مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

بررسی تأثیر افزودن مالت کینوآ بر ماندگاری و ساختار داخلی نان بدون گلوتن

آرزو افتخاری یزدی[۱]، احمد پدرام‌نیا [۲ *]، فریبا نقی‌پور[۲و۳]، امیرحسین الهامی‌راد[۲]، محمدرضا سعیدی اصل[۲]

۱- دانشجوی دکترای گروه علوم و صنایع غذایی، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران.

۲- گروه علوم و صنایع غذایی، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران.

۳- مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۱۹

کلمات کلیدی:

مالت کینوآ،

نان بدون گلوتن،

فعالیت آنزیمی،

خصوصیات فیزیکوشیمیایی.

DOI: 10.22034/FSCT.19.131.161

DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.131.13.4

* مسئول مکاتبات:

ahmadpedram@yahoo.com

چکیده

استفاده از دانه کینوآ و مشتقات آن در فرمولاسیون محصولات صنایع پخت، علاوه بر بهبود ارزش تغذیه‌ای محصول نهایی، از میزان وابستگی به منابع گیاهی با نیاز آبی بالا نظیر گندم و برنج می‌کاهد، لذا در تحقیق حاضر بررسی تأثیر جایگزینی آرد برنج با مالت آنزیمی دانه کینوآی کامل و پوست‌گیری نشده در سطوح صفر، ۲/۵، ۵/۰، ۷/۵ و ۱۰/۰ درصد بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی، بافتی و ساختار داخلی نان قالبی بدون گلوتن مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که با افزایش سطح مصرف مالت کینوآ (تا ۱۰ درصد) در فرمولاسیون محصول تأثیری معنی‌داری بر میزان رطوبت و فعالیت آبی ایجاد نشد. این در حالی بود که میزان سفتی بافت در هر دو بازه زمانی ۲ و ۷۲ ساعت پس از پخت در سطح مصرفی ۱۰ درصد مالت کینوآ افزایش یافت. همچنین از میزان حجم مخصوص و تخلخل محصول تنها در سطح ۱۰ درصد آرد مالت کینوآ کاسته شد. از سوی دیگر با افزایش میزان آرد مالت کینوآ، میزان آنتالپی نمونه‌ها (طی بازه زمانی ۲ و ۷۲ ساعت پس از پخت) کاهش یافت، در حالی که میزان آنتالپی با افزایش زمان نگهداری محصول روند صعودی داشت. در بررسی رنگ پوسته محصول نیز نتایج گویای کاهش میزان مؤلفه L* و افزایش میزان مؤلفه‌های a* و b* محصول با افزایش میزان آرد مالت در فرمولاسیون بود که این امر بیانگر تیرگی بیشتر محصول می‌باشد. در ارتباط با نتایج تصاویر تهیه شده با میکروسکوپ الکترونی نیز مشاهده گردید که با افزایش میزان مالت کینوآ، میانگین مقادیر قطر و مساحت منافذ محصول کاهش یافت. در نهایت داوران چشایی با ارزیابی خصوصیات حسی، به سه نمونه حاوی صفر، ۲/۵ و ۵/۰ درصد مالت کینوآ بیشترین امتیاز پذیرش‌کلی را اختصاص دادند که بیانگر بهبود خصوصیات کمی و کیفی محصول نهایی با استفاده از مالت آنزیمی و بدون گلوتن دانه کینوآ می‌باشد.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-31]

[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.131.13.4]

[DOI: 10.22034/FSCT.19.131.161]

