

## بررسی تأثیر جایگزینی آرد سیب زمینی-برنج با آرد کینوآی جوانه زده بر ویژگی‌های بافتی و پذیرش کلی نان قالبی بدون گلوتن

غلامحسین حقایق<sup>۱\*</sup>، نفیسه زاوه زاد<sup>۲</sup>

۱-استادیار گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملی زابل

۲-کارشناس ارشد علوم و صنایع غذایی

(تاریخ دریافت: ۹۷/۱۲/۰۲ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۲/۰۷)

### چکیده

در این تحقیق از آرد کینوآی جوانه زده در سطوح صفر، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد به عنوان جایگزین آرد در فرمولاسیون نان قالبی بدون گلوتن بر پایه آرد سیب زمینی-برنج استفاده شد و میزان پروتئین، رطوبت، تخلخل، حجم مخصوص، سفتی بافت (۱ و ۷۲ ساعت پس از پخت) و پذیرش کلی نمونه‌های تولیدی ارزیابی گردید. یافته‌های این پژوهش نشان داد با افزایش سطح آرد کینوآی جوانه زده در فرمولاسیون اولیه، بر میزان پروتئین و رطوبت نمونه‌های تولیدی افزوده شد. این در حالی بود که نمونه حاوی ۱۰ آرد کینوآی جوانه زده از بیشترین میزان حجم مخصوص، نرم‌ترین بافت در دو بازه زمانی ۱ و ۷۲ ساعت پس از پخت و بیشترین امتیاز پذیرش کلی برخوردار بود. همچنین نتایج حاکی از آن بود نمونه حاوی ۱۰ و ۱۵ درصد آرد کینوآی جوانه زده دارای بیشترین میزان تخلخل بافت در مقایسه با سایر نمونه‌ها بودند.

**کلید واژگان:** آلفاآمیلاز، پروتئین، کینوآ جوانه زده، نان قالبی بدون گلوتن.

\*مسئول مکاتبات: haghayegh.2019@yahoo.com

## ۱- مقدمه

در سال‌های اخیر گندم سیاه، آمارانت و کینوآ به‌عنوان گیاهان جدید مطرح شده‌اند. این شبه غلات فاقد گلوتن بوده و برای بیماران سلیاکی و آن دسته از افراد که عدم تحمل گلوتن دارند، مناسب است [۱]. کینوآ با نام علمی (*Cheno podium quinoa Willd*) از خانواده *Chenopodiaceae* است [۲]. میزان لیزین دانه‌های این گیاه بالاتر از گندم است و برای تعادل غذایی انسان مطلوب است. کینوآ از نظر سدیم فقیر بوده ولی از نظر کلسیم، فسفر، منیزیم، پتاسیم، آهن، مس و منگنز نسبت به گندم، جو و ذرت برتری دارد. همچنین به لحاظ چربی، کربوهیدرات و ویتامین نیز غنی‌تر از گندم است [۱ و ۳]. جوانه غلات و شبه غلات حاوی مواد مختلفی مانند پروتئین، قندهای محلول، چربی (اسیدهای چربی نظیر اسید لینولئیک و اسید لینولئیک)، املاح و ویتامین‌ها شامل کاروتن، ویتامین B<sub>1</sub>، B<sub>6</sub>، فولیک اسید و پتوتتیک اسید است [۴ و ۵]. اضافه کردن غلات و شبه غلات جوانه‌زده به غذا می‌تواند بافت و طعم آن را تغییر دهد. افزایش مواد عملگرایی مانند بتاگلوکان و گاما-آمینو بوتریک اسید پس از جوانه‌زنی و همچنین ضریب قابلیت هضم موادی مانند پروتئین، فسفر و کلسیم افزایش می‌یابد. به طور کلی ارزش تغذیه‌ای غلات و شبه غلات جوانه‌زده بسیار بالاتر از حالت معمولی آن‌هاست [۶ و ۷]. همچنین لازم به ذکر است آرد غلات و شبه غلات حاصل از دانه‌هایی که جوانه آن‌ها فعال نشده، دارای مقادیر زیادتری بتاآمیلاز بوده، اما فعالیت کم آلفاآمیلاز، تولید قندهای قابل تخمیر در خمیر را کاهش داده و باعث کاهش حجم نان و کم رنگ شدن رنگ و سخت شدن پوسته نان می‌شود که این امر دلیلی برای استفاده از جایگزین‌های آلفاآمیلازی است. عمل جوانه‌زنی غلات و شبه غلات می‌تواند برای خصوصیات رئولوژیکی خمیر و ویژگی‌های مغز و پوسته نان و بافت آن مؤثر باشد [۸]. هالن و همکاران (۲۰۰۴) درصد‌های مختلفی از لوبیای چشم بلبلی (*Cowpa*) جوانه‌زده یا تخمیر شده را در آرد گندم برای تولید نان به کار بردند و اعلام کردند که با افزایش آرد این لوبیا میزان پروتئین، خاکستر و رنگ افزایش یافت. این محققان نیز گزارش کردند جذب آب نیز افزایش یافت و به طور کلی نتایج قابل قبول تری از نان آزمایشی

