21/73 ± 0/11 a
دانسیته ظاهری	0/49 ± 0/02 a	0/51 ± 0/01 a
L (پوسته)	67/79 ± 1/83 a	55/70 ± 1/54 b
a (پوسته)	30/44 ± 1/13 a	26/12 ± 0/48 b
b (پوسته)	32/76 ± 1/29 a	26/02 ± 1/64 b
L (مغز)	72/35 ± 1/36 a	61/83 ± 0/66 b
a (مغز)	-12/15 ± 1/63 b	-3/78 ± 0/60 a
b (مغز)	36/16 ± 1/32 a	25/81 ± 0/88 b

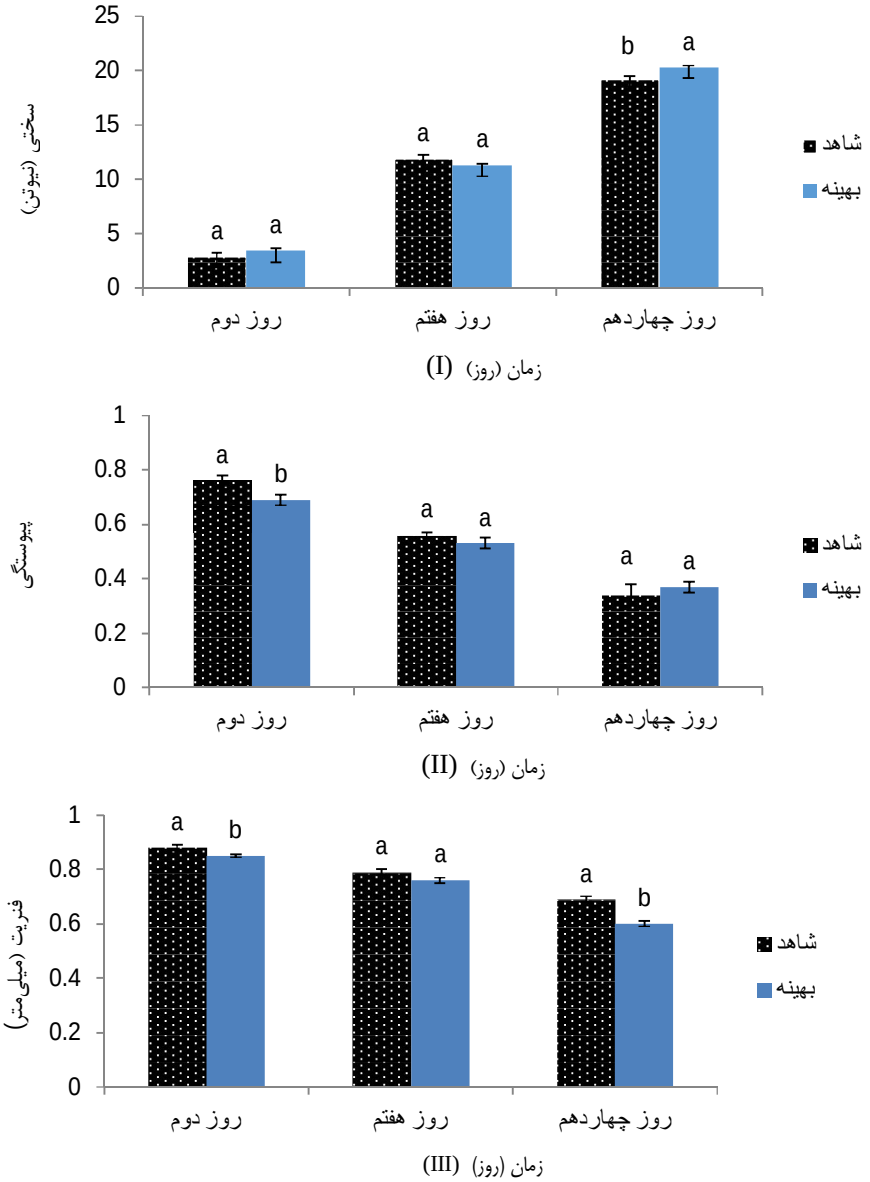
در هر سطر اعداد دارای حروف متفاوت از نظر آماری با هم تفاوت دارند. $P \leq 0/05$