۱- مقدمه

مهمترین جزء ساختمانی گندم به لحاظ تکنولوژیکی پروتئین گلوتن می‌باشد که برای برخی از افراد ایجاد حساسیت می‌نماید. در واقع عدم تحمل گلوتن به دو شکل در افراد مشاهده می‌گردد. دسته اول افراد مبتلا به بیماری سلیاک می‌باشند که در این بیماری مزمن بدن به پرزهای روده کوچک حمله می‌کند و با آسیب به آنها، عملکرد دستگاه گوارش را مختل می‌کند. این امر در حضور زیرواحد گلیادین موجود در گلوتن گندم و پرولامین چاودار (سکالین)، جو (هوردئین) و احتمالاً یولاف (آویدین) که دارای ترکیب آمینواسیدی مشابه گلیادین می‌باشند، تشدید می‌گردد. دسته دوم نیز افراد مبتلا به عدم تحمل به گلوتن غیرسلیاکی می‌باشند که گلوتن در دستگاه گوارش به‌خوبی هضم نمی‌شود و وارد جریان خون می‌گردند. بدن، گلوتن را به عنوان عامل خارجی شناخته و سیستم ایمنی بدن علیه خود بدن فعال می‌شود [۱] و تنها راه درمان بیماری سلیاک استفاده از یک رژیم غذایی فاقد پروتئین‌های گروه پرولامین یا اصطلاحاً بدون گلوتن در تمام طول عمر بیمار است [۲]. در این راستا تنها آرد مورد استفاده در تولید محصولات بایستی فاقد گلوتن باشد، بلکه مشتقاتی که در فرمولاسیون آن‌ها از آرد گندم استفاده می‌گردد، نیز بایستی از رژیم غذایی این افراد حذف گردند یا در فرآیند تولید آن‌ها، منابع فاقد گلوتن بکار گرفته شوند. یکی از این مشتقات مالت می‌باشد که کاربرد فراوانی در تولید محصولات نانوایی دارد. به‌طور کلی از مهم‌ترین اثرات افزودن مالت به عنوان یک منبع آنزیمی می‌توان به زمان مخلوط کردن خمیر، سرعت تخمیر، قوام خمیر، حجم نان، قهوه‌ای شدن پوسته و تورم و ژلاتینه شدن نشاسته اشاره کرد [۳]. به طور کل مالت‌سازی یک فرآیند پیچیده بیوتکنولوژیکی است که شامل انتخاب دانه، آماده‌سازی و ذخیره‌سازی، خیساندن دانه، جوانه‌زنی، خشک کردن در شرایط کنترل شده دما و رطوبت و ریشه‌گیری است [٤]. همانگونه که اشاره گردید اولین مرحله در مالت‌سازی انتخاب دانه است و می‌توان با انتخاب شبه غله‌ای نظیر کینوآ از یک سو با مشکل کم آبی مقابله نمود و از سویی دیگر مالت تولیدی قابلیت استفاده برای بیماران سیلیاکی را نیز خواهد داشت. علاوه بر این، گیاه کینوآ مقاومت زیادی در برابر طیف گسترده‌ای از تنش‌های غیرزنده مانند سرما، شوری و خشکی از خود نشان می‌دهد و همچنین به خوبی قابلیت رشد در خاک‌های حاشیه‌ای را دارد [۵]. این دانه از نظر میزان پروتئین، تعادل اسیدهای آمینه ضروری مانند لیزین و تریپتوفان در سطح مطلوبی می‌باشد و همچنین از نظر ویتامین‌هایی مانند تیامین، ویتامین C و املاح معدنی نیز از کمیت و کیفیت بالایی برخوردار است [٦]. همانگونه که قبلاً اشاره گردید، یکی از محصولات کینوآ مالت حاصل از آن می‌باشد که دارای ارزش تغذیه‌ای بالایی می‌باشد. در این خصوص باینـدر و همکاران (۲۰۲۱) مشاهده کردند طی فرآیند مالت‌سازی میزان ترکیبات فنولیک و قابلیت آنتی‌اکسیدان مالت حاصل از دانه کینوآ افزایش می‌یابد [۷]. میراندا ویلا و همکاران (۲۰۱۸) نیز به بررسی تأثیر افزودن آرد کینوآ و آرد مالت حاصل از آن (تا ۳۰ درصد جایگزینی در فرمولاسیون) بر روی کیفیت مافین‌های بدون گلوتن بر پایه برنج پرداختند و نتایج ایشان داد با افزودن آرد کینوآ میزان پروتئین و مواد معدنی محصول افزایش یافت. همچنین نتایج این محققین نشان داد کیفیت تکنولوژیکی و حسی محصول با افزودن آرد کینوآ افزایش یافت. از طرفی در بخش ارزیابی حسی عنوان نمودند فرمولاسیون مافین حاوی آرد مالت کینوآ با مدت زمان ٢٤ ساعت جهت جوانه‌زنی بیشترین امتیاز طعم و مزه را به خود اختصاص داد [۸]. همچنین ماکینن و همکاران (۲۰۱۳) جوانه‌زنی جو و کینوآ و اثر افزودن مالت حاصل از آن‌ها در سه سطح ۱، ۲/۵ و ۵ درصد بر روی ویژگی‌های نان بدون گلوتن بر پایه برنج و سیب‌زمینی را مورد ارزیابی قرار داده و بیان داشتند افزودن مالت کینوآ در فرمولاسیون نان بدون گلوتن تأثیر معنی‌داری بر روی ویژگی‌های پختی محصول ایجاد ننمود، چراکه فعالیت آلفا آمیلازی این مالت پایین بود [۹]. کاور و کاور (۲۰۱۷) نیز اثر افزودن آرد کینوا روی ویژگی‌های حسی محصولات بدون گلوتن (تارت، کیک، مافین، کوکی و پای) بر پایه جو دوسر و آرد برنج را مورد بررسی قرار داده و بیان داشتند محصولات حاوی ۱۰ درصد آرد کینوا، ٤٥ درصد آرد برنج و ٤٥ درصد آرد جودوسر از پذیرش بیشتری نزد داوران چشایی برخوردار بودند [۱۰].