نسبت به نمونه کنترل بدست آمد [۹]. لیم و همکاران (۲۰۰۴) کیفیت تغذیه‌ای و ویژگی‌های حسی نان و نوعی سوپ (*Porridge*) را ارزیابی نمودند که از نوعی حبوبات جوانه‌زده به نام بمبارا (*Bambara*) تولید شدند. میزان و قابلیت هضم پروتئین در این محصولات افزایش یافت، اما مقدار چربی، کربوهیدرات، فیبر خام و تانن کاهش یافت. در همه محصولات تولیدی تفاوت قابل ملاحظه‌ای در آزمون‌های حسی مشاهده نشد [۱۰]. محمدزاده میلانی و همکاران (۱۳۹۷) تأثیر آرد سویای جوانه‌زده و معمولی بر کیفیت نان بربری را مطالعه نمودند. نتایج این محققان نشان داد میزان رطوبت نمونه‌های حاوی آرد سویای جوانه‌زده نسبت به نمونه حاوی آرد سویای معمولی بیشتر بود. همچنین نمونه حاوی آرد سویای جوانه زده از تقارن بیشتری نسبت به سایر نمونه‌ها برخوردار بود. ویژگی‌های حسی نیز حاکی از آن بود که جز شاخص رنگ بین شاهد و سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری در سطح آماری ۵ درصد مشاهده نشد. نمونه حاوی آرد سویای جوانه زده از امتیاز رنگ کمتری نسبت به نمونه حاوی آرد سویای معمولی برخوردار بود [۱۱]. ماکنین و آرنه (۲۰۱۲) از یولاف جوانه‌زده حاوی آنزیم آلفاآمیلاز با سطوح مختلف در فرمولاسیون نان استفاده نمودند و بیان کردند حداقل غلظت مورد استفاده جهت دستیابی به ویژگی‌های مطلوب بافت نان و افزایش حجم قرص آن، سطح ۵ درصد بود. این محققان علت این امر را بهبود پایداری حفره‌های گاز به علت فعالیت آنزیمی غله جوانه زده دانستند [۱۲].

بنابراین در این تحقیق به جایگزین نمودن بخشی از مخلوط آرد سیب زمینی و برنج با سطوح متفاوت (صفر، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد) آرد کینوآ جوانه‌زده (با توجه به مزایای تغذیه‌ای این شبه غله و افزایش ارزش غذایی و آنزیم آلفاآمیلاز در آن طی فرآیند جوانه‌زنی) در فرمولاسیون نان قالبی بدون گلوتن پرداخته شد و ویژگی‌های تکنولوژیکی و حسی محصول هدف بررسی گردید.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- مواد

آرد سیب زمینی با ۱۰/۰۹ درصد رطوبت، ۳/۱۷ درصد خاکستر، ۱۰/۶۶ پروتئین، ۷۹/۷ درصد نشاسته و آرد برنج با ۱۰/۱ درصد

برنج از فرمول ذیل استفاده شد: آرد (۱۰۰ گرم)، آب (۱۰۰ گرم) یا برابر با وزن آرد، نمک (۱/۵ گرم)، شکر (۱ گرم)، روغن (۱ گرم)، مخمر ساکارومایسس سروزیه (۲ گرم) صمغ گزانتان ۲ درصد صمغ گوار و ۰/۶ درصد صمغ گزانتان تولید شدند. برای تولید نان ابتدا کلیه مواد جامد در مخزن همزن با یکدیگر مخلوط شدند و آب مورد نیاز به آن‌ها افزوده گردید و خمیر با ۱۵۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه هم زده شد و ۱ درصد روغن در دقیقه ششم به فرمولاسیون اضافه شد. تخمیر اولیه در محفظه تخمیر با رطوبت نسبی ۸۰ درصد و دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه انجام شد. خمیرها به قطعات ۵۰ گرمی تقسیم شده و در قالب‌هایی با قطر و ارتفاع ۴ سانتی‌متر قرار داده شدند. تخمیر نهایی به مدت ۴۰ دقیقه در محفظه تخمیر با دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۸۰ درصد انجام شد. بعد از بخارزنی ۱۰ ثانیه‌ای عمل پخت در فر گردان با دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد و مدت زمان ۲۰ دقیقه انجام شد. پس از سرد شدن (به مدت ۱ ساعت)، هر یک از نمونه‌ها در کیسه‌های پلی‌اتیلنی تا انجام آزمایشات، بسته‌بندی و در دمای محیط نگهداری شدند. لازم به ذکر است آرد کینوآ جوانه زده در سطوح صفر، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد جایگزین بخشی از مخلوط آرد سیب زمینی-برنج شد. به طور مثال نمونه حاوی ۵ درصد آرد کینوآ جوانه زده حاوی ۴۷/۵ درصد آرد سیب زمینی و ۵۷/۵ درصد آرد برنج بود.

#### ۴-۲-۴- پروتئین

مقدار پروتئین نمونه‌های نان با استفاده از روش کلدال و از استاندارد AACC، شماره ۲۰۰۰، ۱۲-۴۶ اندازه‌گیری شد [۱۶].

#### ۴-۲-۵- رطوبت

جهت انجام این آزمایش که در فاصله زمانی ۱ و ۷۲ پس از پخت بود، از استاندارد AACC، شماره ۲۰۰۰، ۱۶-۴۴ استفاده گردید [۱۶].

#### ۴-۲-۶- حجم مخصوص

برای اندازه‌گیری حجم مخصوص در فاصله زمانی ۱ ساعت پس از پخت، قطعه‌ای به ابعاد ۲×۲ سانتی‌متر از مرکز هندسی نان

رطوبت، ۰/۳۲ درصد خاکستر، ۸۱ درصد نشاسته، ۷/۲۵ درصد پروتئین و صفر درصد گلوتن از بازار محلی تهیه شد. بدین منظور، آرد مورد نیاز برای انجام آزمایشات یکجا تهیه و در سردخانه نگهداری گردید. سایر مواد مورد نیاز در آزمایشات شامل روغن، شکر و نمک از یک فروشگاه‌های معتبر و مخمر مورد استفاده (ساکارومایسس سروزیه) که به شکل پودر مخمر خشک فعال و به صورت بسته‌بندی وکیوم بود، از شرکت خمیرمایه رضوی (مشهد، ایران)، صمغ گوار با نام تجاری MEYPROtm GUAR (E412) و صمغ گزانتان با نام تجاری RHODIGELTM (XANTHAN) GUM (E415) از شرکت رودیا (فرانسه) خریداری شد. همچنین دانه کینوآ از شرکت کیان فود (تهران-ایران) تهیه گردید. لازم به ذکر است دانه کینوآ با ۶۶/۹ درصد کربوهیدرات، ۶/۱ درصد چربی، ۱۶/۱ درصد پروتئین، ۱۰/۳ درصد رطوبت خریداری شد.