با توجه به شکل 8 قسمت (III) ملاحظه می‌شود که فنریت بافت نمونه‌ها در طول انبارمانی کاهش یافته است که این پدیده به‌واسطه کاهش خصوصیت الاستیک بافت محصول با گذشت زمان است. در نمونه‌های شاهد و بهینه مورد مقایسه، اختلاف اندکی در میزان فنریت بافت وجود دارد که کمیت این اختلاف در روزهای دوم و چهاردهم معنی‌دار ولی در روز هفتم تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نمی‌شود.

به‌طور کلی مقایسه ویژگی‌های بافتی دو نمونه بهینه و شاهد در بدو تولید و حین زمان نگهداری نشان از تشابه خصوصیات بافتی آنها دارد. جوانه عدس محتوی فیبر بالایی دارد که از دید تکنولوژیکی به‌دلیل ظرفیت اتصال آب باعث بهبود حفظ رطوبت و افزایش لطافت بافتی محصول می‌شود. خاصیت جذب آب فیبر هم به‌دلیل تعداد زیاد گروه‌های هیدروکسیل موجود در مولکول‌های فیبر است که اجازه تعامل بیشتر به آب از طریق پیوندهای هیدروژنی را می‌دهد. فعالیت آنزیم همی‌سلولاز در افزایش گروه‌های هیدروکسیل آزاد و بهبود جذب آب فیبر مؤثر است. گلوتن نیز با ایجاد ساختاری ویسکوالاستیک کمک شایانی در بهبود بافت، تأخیر در سرعت بیاتی محصول و افزایش طول عمر و قابلیت نگهداری محصول می‌کند (یارمند و همکاران، 1384).

نتیجه‌گیری

جوانه حبوبات از جمله عدس حاوی مقادیر زیادی ترکیبات فراسودمند و بهبود دهنده سلامتی هستند. در این مطالعه با هدف غنی‌سازی کیک، جایگزینی 25 درصد آرد جوانه عدس با آرد گندم صورت گرفت و به‌منظور تعدیل و بهبود ویژگی‌های کیفی محصول و کاهش تأثیر منفی این جایگزینی از آنزیم همی‌سلولاز و گلوتن فعال استفاده شد. نتایج نشان داد که متغیرهای مستقل مورد استفاده تأثیر قابل ملاحظه‌ای در بهبود ویژگی‌های فیزیکی (رطوبت، دانسیته و رنگ)، بافتی (سختی، پیوستگی و فنریت) محصول دارند. ویژگی‌های نمونه بهینه با 25% جایگزینی آرد عدس با آرد گندم در فرمولاسیون که دارای 3% پودر گلوتن فعال و 50ppm آنزیم همی‌سلولاز است از لحاظ بسیاری از پارامترهای فیزیکی و بافتی قرابت بسیار زیادی با نمونه معمول تهیه شده با آرد گندم در بدو تولید و حین نگهداری دارد. بررسی و مقایسه ترکیبات شیمیایی دو نمونه بهینه و شاهد نشان از افزایش بسیاری از املاح از جمله آهن، کلسیم، پتاسیم، فسفر، محتوی پروتئین و فیبر نمونه بهینه می‌دهد. از این‌رو غنی‌سازی طبیعی این فرآورده خصوصا از لحاظ ریزمغذی آهن بدون تأثیر منفی بر ویژگی‌های کیفی محصول با استفاده از آرد جوانه عدس میسر است. توصیه می‌شود با توجه به ارزش تغذیه‌ای بی‌نظیر جوانه غلات و حبوبات، از این ترکیبات در فرمولاسیون محصولات غذایی استفاده بیشتری به عمل آید و هم‌زمان از به‌کارگیری افزودنی‌های مناسب در کاهش تأثیر آنها بر ویژگی‌های بافتی و حسی محصول بهره‌گیری شود.