از این‌رو با توجه به اهمیت استفاده از ترکیبات بدون گلوتن در رژیم غذایی افراد دچار این حساسیت غذایی، هدف از انجام این تحقیق بررسی تأثیر مالت بدون گلوتن کینوآ بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی، ویژگی‌های بافتی و ساختار

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-31]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.131.13.4]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.131.161]

داخلی نان بدون گلوتن بـه منظـور ارائـه محـصولی بـا ارزش تغذیه‌ای بهتر و مشتری پسندی مطلوب، بود.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

به منظور انجام این تحقیق به منظور انجام این تحقیق دانه‌هـای کینوآ با ژنوتیپ Q12 از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر تهیه شدند و تا زمان استفاده جهت جلوگیری از جـذب رطوبت در کیسه‌های پلـی اتیلنـی نگهـداری شـدند. همچنـین جهت تهیه نمونه‌های نان بـدون گلـوتن نیـز آرد بـرنج بـا نـام تجاری ۱۱۱ از فروشگاه‌های اینترنتی معتبر خریـداری گردیـد. برای این منظور، آرد مصرفی برای انجام آزمایشات به صـورت یکجا تهیه و در سردخانه با دمای ٤ درجه سلسیوس نگهـداری شد. خمیرمایه خشک از شرکت خمیرمایه رضوی و سایر مواد مورد نیاز شامل روغن، نمک، شکر و پودر سفیده تخـم‌مـرغ از یک فروشگاه معتبر خریداری گردید. صمغ گوار و گزانتـان از شرکت رودیا (ساخت کشور فرانسه)، آرد سویای فعـال بـدون چربی از شرکت بهسوی (ایران) و کلیه مـواد شـیمیایی نیـز از شرکت مرک (ساخت کشور آلمان) تهیه شد.

۲-۲- روش‌ها

۲-۲-۱- ارزیـابی خـصوصیات فیزیکوشـیمیایی دانـه کینوآ و آرد برنج

به منظور ارزیابی خصوصیات فیزیکوشیمیایی دانه‌هـای کینـوآ، ابتدا دانه‌های مذکور با استفاده از آب معمولی شستشو داده شد و در هوای آزاد خشک گردید و در ادامه با اسـتفاده از آسـیاب چکشی آزمایشگاهی تبدیل به آرد شدند و سپس خـصوصیات آرد برنج و کینوآ بر اساس روش‌های اسـتاندارد تـدوین شـده توسط انجمن شیمی‌دانان غـلات آمریکـا (AACC[1]) (۲۰۰۰) اندازه‌گیری شد. میزان رطوبت مطابق استاندارد شمارهٔ ۱٦-٤٤، پـروتئین ۱۰-٤٦، خاکـستر ۰۱-۰۸ و چربـی ۱۰-۳۰ ارزیـابی گردید [۱۱].