#### ۲-۲- تهیه آرد کینوآ جوانه زده

جهت تهیه آرد کینوآ جوانه زده از روش صحرائیان (۱۳۹۵) و مامدی و همکاران (۱۳۹۶) با تغییراتی استفاده شد [۱۳ و ۱۴]. ۵۰۰ گرم دانه کینوآ تمیز شده در آب ۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت دو شبانه روز خیسانده شد. پس از رسیدن رطوبت دانه به مقدار مناسب برای جوانه زنی (۴۰ درصد) آب اضافی جدا و در اتاقک جوانه زنی (با ابعاد ۳۸×۲۲×۹) جهت رسیدن به حداکثر قدرت آنزیمی در دمای محیط-۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴ روز قرار گرفت. در ادامه دانه‌های جوانه زده در خشک کن هوای گرم (ممرت-آلمان) با دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به رطوبت حدود ۱۰ درصد خشک گردیدند. در انتها دانه‌های جوانه زده خشک شده جهت تبدیل به پودر به دستگاه آسیاب (پارس خزر، ایران) منتقل شد. آرد تهیه شده حاوی ۶۶/۷ درصد کربوهیدرات، ۶/۳ درصد چربی، ۱۵/۶ درصد پروتئین و ۱۰/۵ درصد رطوبت بود.

#### ۲-۳- تهیه نان قالبی بدون گلوتن

جهت تهیه نان بدون گلوتن از فرمولاسیون صحرائیان و همکاران (۱۳۹۳) استفاده شد [۱۵]. البته از طریق آزمون و خطا در فرمولاسیون این محققان تغییراتی ایجاد شد. در نهایت برای تهیه خمیر نان قالبی بر پایه ۵۰ گرم آرد سیب زمینی و ۵۰ گرم آرد

$$Q = \frac{\sum (P \times G)}{\sum P}$$

$Q$  = پذیرش کلی (عدد کیفیت نان)،  $P$  = ضریب رتبه صفات و  $G$  = ضریب ارزیابی صفات.

## ۲-۱۰- تجزیه و تحلیل آماری

نتایج بدست آمده در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم‌افزار Mstat-c نسخه ۱/۴۲ مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. بدین ترتیب میانگین سه تکرار با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد ( $P < 0.05$ ) مقایسه گردید و جهت رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد. لازم به ذکر است برای آزمون حسی ۳۰ تکرار در نظر گرفته شد. تکرارها در ارزیابی حسی برابر با تعداد داورها بود و از آنجا که برای هر نمونه سه بار پخت لحاظ شد و در هر پخت، پنج داور چشایی نمونه‌ها را ارزیابی نمود، در نهایت پانزده تکرار برای هر نمونه نان (هر تیمار) وجود داشت.

## ۳- نتایج و بحث

### ۳-۱- پروتئین

نتایج (شکل ۱) نشان می‌دهد با افزایش جایگزینی آرد سیب زمینی-برنج با آرد کینوآی جوانه زده بر میزان پروتئین نان‌های قالبی تولیدی به طور معنی‌داری در سطح آماری ۵ درصد افزوده شد. میزان پروتئین دانه کینوآ بین ۱۴-۲۰ درصد متغیر است و این شبه غله به لحاظ میزان پروتئین و همچنین حضور اسیدهای آمینه ضروری مانند متیونین و لیزین نسبت به سایر غلات حتی گندم غنی‌تر است [۱۹]. کراپا-کوزاک و همکاران (۲۰۱۱) با مطالعه در زمینه محصولات بدون گلوتن گزارش نمودند، این دسته از مواد غذایی به لحاظ پروتئین و مواد معدنی فقیر هستند و نیازمند غنی‌سازی با غلات و حبوبات با درصد پروتئین بیشتری می‌باشند [۲۰]. در تحقیق پیش رو و جایگزینی بخشی از آرد موجود در نان قالبی بدون گلوتن با آرد کینوآ، بر محتوای پروتئینی این محصول افزوده شد و در واقع محصولی فراسودمند با محتوای پروتئین بیشتر نسبت به نمونه شاهد تولید گردید.

قالبی تهیه گردید و از روش جایگزینی حجم با دانه کلزا<sup>۱</sup> مطابق با استاندارد AACC، شماره ۲۰۰۰-۱۰-۷۲ استفاده شد [۱۶].

### ۲-۷- تخلخل

به منظور ارزیابی میزان تخلخل مغز نان در بازه زمانی ۱ ساعت پس از پخت، از تکنیک پردازش تصویر استفاده شد. بدین منظور برشی به ابعاد ۲ در ۲ سانتی‌متر از مغز نان با استفاده از چاقو اره‌ای برقی تهیه گردید و به وسیله اسکنر (مدل: HP Scanjet G3010) با وضوح ۳۰۰ پیکسل تصویربرداری شد. تصویر تهیه شده در اختیار نرم‌افزار Image J<sup>۲</sup> قرار گرفت [۱۷ و ۱۸].