شکل 4- مقایسه ویژگی‌های بافتی نمونه‌های شاهد و بهینه در طول انبارمانی

منابع

پیله‌وران، م.، توکلی‌پور، ح.، بیرقی طوسی، ش. و شفافی زنوزیان، م.، 1393، بهینه سازی فرمولاسیون کیک یزدی کم کالری با استفاده از شیرین کننده‌های استویوزید، ایزومالت و سوربیتول، اولین همایش ملی میان وعده‌های غذایی، پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی جهاد دانشگاهی مشهد.

رشمه کریم، ک.، سعیدی، ع.، حامدی، م. و ایرانی، پ.، 1380، اثر زیر واحدهای گلوتنین چند رقم تجاری گندم بر کیفیت نان لواش، نهال و بذر، جلد 17، شماره 3، 274-262.

زارع نژاد، ف.، پیغمبردوست، س.ه. و آزادمرد دمیرچی، ص.،1393، اثر افزودن جوانه گندم خام و تثبیت شده بر خواص کیفی کیک قالبی، نشریه

پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران، جلد 10، شماره 3، 248-241.

طهماسبی پور، م.، دهقان نیا، ج.، سیدلو هریس، س.ص. و قنبرزاده، ب.،1393، مدلسازی تغییرات رنگی طی خشک کردن انگور پیش تیمار شده با فراصوت و کربوکسی متیل سلولز و بررسی ویژگیهای حسی آن، فصلنامه علوم و فناوری های نوین غذایی، سال اول، شماره 4، 79-61.

موسسه استاندارد و تحقیقات ملی ایران. 1374، تقسیم‌بندی علمی، صنعتی، فراورده‌های شیرینی و قنادی. 2705، 2706، 2862، 3105، 9266، 9639-2، 19052.

مهدویان، س.، الهامی راد، ا.ح.، شیخ الاسلامی، ز. و عبداله زاده، ق.،1390، بررسی تاثیر سطوح مختلف ترکیب گلوتن و نشاسته بر کیفیت نان بربری نیمه حجیم به روش پردازش تصویر، همایش ملی صنایع غذایی (فن آوری های نوین، کنترل کیفیت و بسته بندی مواد غذایی)، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قوچان، 10-9 اسفند.

ناصحی، ب.، مرتضوی، س.ع. و زنگنه، ح.،1390، بررسی تاثیر گلوتن بر ویژگی‌های اسپاگتی حاوی آرد کامل سویا، فصلنامه علـوم و صـنایع غذایی، جلد 32، شماره 2، 59-51.

یارمند، م.س. و سیدین اردبیلی، س.م.،1384، اثر گلوتن و آرد مالت جو بر روی بیاتی و کیفیت نان بربری، مجله علوم کشاورزی ایران، جلد 36، شماره 3، 602-591.

AACC., 2003, Approved methods of the american association of cereal Chemists.

AOAC, 1984, Official methods of analysis (14th ed.). Washington, DC: Association of Official Agricultural Chemists.

Abbès, F., Bouaziz, M., Blecker, C., Masmoudi, M., Attia, H., Besbes, S., 2011, Date syrup: Effect of hydrolytic enzymes (pectinase/cellulase) on physicochemical characteristics, sensory and functional properties. LWT - *Food Science and Technology*, 44, 1827-1834.

Al-Hooti, S.N., Sidhu, J.S., Al-Saqer, J.M., Al-Othman, A., 2002, Effect of raw wheat germ addition on the physical texture and objective color of a designer food (*pan bread*). *Die Nahrung*, 46, 68-72.

Al-Numair, K.H., Ahmed, S., Al-Assaf, A., Alamri, M., 2009, Hydrochloric acid extractable minerals and phytate and polyphenols contents of sprouted faba and white bean cultivars. *Food Chemistry*, 113, 997–1002.

Amoros, M., Hernandez, T., Estrella, I., 2006, Effect of germination on legume phenolic compounds and their antioxidant activity. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19, 277-283.

Anton, A., Lukow, O., Fulcher, R., Arntfield, S., 2009, Shelf stability and sensory properties of flour tortillas fortified with pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) flour: Effects of hydrocolloid addition. LWT- *Food Science and Technology*, 42, 23–29.

Bansal, S., Sudha, M.L., 2011, Nutritional, microstructural, rheological and quality characteristics of biscuits using processed wheat germ. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 62, 474-479.