۲-۲-۲- تولید مالت بدون گلوتن کینوآ

ابتدا دانه‌هـای کینـوآ بـه ظـرف دوجـداره مخـصوص اعمـال فراصوت (از جنس استیل ضدزنگ) منتقل و سه برابر وزنی به آن‌ها (۳۰۰ گرم) آب اضافه گردید. بـه منظـور تـسریع فرآینـد جوانـه‌زنـی از پـیش تیمـار امـواج فراصـوت بـا فرکـانس ۲۰ کیلوهرتز، به مدت زمان ۱۵ دقیقه و شدت ۱۰۰ درصد استفاده گردید. در طول مدت امواج‌دهی آب ۲۵ درجـه سلـسیوس در جدار ظرف در جریان بود و دما ثابت نگه داشته شـد. دانـه‌هـا پس از پیش‌فرآوری وارد مرحله خیساندن شدند. لازم بـه ذکـر اسـت کـه تولیـد امـواج فراصـوت توسـط یـک سـونیکاتور آزمایشگاهی (UP50H، ساخت کشور آلمان) با تـوان اسـمی ۷۵۰ وات و فرکانس ۲۰ کیلوهرتز انجام شد و بـرای انتقـال از ترانس دیوسر (مبدل) به نمونه از سونوترود استوانه‌ای شـکلی از جنس تیتانیوم به قطر ۱۹ میلی‌متر که تا عمق یک سانتی‌متـر زیر سطح مایع غوطـه‌ور مـی‌شـود، اسـتفاده گردیـد. در ادامـه دانه‌های پیش تیمار شده با امواج فراصوت، به مدت ۱۰ دقیقـه خیسانده شد تا به رطوبت مطلوب برای جوانه‌زنی برسـند (٤٥ درصد) و در ادامه بـه مـدت ٢٤ سـاعت در دمـای ۲۰ درجـه سلسیوس جوانه زدند. سپس دانه‌های جوانه زده مطـابق روش یلداگرد و همکاران (۲۰۰۸) توسط یک آون طی چهار مرحلـه و به صورت تدریجی با شیب دمـای صـعودی تـا رسـیدن بـه رطوبت نهایی ٤ درصد خشک شـدند [۱۲]. قبـل از اسـتفاده، ریشه‌چه‌ها و لپه‌های بیرون‌زده جدا و دانه‌ها آسیاب شـده و در نهایت از الک با مش ۰/۲۵ میلی‌متر عبـور داده شـدند. شـایان ذکر است که مالت تولیـدی دارای قـدرت دیاسـتاتیک ۷۳/۳۷ درجه لینتر، ٦/۸۳ درصد بازدهی اسـتخراج عـصاره آب سـرد، ۳۸/۱۷ درصد بازدهی استخراج عصاره آب گرم، ۱/٦۳ درصـد قند احیـاء کننـده، ۵/٦۳ درصـد ازت محلـول عـصاره، ۳۲/۵۷ درصد شاخص کلباچ و بریکس ۸/٤٤ بود.

۲-۲-۳- تهیه نان بدون گلوتن

نمونه‌های نان بدون گلوتن تولیدی (نمونه شاهد) حـاوی ۱۰۰ درصد آرد برنج، ۱ درصد مخمـر خـشک، ۱ درصـد نمـک، ۱ درصد شکر، ۱ درصد روغن، ۰/۵ درصـد پـودر سـفیده تخـم مرغ، ۱۰ درصد آرد سـویای فعـال بـدون چربـی، ۰/٤ درصـد صمغ گوار، ۰/۲ درصد صمغ گزانتـان و آب (بـه مقـدار لازم) تهیه شد. شایان ذکر است کـه در تمیارهـای تحقیـق آرد بـرنج موجود در فرمولاسیون در سـطوح صـفر، ۲/۵، ۵/۰، ۷/۵ و ۱۰ درصد با مالت کینوآ جایگزین گردید. به منظور تهیه نمونه‌های نان، مواد خشک درون مخزن همزن (Disona، ساخت کشور آلمان) به مدت یک دقیقه مخلوط شدن و در ادامـه آب اضـافه

1. American Association of Cereal Chemists (AACC)

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-31]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.131.13.4]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.131.161]

گردید و عمل همزدن به مدت ده دقیقه با دور کند دستگاه انجام شد. در انتها روغن اضافه گردید و به خمیر تولیدی اجازه استراحت به مدت ۳۰ دقیقه در دمای محیط (۲۵ درجه سلسیوس) به صورت توده داده شد. سپس خمیر به قطعات ۸۰ گرمی تقسیم و درون قالب‌های استوانه‌ای شکل از جنس آلومینیوم با قطر و ارتفاع ۸۰ میلی‌متر که از قبل با روغن چرب شده بودند، قرار داده شد. سپس قالب‌ها به گرمخانه (Miwe، ساخت کشور آلمان) با درجه حرارت ٤٥ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۸۰ درصد منتقل شد و پس از سپری شدن مدت زمان ٤٥ دقیقه، وارد فر با هوای داغ (Miwe، ساخت کشور آلمان) شد. عملیات پخت نمونه‌های نان در دمای ۲۳۰ درجه سلسیوس به مدت ۱۰ دقیقه انجام و در انتها نمونه‌ها روی سکوی آزمایشگاهی قرار گرفت تا هم دما با محیط شود و درون کیسه‌های از جنس پلی پروپیلن سبک تا زمان انجام آزمون‌های کمی و کیفی نگهداری شدند [۱۳].