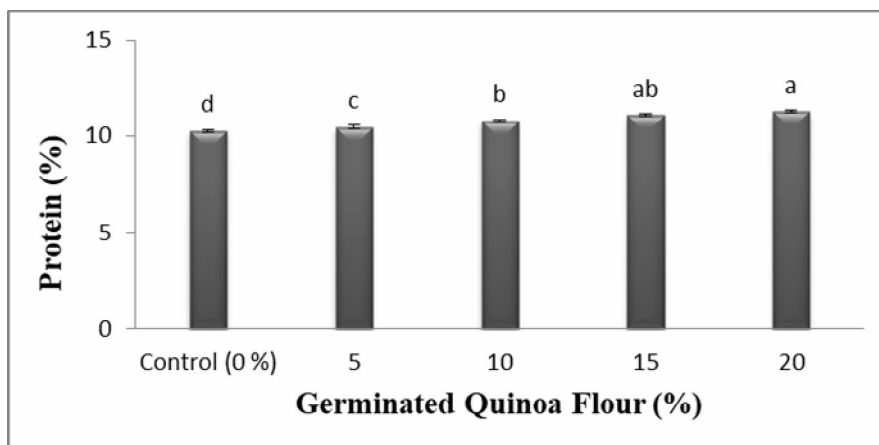
### ۲-۸- بافت

به منظور انجام آزمون فشاری از دستگاه بافت‌سنج QTS مدل CNS Farnell, UK ساخت کشور انگلستان ر بازه زمانی ۲ و ۷۲ ساعت پس از پخت استفاده شد. هدف اصلی این آزمون تعیین نیروی لازم جهت فشردن نمونه برای یک میزان فشردگی معین است. میزان استحکام به عنوان شاخصی از بیاتی نمونه در نظر گرفته می‌شود. برای انجام این آزمون از روش استاندارد AACC، شماره ۰۹-۷۴ استفاده شد. بدین منظور یک نمونه ۲۵ میلی‌متری از قسمت مرکزی نان جدا گردید. با استفاده از پروب مربوطه به قطر ۲۱ میلی‌متر آزمون فشاری (تراکم) در سرعت ۱۰ میلی‌متر بر دقیقه انجام شد. میزان سفتی و استحکام نان به عنوان ماکزیمم نیروی بدست آمده برحسب نیوتن طی اولین فشردگی است [۱۶].

### ۲-۹- ویژگی‌های حسی

بدین منظور ۱۰ داور انتخاب گردیدند و سپس خصوصیات حسی از نظر فرم و شکل، خصوصیات سطح بالایی، خصوصیات سطح پائینی، پوکی و تخلخل، سفتی و نرمی بافت، قابلیت جویدن و بو، طعم و مزه که به ترتیب دارای ضریب رتبه ۴، ۲، ۱، ۲، ۳ و ۳ بودند، مورد ارزیابی قرار گرفتند. ضریب ارزیابی صفات از بسیار بد (۱) تا بسیار خوب (۵) بود. با داشتن این معلومات، پذیرش کلی (عدد کیفیت نان) با استفاده از رابطه ذیل محاسبه گردید.

1. Rape seed displacement  
2. Image Processing and Analysis in Java



**Fig 1** The effect of germinated quinoa flour on protein of pan bread. Different letters show the statistically significant differences ( $P < 0.05$ ).

باشند. این محقق با افزودن سورگوم جوانه‌زده (مالت سبز سورگوم) به کیک روغنی بدون گلوتن، افزایش میزان رطوبت نمونه‌های تولیدی را گزارش نمود [۱۳]. علاوه بر این یقبنانی (۱۳۹۰) به این نتیجه دست یافت که پودر مالت غلات دارای مقداری پتوزان است که پتوزان محلول در آب بوده و قدرت جذب آب دارد و به موجب آن محلولی چسبنده و ویسکوز ایجاد می‌شود که در نگهداری رطوبت محصول نهایی در مرحله پخت و پس از آن دخیل است [۲۱]. همچنین نتایج ارزیابی میزان رطوبت نان‌های قالبی در بازه زمانی ۷۲ ساعت پس از پخت حاکی از برتری نمونه‌های حاوی آرد کینوآ در مقایسه با نمونه شاهد بود که این امر می‌تواند در به تأخیر انداختن بیاتی و حفظ نرمی و تازگی نان مؤثر باشد. البته لازم به ذکر است که از میزان رطوبت تمام نمونه‌های نان در بازه زمانی ۷۲ ساعت پس از پخت در مقایسه با نان تازه تولید شده کاسته شد که میزان کاهش رطوبت در نمونه شاهد بیش از سایر نمونه‌ها بود.

### ۳-۲-۳ رطوبت

نتایج میزان رطوبت نان‌های قالبی در بازه زمانی ۱ و ۷۲ ساعت پس از پخت در جدول ۱ آورده شده است. نتایج ارزیابی رطوبت ۱ ساعت پس از پخت نشان می‌دهد با افزایش آرد کینوآ جوانه‌زده بر میزان رطوبت نمونه‌های تولیدی به طور معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) افزوده شد. این امر نشان‌دهنده افزایش آبیگری خمیر نان با افزایش جایگزینی آرد سیب زمینی-برنج با آرد کینوآ جوانه‌زده است. افزایش محتوای پروتئینی در فرمولاسیون نان قالبی با افزودن آرد کینوآ جوانه‌زده یکی از عوامل مؤثر در افزایش میزان رطوبت نمونه‌های تولیدی است. زیرا گروه‌های قطبی موجود در طول پیوندهای پپتیدی پروتئین، خاصیت آبدوستی دارند و موجب افزایش ظرفیت نگهداری آب (رطوبت) طی فرآیند پخت و پس از پخت می‌شوند. همچنین صحرائیان (۱۳۹۵) براساس نتایج تحقیق خود بیان نمود دانه‌های جوانه‌زده غلات و شبه غلات دارای فعالیت آنزیمی هستند و از این طریق می‌توانند در افزایش میزان رطوبت محصولات بدون گلوتن مؤثر

**Table 1** The effect of germinated quinoa flour on moisture of pan bread

(% Germinated Quinoa Flour)	Moisture (%)	
	1 hour	72 hours
Control (0)	13.1 ± 0.5 <sup>e</sup>	7.7 ± 0.3 <sup>e</sup>
5	15.7 ± 0.2 <sup>d</sup>	13.8 ± 0.4 <sup>d</sup>
10	17.4 ± 0.5 <sup>c</sup>	16.9 ± 0.5 <sup>c</sup>
15	20.1 ± 0.2 <sup>b</sup>	18.9 ± 0.3 <sup>b</sup>
20	21.7 ± 0.2 <sup>a</sup>	20.4 ± 0.5 <sup>a</sup>

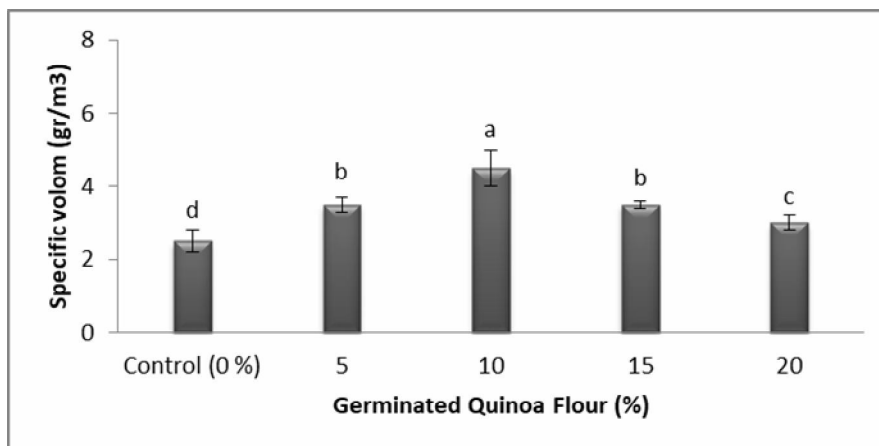
Different letters in each column show the statistically significant differences ( $P < 0.05$ ).