Bhol, S., Bosco, S., 2014, Influence of malted finger millet and red kidney bean flour on quality characteristics of developed bread. LWT - *Food Science and Technology*, 55, 294-300.

Giménez, M.A., Drago, S.R., Greef, D., Gonzalez, R.J., Lobo, M.O., Samman, N.C., 2012, Rheological, functional and nutritional properties of wheat/broad bean (Vicia faba) flour blends for pasta formulation. *Food Chemistry*, 134, 200-206.

Gomez, M., Gonzalez, J., Oliete, B., 2011, Effect of Extruded Wheat Germ on Dough Rheology and Bread Quality. *Food Bioprocess Technol*, 5 (6), 2409-2418.

Lebesi, D., 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.

Mohammeda, I., Ahmed, A., Senge, B., 2012, Dough rheology and bread quality of wheat-chickpea flour blends. Industrial Crops and Products, 36, 196–202.

Paraskevopoulous, A., Kiosseoglou, V., 1997, Texture Profile Analysis of Heat-Formed Gels and Cakes Prepared with Low Cholesterol Egg Yolk Concentrates. *Journal of Food Science*, 62, 208-211.

Petitot, M., Boyer, L., Minier, C.H., Micard, V., 2010, Fortification of pasta with split pea and faba bean flours: Pasta processing and quality evaluation. *Food Research International*, 43, 634-641.

Purlis, E., 2010, Browning development in bakery products – A review. Journal of Food Engineering, 99, 239-249.

Rosental, A.J., 1995, Application of aged egg in enabling increased substitution of sucrose by Littese (polydextrose) on high ratio cakes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 68, 127-131.

Suleiman, M., Eltyeb, M., Abbass, M., Ibrahim, E., Babiker, E., Eltinay, A., 2007, Changes in chemical composition, phytate, phytase activity and minerals extractability of sprouted lentil cultivars. *Journal of Biological Sciences*, 7 (5), 776-780.

Swieca, M., Baraniak, B., Gawlik-Dziki, U., 2013, In vitro digestibility and starch content, predicted glycemic index and potential in vitro antidiabetic effect of lentil sprouts obtained by different germination techniques. *Food*

Chemistry, 138, 1414-1420.

Valverde, C., Frıas, J., Sierra, I., Blazquez, I., Lambien, F., Kuo, Y-H., 2002, New functional legume food by germination. Effect on the nutritive value of beans, lentils and peas. *European Food Research and Technology*, 215, 472-476.

Wilderjans, E., Pareyt, B., Goesaert, H., Brijs, K., Delcour, J., 2008, The role of gluten in a pound cake system: A model approach based on gluten-starch blends. *Food Chemistry*, 110, 909–915.

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 14, No. 2, June. July. 2018, p. 411-426

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 14، شماره 2، خرداد-تیر 1397 ص 426-411

Effects of active gluten and hemicellulase enzyme on improvent of qualititative properties of fortified cake with sprouted lentil

F. Bahrami Maghsudbeki[1], H. Abbasi[*2], M. Goli[2]

Received: 2016.11.27
Accepted: 2017.05.27

Introduction: Legumes are suitable sources in nutraceutical properties due to existence of anticancer, antioxidant and also significant antimicrobial substances. Different processing such as soaking, peeling and germinating improves nutritional value and bioavailability of minerals such as calcium, iron and phosphorus content of legumes and based on the literature review, germination is the best method among the others. The results of previous researches demonstrated significant improvement of nutraceutical and farmoceutical properties of products due to germination. In legumes, sprouted lentil has higher nutritional value such as minerals and essential amino acids than others. Cereal based products, especially products of wheat flour such as bread, pastries, biscuits and etc are used generally as a staple food around the world. Cake is one of the widely used confectionary cereal based product that its nutritional quality is important in public health. According to deficiency of wheat flour from many essential amino acids and important minerals such as iron, the aim of present study was to employ natural enrichment of cake with sprouted lentile and improving the qualitative characteristics of products using active gluten and hemicellulase enzyme. Due to the existence of problems in enrichment of wheat flour with iron due to difficulties in uniform distribution of particles and creation of unsuitable organoleptic properties in the products, currently, iron enrichment is limited to whole flour in Iran. Therefore, the results of the present research could an alternative way for flour enrichment with iron and other nutrients.