۲-۲-۳- ارزیابی خصوصیات کمی و کیفی نان بدون گلوتن

رطوبت: به منظور اندازه‌گیری رطوبت نمونه‌های نان تولیدی از آزمون (۲۰۰۰) AACC به شماره ۱٦-٤٤ استفاده گردید [۱۱].

فعالیت آبی: میزان فعالیت آبی با استفاده از دستگاه واتر اکتیویتی‌متر (Novasina، ساخت کشور سوئیس) در دمای ۲۵ درجه سلسیوس اندازه‌گیری شد.

حجم مخصوص و تخلخل: برای اندازه‌گیری حجم مخصوص نمونه‌های نان تولیدی از روش جایگزینی حجم با دانه کلزا[2] مطابق با استاندارد AACC شماره ۱۰-۷۲ استفاده شد [۱۱]. همچنین به منظور ارزیابی میزان تخلخل مغز نان، از تکنیک پردازش استفاده شد و پس از تصویربرداری از برش عرضی دونات به‌وسیله اسکنر (مدل: HP Scanjet G3010) با وضوح ۳۰۰ پیکسل، تصاویر در اختیار نرم افزار Image J قرار گرفت و با محاسبه نسبت نقاط روشن به تاریک، میزان تخلخل نمونه‌ها برآورد شد [١٤].

آنتالپی: بررسی روند عمومی ژلاتینه شدن نشاسته (تغییرات آنتالپی) در نمونه‌های نان تولیدی به روش کالریمتری روبشی افتراقی با استفاده از دستگاه DSC[3] (TA، ساخت کشور آمریکا) و با برنامه دمایی ۲۰۰ -۲۵ درجه سلسیوس و سرعت افزایش دمای ۱۰ درجه سلسیوس بررسی شد [۱۷].

مطالعه ریز ساختار بافت: ریزساختار بافت نمونه‌های حاوی مالت کینوآ، با استفاده از دستگاه میکروسکوپ الکترونی (SEM) (Hitachi، ساخت کشور ژاپن) انجام شد [١٦].

سفتی بافت: ارزیابی سفتی بافت دونات در فواصل زمانی دو ساعت، چهار و هفت روز پس از تولید، با استفاده از دستگاه بافت‌سنج انجام گرفت. 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 از نمونه، به‌عنوان شاخص سفتی[4] محاسبه گردید.

ارزیابی سفتی بافت نان با استفاده از دستگاه بافت‌سنج (XT plus، ساخت کشور انگلستان) انجام شد. حداکثر نیروی مورد نیاز برای نفوذ یک پروب با انتهای استوانه‌ای (۲ سانتی‌متر قطر در ۲/۳ سانتی‌متر ارتفاع) با سرعت ۳۰ میلی‌متر در دقیقه از مرکز نان قالبی، به‌عنوان شاخص سفتی محاسبه گردید.

رنگ پوسته: آنالیز رنگ پوسته نان از طریق تعیین سه شاخص L*، a* و b* صورت پذیرفت. جهت اندازه‌گیری این شاخص‌ها ابتدا برشی به ابعاد ٤ در ٤ سانتی‌متر از نمونه تهیه گردید و به وسیله اسکنر با وضوح ۳۰۰ پیکسل تصویربرداری شد، سپس تصاویر در اختیار نرم‌افزار Image J قرار گرفت. با فعال کردن فضای LAB در بخش Plugins، شاخص‌های فوق محاسبه شد [۱۷].

خصوصیات حسی: به منظور ارزیابی خصوصیات حسی نظیر فرم و شکل (شکل نامتقارن، پارگی یا از بین رفتن قسمتی از نان و وجود هرگونه حفره یا فضای خالی)، خصوصیات پوسته (سوختگی، غیرطبیعی بودن رنگ، چین و چروک و سطح غیر عادی)، پوکی و تخلخل (خلل و فرج غیرعادی، تراکم و فشردگی زیاد)، سفتی و نرمی بافت (خمیری بودن و یا نرمی غیرعادی، سفت بودن نان، تردی و شکنندگی، خشک و سفت بودن نان، گلوله و خمیری بودن در دهان و چسبیدن به دندان‌ها) و طعم (طعم تند و زننده، بوی خامی یا ترشیدگی و یا عطر طبیعی نان) که به‌ترتیب دارای ضریب رتبه ٤، ۲، ۲، ۳ و ۳ بودند، از روش هدونیک ۵ نقطه‌ای (۱: بسیار نامطلوب، ۲: نامطلوب و... ۵: بسیار مطلوب) استفاده شد. هریک از نمونه‌های نان توسط ۱۰ داور مورد ارزیابی قرار گرفت. در

2. Rape seed displacement
3. Differential Scanning Calorimetry
4. Hardness

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-31]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.131.13.4]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.131.161]

نهایت میزان پذیرش‌کلی نمونه‌های تولیدی با استفاده از رابطه ۱؛ گزارش گردید [۱۸].