همانطور که نتایج (شکل ۲) نشان می‌دهد میزان حجم مخصوص تمام نمونه‌های تولیدی به طور معنی‌داری در سطح آماری ۵

### ۳-۳-۳ حجم مخصوص

حباب‌های هوا نقش داشت باشد [۲۲]. از سوی دیگر سیدهو و همکاران (۲۰۰۷) براساس یافته‌های تحقیق خود به این نتیجه دست یافتند تبخیر جزئی آب موجود در خمیر حین فرآیند پخت یکی از عوامل اثرگذار بر حجم محصولات نانویی حجیم و نیمه حجیم است و هر عاملی که به طور کامل از تبخیر آب موجود در فرمولاسیون این دسته از محصولات ممانعت کند، بر کاهش حجم اثرگذار خواهد بود [۲۳]. در اینجا به نظر می‌رسد دو عامل بر روند نزولی حجم مخصوص نمونه‌های نان پس از جایگزینی ۱۰ درصد آرد موجود در فرمولاسیون با آرد کینوآی جوانه‌زده نقش داشته است. عامل اول تولید بیش از حد دکسترین و ایجاد بافت چسبنده بیش از نیاز محصول هدف و در نتیجه آن ممانعت از انبساط سلول‌های گازی و عامل دوم افزایش محتوای پروتئینی و باند شدن ترکیبات قطبی آن با آب موجود در خمیر نان و عدم تبخیر جزئی آب در حین فرآیند پخت است. اما نباید این نکته را نادیده گرفت که حتی نمونه‌های حاوی ۱۵ و ۲۰ درصد آرد کینوآی جوانه‌زده از حجم بیشتری در مقایسه با نمونه شاهد برخوردار بودند ولی این احتمال وجود دارد با افزایش بیش از ۲۰ درصد آرد کینوآی جوانه زده در فرمولاسیون حجمی مشابه و حتی کمتر از نمونه شاهد مشاهده شود.

درصد بیش از نمونه شاهد بود. این در حالی است که با ۱۰ درصد جایگزینی آرد، بیشترین حجم مخصوص مشاهده شد. به نظر می‌رسد حضور بیشتر پروتئین در نمونه‌های حاوی آرد کینوآی جوانه‌زده به عنوان یک عامل توانسته به ساختار نان استحکام بیشتری بخشد و به موجب آن میزان بیشتری سلول‌های گازی (نشأت گرفته از فعالیت مخمر) در خمیر نان و حتی حین پخت در محصول هدف باقی بماند. همچنین حضور آنزیم آلفا آمیلاز در غلات و شبه غلات جوانه زده را نباید نادیده گرفت. حضور آنزیم آلفا آمیلاز با تبدیل نشاسته آسیب دیده به دکسترین و ایجاد اندکی چسبندگی که برای محصولات بدون گلوتن مطلوب است و تا حدودی می‌تواند عیوب کشش‌پذیری در این محصولات را اصلاح کند، قابلیت نگهداری سلول‌های هوای تولیدی طی فرآیند تخمیر را مهیا می‌سازد که این هوای ورودی در طی فرآیند پخت بر اثر افزایش دما انبساط پیدا کرده و باعث افزایش حجم محصول نهایی می‌گردد [۱۳]. در راستای افزایش حجم در نتیجه افزودن آنزیم آلفا آمیلاز به فرمولاسیون محصولات خمیری اکتاوایانی و ویببانو (۲۰۰۷) به نتایج مشابهی دست یافتند و بیان کردند دکسترین تولیدی در نتیجه حضور آنزیم آلفا آمیلاز در فرمولاسیون نان به جز ایجاد بافت جهت نگهداری حباب‌های هوا می‌تواند به‌عنوان غذای مخمر مصرف شود و در افزایش تعداد



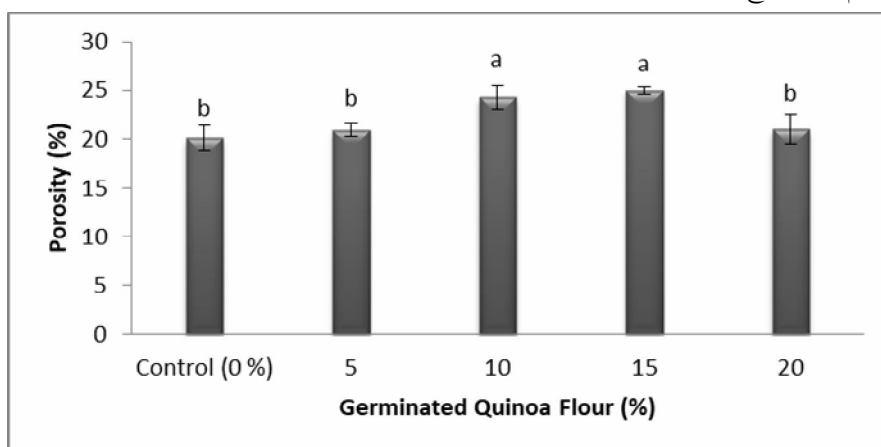
**Fig 2** The effect of germinated quinoa flour on specific volume of pan bread. Different letters show the statistically significant differences ( $P < 0.05$ ).