Materials and method: In order to prepare sprouted lentil flour, the “official” lentil variety was prepared and treated at ambient temperature (24°C) and suitable humidity (90%) in dark place in order to germinate and increase the shoot height to 1.5 cm. The sprouted lentils were dried at room temperature in shadow. Then, they were milled and sieved in order to achieve suitable particle size. At the beginning step, sprouted lentil flour and wheat flour were evaluated in terms of protein, moisture, ash, fat and minerals such as iron, calcium, potassium and phosphorus. After numerous pre-tests by experts in cereal technology, the usable quantities of sprouted lentil flour according to organoleptic characteristics of the product, was considered 25% of batter’s flour. Improving the textural characteristics of products due the negative effects of germinated lentils flour was considered using independent variables of present study (hemi-cellulase enzymes at 0, 25 and 50 ppm levels and active gluten powder at %0, %1/5 and %3). Sprouted lentil flour was treated for 30 minutes with enzyme before using in batter formulation. Prepared samples with 25% replaced sprouted lentil with wheat flour and hemicellulase (0, 25, 50 ppm) and active gluten (%0, %1.5, %3) were investigated in terms of volume, bulk density, color properties of crust and crumb, moisture content, textural properties (hardness, cohesiveness and springiness) and also sensorial properties. Prepared product based on optimized formulation according to the results of chemical, physical and sensorial analysis was evaluated in staling rate, the quantities of fat, protein, ash, fiber and minerals such as iron, calcium, phosphorus, potassium and its results were compared to control. Data was analyzed according to the factorial experiments based on completely randomized design by SAS software (version 9.2), and the means were compared by LSD test at 5 significance percent level. Statistical evaluation of sensorial properties was also done based on qualitative method of Kruskal-Wallis.

Results and Discussion: In chemical composition of wheat and sprouted lentil flour, there were significant differences between two samples in terms of protein, ash, and minerals content such as iron, calcium,

1 and 2. Graduated MSc student and Assistant professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran
(*Corresponding author email: H.Abbasi@khuisf.ac.ir)

phosphorus and potassium. But, there was no significant difference in fat content. The quantity of iron in lentil flour was five times more than that of wheat flour, calcium was double, potassium was seven times and phosphorus was six times more than that of wheat flour. Also, sprouted lentil flour showed higher protein content than wheat flour. Addition of sprouted lentils to batter formulation increased moisture content of the sample than the same one prepared only with wheat flour. Gluten and hemicellulase had significant effects on reducing the apparent density of samples and improving the physical, sensorial and textural characteristics of the product. In this regard, the hardness of sample's crumb were decreased and theirs cohesiveness and springiness were increased significantly. According to the results of the present study, the addition of gluten and hemicellulase enzyme was improved color properties, especially in crust position. Therefore, independent variables were effective in improvement of qualitative properties of products. Finally, the optimal sample based on physical, textural and sensorial evaluation was introduced a sample with 25% sprouted lentil flour, 3% active gluten and 50 ppm hemicellulase enzymes. The optimum sample was closed to wheat control sample in the case of the qualitative characteristics. Comparison of textural characteristics of optimum and control samples during storage was indicated the similar characteristics of them. Sprouted lentil flour was a rich material in fiber with high water binding capacity in technological point. Therefore, it improved moisture retention and softness of texture. As well as, comparison the textural qualitative characteristics of the selected and control samples (prepared with wheat flour completely without additives) was shown a very high affinity in them. The products made with sprouted lentil had significantly higher nutritional value in protein, ash, crude fiber and minerals such as iron, calcium, potassium and phosphorus content than control. The iron content of optimum sample was more than twice of the control. Therefore, the results of the present research are effective in production of the functional product with improved nutritional characteristics. Due to the unique nutritional value of grain, more sprouted bean is recommended to use in food product formulation, and at the same time suitable additives are used for reducing their impact on the textural and sensorial properties of product.

Keywords: Enrichment, Cake, sprouted Lentil, Gluten, Hemicellulose