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

رابطه ۱:

که در این رابطه: Q= پذیرش‌کلی، P= ضریب رتبه صفات و G= ضریب ارزیابی صفات.

۲-۲-۵- طرح آماری و روش آنالیز نتایج

نتایج بدست آمده از این پژوهش با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ مورد ارزیابی قرار گرفت و به منظور مقایسه خصوصیات کمی و کیفی نمونه‌های نان قالبی تولیدی حاوی سطوح مختلف مالت بدون گلوتن کینوآ از یک طرح کاملاً تصادفی استفاده شد. بدین ترتیب میانگین نمونه‌ها (سه تکرار) با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد ($P\leq0.05$) مقایسه گردید و جهت رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی آرد کینوآ و برنج

خصوصیات فیزیکوشیمیایی آرد کینوآی کامل مورد استفاده در تولید مالت بدون گلوتن و آرد برنج مصرفی در تولید نمونه‌های نان بدون گلوتن به شرح جدول ۱ بود.

Table 1 Physicochemical properties of rice and quinoa flour

Physicochemical properties (%)	quinoa flour	rice flour
Moisture	10.10 ± 0.23	10.08 ± 0.01
Protein	15.70 ± 0.12	10.42 ± 0.02
Ash	2.27 ± 0.02	0.32 ± 0.00
Fat	5.31 ± 0.08	1.21 ± 0.03

۳-۱- خصوصیات کمی و کیفی نان بدون گلوتن

۳-۱-۱- رطوبت و فعالیت آبی

همانگونه که جدول ۲ مشاهده می‌شود با افزایش سطح جایگزینی مالت کینوا در فرمولاسیون نان بدون گلوتن تا سطح ۱۰ درصد، میزان رطوبت و فعالیت آبی نان بدون گلوتن تغییر معنی‌داری پیدا نکرد ($P<۰/۰۵$). رطوبت یکی از مهمترین ویژگی‌های کیفی نان و سایر فرآورده‌های غلاتی می‌باشد که بر بیاتی و زمان ماندگاری محصول تأثیر مستقیم دارد. از طرفی مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۲۳۳۸ (۱۳۹۶) بیشینه مجاز رطوبت برای نان‌های حجیم ۴۰ درصد می‌باشد که با توجه به نتایج، تمامی نمونه‌ها در محدوده استاندارد مذکور قرار دارند [۱۹]. فعالیت آبی نیز فاکتور مناسبی برای ارزیابی عمر ماندگاری و پایداری میکروبیولوژیکی مواد غذایی محسوب می‌گردد. به نظر می‌رسد این ترکیب جایگزین مناسبی برای آرد برنج می‌باشد و قادر به نگهداری رطوبت در فرمولاسیون نان بدون گلوتن می‌باشد. در همین راستا میراندا ویلا و همکاران (۲۰۱۸) تأثیر افزودن آرد کینوآ و آرد مالت حاصل از آن را بر کیفیت مافین‌های بدون گلوتن بر پایه برنج را مورد بررسی قرار داده و نتایج ایشان داد با جایگزینی آرد مالت کینوآ تا سطح ۳۰ درصد میزان رطوبت محصول نهایی بدون تغییر باقی ماند. نتایج ایشان همچنین نشان داد میزان افت وزن ناشی از نگهداری مافین‌ها طی ۲۴ و ۷۲ ساعت پس از نگهداری با جایگزینی ۳۰ درصد مالت کینوآ کاهش یافت که محققین مذکور علت آن را به توانایی بیشتر آرد مالت کینوآ در حفظ و نگهداری رطوبت نسبت دادند [۸].