برخوردار بودند. یکی دیگر از پارامترهای مهم مغز محصولات نانویی، تخلخل است که به طور کلی اشاره به ساختار منافذ در مغز این دسته از مواد غذایی دارد و یکی از عوامل تأثیرگذار در خواص کیفی مغز محصولات صنایع پخت محسوب می‌شود

### ۳-۴-تخلخل

همانطور که نتایج (شکل ۳) نشان می‌دهد دو نمونه حاوی ۱۰ و ۱۵ درصد آرد جوانه کینوآی جوانه زده به طور معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) از میزان تخلخل بیشتری نسبت به سایر نمونه‌ها

سلول‌های گازی گشته، بنابراین هر سلول به طور مجزا و جداگانه باقی مانده و اندازه آن کوچکتر است که این موضوع خود بر افزایش تخلخل تأثیر چشمگیری دارد [۲۵]. در این پژوهش به نظر می‌رسد سطوح مصرفی ۱۰ و ۱۵ درصد آرد کینوآی جوانه‌زده در حفظ تعداد سلول‌های گازی و پخش یکنواخت آن‌ها بیش از سایر نمونه‌ها مؤثر بوده‌اند. این امر می‌تواند تحت تأثیر میزان پروتئین آرد کینوآی در سطوح ۱۰ و ۱۵ درصد و همچنین میزان مناسب دکسترین (مؤثر در چسبندگی بافت و افزایش غذای مخمر جهت تولید میزان بیشتر گاز) در نتیجه حضور آنزیم آلفا‌آمیلاز در آرد جوانه‌زده باشد.



**Fig 3** The effect of germinated quinoa flour on porosity of pan bread. Different letters show the statistically significant differences ( $P < 0.05$ ).

نگهداری رطوبت است، زیرا این مورد به شدت بر میزان بیاتی محصول تولیدی و افزایش سفتی آن طی انبارمانی اثرگذار است، از این رو قابل پیش‌بینی بود نمونه حاوی آرد کینوآی جوانه زده بخصوص دو نمونه حاوی ۱۰ و ۱۵ درصد ضمن محتوای رطوبتی بیشتر نسبت به نمونه شاهد به دلیل حجم مخصوص و تخلخل بالاتر از فشردگی کمتری برخوردار باشند و عدد سفتی گزارش شده توسط دستگاه بافت‌سنج که میزان نیروی لازم جهت فشردگی بافت را نشان می‌دهد، کمتر باشد و از آنجا که تمام نمونه‌های حاوی آرد کینوآی جوانه زده از رطوبت بیشتری نسبت به نمونه شاهد برخوردار بودند، انتظار تأخیر در بیاتی این نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد در بازه زمانی ۷۲ ساعت پس از پخت وجود داشت. در این راستا میلانی و همکاران (۱۳۹۷) به بررسی تأثیر آرد سویای جوانه‌زده و معمولی بر کیفیت نان بربری پرداختند. نتایج این محققان نشان داد نمونه‌های حاوی آرد سویای جوانه‌زده در مقایسه با نمونه حاوی آرد سویای معمولی

[۲۴]. از طرفی میزان تخلخل مغز بافت تحت تأثیر تعداد حفرات موجود در مغز بافت و همچنین نحوه توزیع و پخش این حفرات می‌باشد، که هرچه تعداد حفرات و سلول‌های گازی بیشتر باشد و توزیع و پخش آن‌ها یکنواخت‌تر صورت گرفته باشد، میزان تخلخل محصول نهایی بیشتر خواهد بود. اوزاک و همکاران (۲۰۰۹) در مطالعه خود بیان نمودند چنانچه صمغ‌ها در فرمولاسیون مواد غذایی در سطوح مناسب استفاده شوند به طوری که در پخش حباب‌های هوای موجود در نمونه اختلاالی ایجاد نکنند، از طریق کاهش بهم پیوستن سلول‌های گازی به دلیل ایجاد یک لایه ضخیم در سطح سلول‌ها، موجب پایداری

### ۳-۵-بافت

نتایج سفتی بافت در بازه زمانی ۱ ساعت پس از پخت (جدول ۲) نشان می‌دهد تنها دو نمونه حاوی ۱۰ و ۱۵ درصد آرد کینوآی جوانه‌زده به طور معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) دارای بافت نرم‌تری در مقایسه با سایر نمونه‌ها بودند. این در حالی است که نتایج ارزیابی سفتی بافت نمونه‌های تولیدی در بازه زمانی ۷۲ ساعت پس از پخت بیانگر برتری بافت نمونه‌های آرد کینوآی جوانه زده در مقایسه با نمونه شاهد است. این در حالی است که سه نمونه حاوی ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد آرد کینوآی جوانه‌زده به صورت مشترک نسبت به سایر نمونه‌ها (شاهد و نمونه حاوی ۲۰ درصد آرد کینوآی جوانه‌زده) از بافت نرم‌تری برخوردار بودند ( $P < 0.05$ ). عواملی نظیر میزان رطوبت، حجم مخصوص و تخلخل در میزان سفتی بافت نمونه‌های تولیدی در بازه زمانی بلافاصله پس از پخت دخیل است. اما مهمترین عامل در افزایش سفتی بافت محصولات نانویی طی مدت زمان نگهداری، حفظ و

و ویژگی‌های حسی نان حاوی نوعی حبوبات جوانه‌زده به نام بمبارا (Bambara) بررسی نمودند. این محققان مخلوط‌هایی از بمبارا جوانه زده-سورگوم و بمبارا جوانه زده-ذرت در نان استفاده نمودند و حضور آرد بمبارا جوانه زده را در نان حاوی آرد سورگوم و نان حاوی آرد ذرت عاملی مؤثر بر افزایش رطوبت و نرمی بافت (کاهش سفتی) دانستند [۱۰].