Table 2 Effect of quinoa malt addition on physicochemical properties of gluten free bread

Quinoa malt (%)	Moisture (%) ^{ns}	Water activity (-) ^{ns}	Specific volume (ml\g)	Porosity (%)
Blank	34.57 ± 0.5	0.92 ± 0.03	1.58 ± 0.03^{a}	25.32 ± 0.4^{a}
2.5	34.53 ± 0.6	0.91 ± 0.01	1.57 ± 0.05^{a}	25.35 ± 0.3^{a}
5.0	34.53 ± 0.4	0.91 ± 0.03	1.52 ± 0.04^{a}	25.10 ± 0.3^{a}
7.5	34.51 ± 0.5	0.93 ± 0.02	1.48 ± 0.03^{ab}	24.71 ± 0.3^{ab}
10.0	34.48 ± 0.5	0.91 ± 0.02	1.43 ± 0.05^{b}	24.39 ± 0.2^{b}

(Means in each column with different letters differ significantly in p<0.05)
(ns: no significantly different in p<0.05)

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-31]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.131.13.4]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.131.161]

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-31]

[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.131.13.4]

[DOI: 10.22034/FSCT.19.131.161]

۳-۱-۲- حجم مخصوص و تخلخل

نتایج نشان داد که با افزایش سطح جایگزینی مالت کینوا در فرمولاسیون محصول تنها در سطح ۱۰ درصد، میزان حجم مخصوص و تخلخل نان بدون گلوتن کاهش یافت (P<۰/۰۵) در حالی‌که در جایگزینی در سایر سطوح تغییری در میزان پارامتر فوق الاشاره ایجاد نکرد (جدول ۲). با توجه به اینکه در نان‌های قالبی، داشتن حجم کافی از ضروریات محصول محسوب می‌شود، بنابراین پرواضح است که حجم مخصوص محصول نهایی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. در محصولات صنایع پخت پروتئین گلوتن ترکیب اصلی مسئول ایجاد شبکه نگهدارنده حباب‌ها هوا می‌باشد [۲۰ و ۲۱] و به دلیل اینکه در نان قالبی بدون گلوتن ترکیب مذکور وجود ندارد بنابراین نشاسته موجود در آرد برنج می‌تواند به عنوان یک عامل مهم در ایجاد بافت عمل کند [۲۲]. در اینجا به نظر می‌سد با افزایش میزان آرد مالت کینوآ در فرمولاسیون به دلیل اینکه این ترکیب از فعالیت آلفا آمیلازی بیشتری در مقایسه با آرد برنج برخوردار می‌باشد بخشی از نشاسته خمیر محصول طی فرآیند تخمیر به قندهای ساده‌تر تبدیل شده و توانایی نگهداری گاز در آن کاهش می‌باشد که این امر در نهایت منجر به کاهش حجم محصول نهایی خواهد شد. در همین راستا میراندا ویلا و همکاران (۲۰۱۸) تأثیر افزودن آرد کینوآ و آرد مالت حاصل از آن (تا ۳۰ درصد جایگزینی در فرمولاسیون) بر روی کیفیت مافین‌های بدون گلوتن بر پایه برنج را مورد بررسی قرار داده و نتایج ایشان داد با جایگزینی آرد مالت کینوآ تا سطح ۳۰ درصد میزان حجم مخصوص محصول نهایی کاهش یافت که ایشان علت این امر را به کاهش ویسکوزیته در نتیجه فعالیت آلفا آمیلاز (که منجر به کاهش میزان نشاسته و کاهش میزان قندها در زمان جوانه‌زنی می‌شود) نسبت دادند [۸]. همچنین ملکی تبریزی و همکاران (۱۳۹۷) نیز ویژگی-های فیزیکوشیمیایی و حسی کیک فنجانی بدون گلوتن حاصل از مخلوط آردهای برنج و مالت ارزن را مورد بررسی قرار داده و نتایج ایشان گویای کاهش میزان حجم مخصوص محصول با افزودن مالت ارزن بود. این محققین علت این امر را به کاهش میزان مولکول نشاسته در فرمولاسیون و کاهش آبگیری نشاسته و به دنبال آن به دلیل ضعیف بودن خمیر نسبت دادند و در نتیجه آن عنوان داشتند حباب‌های گاز از سطح کیک خارج گردیده و منجر به کاهش حجم مخصوص کیک شد [۲۳].