به دلیل محتوای رطوبتی بیشتر از بافت نرم‌تری برخوردار بود [۱۱]. هالن و همکاران (۲۰۰۴) درصدهای مختلفی از لوبیای چشم بلبلی (Cowpa) جوانه‌زده یا تخمیر شده را در آرد گندم برای تولید نان به کار بردند و اعلام کردند که با افزایش آرد این لوبیا میزان پروتئین، خاکستر و رنگ افزایش یافت. این محققان نیز گزارش کردند جذب آب نیز افزایش یافت و به موجب آن بافت نان نرم‌تر شد [۹]. لیم و همکاران (۲۰۰۴) کیفیت تغذیه‌ای

**Table 2** The effect of germinated quinoa flour on Firmness of pan bread

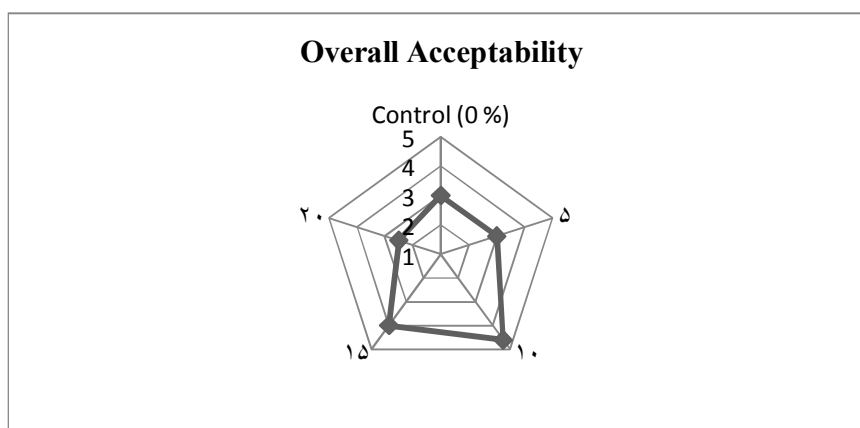
(% Germinated Quinoa Flour	Firmness (N)	
	1 hour	72 hours
Control (0)	22.9 ± 1.5 <sup>b</sup>	37.9 ± 1.5 <sup>a</sup>
5	21.6 ± 0.7 <sup>b</sup>	27.1 ± 0.6 <sup>b</sup>
10	15.4 ± 1.1 <sup>d</sup>	19.9 ± 0.9 <sup>d</sup>
15	19.1 ± 1.1 <sup>c</sup>	22.1 ± 0.6 <sup>c</sup>
20	24.9 ± 0.9 <sup>a</sup>	27.5 ± 1.1 <sup>b</sup>

Different letters in each column show the statistically significant differences ( $P < 0.05$ ).

بافت محصول را بر این پارامتر (بو و مزه) نباید نادیده گرفت. زیرا هرچه بافت نرم‌تر و قابلیت جویدن آن بیشتر باشد، رهایش مواد مولد عطر و طعم بیشتر خواهد بود و شاید وجود بافت سفت‌تر نمونه حاوی ۲۰ درصد آرد کینوآی جوانه‌زده در مقایسه با شاهد بر کاهش امتیاز بو و مزه و در نهایت امتیاز پذیرش کلی نقش داشته است. همچنین براساس گزارشات داوران چشایی نمونه‌های حاوی ۱۰ و ۱۵ درصد آرد کینوآی به دلیل داشتن رنگ بهتر و سطح هموارتر از خصوصیات سطح بالایی و پائینی بهتری برخوردار بودند و در نهایت بیش از سایر نمونه‌ها بر افزایش امتیاز پذیرش کلی مؤثر بودند.

### ۳-۶-پذیرش کلی

نتایج (شکل ۴) نشان می‌دهد نمونه حاوی ۱۰ و ۱۵ درصد آرد کینوآی جوانه‌زده به طور معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) از امتیاز پذیرش کلی بیشتری نسبت به نمونه شاهد برخوردار بودند. حصول چنین نتیجه‌ای دور از انتظار نبود زیرا بافت، حجم مخصوص و تخلخل در امتیاز فرم و شکل، سفتی و نرمی بافت و قابلیت جویدن مؤثرند و این پارامترها نیز به نوبه خود بر امتیاز پذیرش کلی بعد از اعمال ضرایب مربوطه که در بخش مواد و روش‌ها به آن پرداخته شده است، نقش دارند. همچنین ضمن اینکه داوران چشایی به نمونه‌های حاوی آرد کینوآی (بجز نمونه حاوی ۲۰ درصد از این آرد) امتیاز بیشتری به لحاظ بو و مزه دادند اما نوع



**Fig 4** The effect of germinated quinoa flour on overall acceptability of pan bread.



germinated cereals (wheat, barley and oat). Romanian Biotechnological Letters, 19(5): 9772-7.

- [7] Sharma, P. and Gujral, H. S. 2010. Antioxidant and polyphenol oxidant activity of germinated barley and its milling fraction. Food Chemistry, 120 (3): 673-8.
- [8] Poutanen, K. 1997. Enzymes: An important tool in the improvement of the quality of cereal foods. Trends Food Science. Technology, 8: 300-306.
- [9] Hallen, E., Banoglu S. and Ainsworth, P. 2004. Effect of fermented germinated cowpa flour addition on the rheological and baking properties of wheat flour. Journal of Food Engineering, 63: 177-84.
- [10] Lyimo, M., Berling, E. S. and Sibuga, K. P. 2004. Evaluation of the nutritional quality and acceptability of germinated Bambara nut (VIGNIA-SUBTERRANEA (L) VERLE) based products. Ecology of Food and Nutrition, 43: 181-91.
- [11] Milani, J. M., Sedighi, N. and Mirzaei, H. 2018. Effect of germinated and non germinated soybean flour on quality of Barbari bread. EJFPP, 10(1): 73-84. [in Persian].
- [12] Makinen, O.E., and Arendt, E.K. 2012. Oat malt as a baking ingredient- A comparative study of the impact of oat, barley and wheat malts on bread and dough properties. Journal of Cereal Science, 56: 747-75.
- [13] Sahraiyani, B. 2016. Production of sorghum malt powder by using microwaves and its evaluation as a sugar replacer in gluten free cup cake. Ph.D. thesis, Ferdowsi University of Mashhad, Department of Food Science and Technology. [in Persian].
- [14] Mamedi, A., Tavakol Afshari, R. and Sepahvand, N. A. 2017. Quantifying seed germination response of quinia (*Chenopodium quinoa Willd*) under temperature and drought stress regimes. Iranian Journal of Field Crop Science, 48(3): 615-623. [in Persian].
- [15] Sahraiyani, B., Karimi, M., Habbibi Najafi, M. B., Haddad Khodaparast, M. H., Ghiafeh Davoodi, M., Sheikholeslami, Z. and Naghipour, F. 2014. The effect of Balangu Shirazi (*Lallemantia royleana*) gum on quantitative and qualitative of sorghum gluten-free bread. JFST, 42(11): 129-139. [in Persian].

## ۴- نتیجه گیری

براساس نتایج این پژوهش می‌توان گفت با جایگزینی ۱۰ تا ۱۵ درصد آرد سیب زمینی-برنج موجود در نان قالبی بدون گلوتن با آرد کینوآی جوانه زده، ضمن افزایش محتوای پروتئینی محصول هدف، نانی با ویژگی‌های بافتی و حسی مرغوب‌تر تولید می‌شود که امیدست بیشتر مورد توجه مصرف‌کنندگان به ویژه بیماران سلیاکی و آن دسته از افراد که عدم تحمل گلوتن دارند قرار گیرد. همچنین پیشنهاد می‌شود از مزایای آرد کینوآی جوانه‌زده چه به لحاظ تغذیه‌ای و چه به لحاظ تکنولوژیکی در سایر محصولات نانوائی به ویژه دسته تخمیری نظیر انواع نان‌های حجیم و نیمه حجیم، پیراشکی، دونات، اشترودل و غیره استفاده شود و محصولی با کمیت و کیفیت برتر به بازار عرضه گردد.

## ۵- منابع

- [1] Brady, K., Ho, C.T., and Rosen, R.T. 2007. Effects of processing on the nutritional profile of quinoa of Chemistry, 100(3): 1209-1216.
- [2] Vega-Galvez, A., Miranda, M., Vergara, J., Uribe, E., Puente, L. and Martinez, E. A. 2010. Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*), an ancient Andean grain: a review. Journal of the Science of Food and Agriculture, 95 (15), 2541-2547.
- [3] Dini, I., Tenore, G.C., and Dini, A. 2010. Antioxidant compound contents and antioxidant activity before and after cooking in sweet and bitter *Chenopodium quinoa* seeds. LWT - Food Science and Technology, 43(3): 447-451.
- [4] Afify, A. E. M., Abbas, M. S., Abd El-lattefi, B. M. and Ali, A. M. 2016. Chemical, rheological and physical properties of germinated wheat and naked barley. International Journal of Chemistry of Technology of Research, 9(9): 521-31.
- [5] Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Cereals and their products-Germinated Wheat Product. ISIRI no 5833. Karaj: ISIRI, 2003. [in Persian].
- [6] Panfil, P., Dorica, B., Sorin, C., Emilian, M., Ersilia, A. and Iosif, G. 2014. Biological characterization of flour obtained from

- [21] Yaghbani, M. 2011. Comparison of barley and wheat malt on properties of Barbari bread. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 12(2): 41-50. [in Persian].
- [22] Octaviani, V., and Weibiao, Z. 2007. Frozen bread dough: Effect of freezing storage and dough improvers. *Journal of Cereal Science*, 45: 1-17.
- [23] Sidhu, J.S., Al-saqer, J.M., Al-hooti, S., and Alothman, A. 2007. Quality of pan bread made by replacing sucrose with datesyrup produced by using pectinase/cellulase enzymes. *Plant Foods for Human Nutrition*, 58: 1-8.
- [24] Armero, E. and Collar, C. 1996. Anti-staling Additives. Flour type and sourdough process effect on functionality of wheat dough. *Journal of food science*, 61: 299-303.
- [25] Ozkoc Ozge, S., Summe, G. and Sahin, S. 2009. The effect of gums on macro and micro-structure of breads baked in different ovens. *Food hydrocolloids*, 23: 2182-2189.
- [16] AACC. 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 10th Ed., Vol. 2. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN.
- [17] Naji-Tabasi, S. & Mohebbi, M. 2015. Evaluation of cress seed gum and xanthan gum effect on macrostructure properties of gluten-free bread by image processing. *Journal of Food Measurement and characterization*, 9: 110-119.
- [18] Sabanis, D., Tzia, C. & Papadakis, S. 2008. Effect of different raisin juice preparations on selected properties of gluten-free bread. *Food and Bioprocess Technology*, 1: 374-383.
- [19] Valencia-Chamorro, S. A. 2000. Encyclopedia of Quinoa grain science. Australia: Elsevier/CRC 2000. P. 4885-4892.
- [20] Krupa-Kozak, U., Wronkowsk, M. and Soral-S mietana, M. 2011. Effect of buckwheat flour on microelements and proteins. *Czech Journal of Food Science*, 29(2): 103-108.

## Evaluation of replacement of potato-rice flour by germinated quinoa flour on textural properties and overall acceptability gluten-free pan bread

Haghighy, GH. <sup>1\*</sup>, Zavehzad, N<sup>2</sup>

1. Department of Food Science and Technology, Agricultural Faculty, Zabol University, Zabol, Iran.

2. MSc in Food Science and Technology

(Received: 2019/01/22 Accepted:2019/04/27)

In this study germinated quinoa flour in five levels (0, 5, 10, and 15%) was replaced by part of flour in gluten-free pan bread formulation. For this purpose, protein, moisture, specific volume, porosity, firmness (1 and 72 hours after baking) and overall acceptability were evaluated. Protein and moisture were increased by increasing of germinated quinoa flour in the formulation. The samples containing 10 % germinated quinoa flour had the highest specific volume and overall acceptability score and the lowest firmness after 1 and 72 hours after baking. Also, the result indicated the samples containing 10 and 15 % germinated quinoa flour had the highest porosity.

**Keywords:** A-amylase, Germinated quinoa, Protein, Gluten-free pan bread.

---

\* Corresponding Author E-Mail Address: [haghighy.2019@yahoo.com](mailto:haghighy.2019@yahoo.com)