یکی دیگر از پارامترهای مهم مغز محصولات پخته شده، تخلخل است که به طورکلی اشاره به ساختار منافذ در مغز محصول دارد و از عوامل تأثیرگذار در تعیین ویژگی‌های کیفی مغز محصول محسوب می‌شود [۲٤]. در همین راستا ایوبی (۱۳۹۷) بیان داشتند ایجاد ساختاری متخلخل از طریق انبساط حباب‌های هوا و افزایش حجم در طی فرایند پخت ایجاد می‌شود. لذا با توجه به ارتباط بین حجم مخصوص و تخلخل محصولات صنایع پخت این انتظار وجود داشت با افزایش سطح جایگزینی مالت کینوا در فرمولاسیون محصول در سطح ۱۰ درصد، میزان تخلخل نان بدون گلوتن کاهش یابد [۲۵]. در واقع می‌توان گفت در آردهایی که فاقد شبکه گلوتن می‌باشند و یا از شبکه گلوتنی ضعیفی برخوردارند، افزایش فعالیت آمیلازی مطلوب نیست زیرا با افزایش بیش از اندازه آنزیم آلفا آمیلاز در فرمولاسیون، خمیر حاصله شل شده و شکل خود را از دست می‌دهد و محصول تولیدی دارای خلل و فرج درشت و غیریکنواخت می‌گردد که مطابق با نتایج تحقیق حاضر بود.

۳-۱-۳- آنتالپی

همان‌گونه که در شکل ۱ مشاهده می‌شود با افزایش سطح جایگزینی مالت کینوا در فرمولاسیون نان بدون گلوتن، آنتالپی محصول در هر دو بازه زمانی ۲ و ۷۲ ساعت پس از پخت کاهش یافت (P<۰/۰۵). آنتالپی در آزمون کالریمتری روبشی تفاضلی، معادل میزان نشاسته رتروگرید شده است و میزان انرژی لازم برای ذوب کریستال‌های نشاسته رتروگرید شده را بیان می‌کند. بنابراین مقادیر پایین آنتالپی نشان دهنده پایداری پایین کریستال‌های نشاسته است [۲٦].

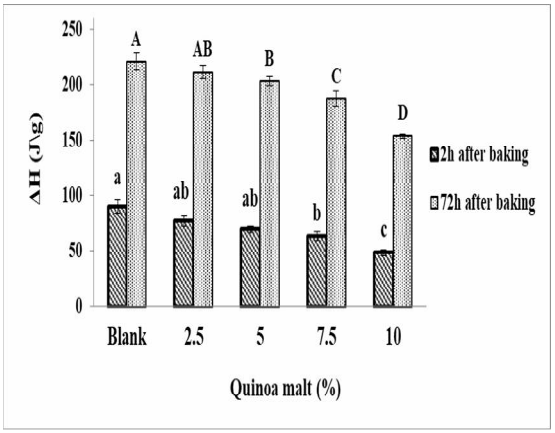

Fig 1 Effect of quinoa malt addition on thermal properties of gluten free bread
(Means in each storage time with different letters differ significantly in p<0.05)

در این رابطه سالیناس و پوپو (۲۰۱۸) اظهار داشتند میزان نشاسته رتروگرید شده به دما و زمان نگهداری بستگی داشته و این واکنش به دلیل مشارکت در بیاتی نان نامطلوب می‌باشد [۲۷]. همچنین آسمدا و همکاران (۲۰۱۶) عنوان داشتند گرانول‌های نشاسته سالم (میزان نشاسته آسیب دیده کمتر) انرژی بیشتری جهت ژلاتینه شدن نیاز دارند [۲۸]. همان‌طور که در بخش‌های پیشین بیان شد، به نظر می‌رسد با افزایش میزان آرد مالت کینوآ در فرمولاسیون به دلیل اینکه این ترکیب از فعالیت آلفا آمیلازی بیشتری در مقایسه با آرد برنج برخوردار می‌باشد بخشی از نشاسته خمیر محصول طی فرآیند تخمیر به قندهای ساده‌تر تبدیل شده و از میزان آن کاسته می‌شود که این امر در نهایت منجر به کاهش آنتالپی محصول در هر دو بازه زمانی ۲ و ۷۲ ساعت پس از پخت شد. همچنین قابل ذکر می‌باشد که مقدار نشاسته اولیه موجود در آرد برنج نسبت به آرد کینوآ نیز بیشتر می‌باشد [۲۹] که این امر نیز باعث تشدید کاهش آنتالپی محصول با افزایش میزان مالت کینوآ می‌شود. از طرفی ملاحظه می‌شود با گذشت زمان از ۲ ساعت به ۷۲ ساعت پس از پخت آنتالپی افزایش یافت که این امر بیانگر افزایش میزان رتروگراداسیون نشاسته طی گذشت زمان می‌باشد.

۳-۱-٤- مطالعه ریزساختار بافت

در شکل ۲، تصاویر تهیه شده از بافت داخلی نمونه‌های نان بدون گلوتن حاوی سطوح مختلف مالت کینوآ نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود تنها در سطح ۱۰ جایگزینی مالت کینوا در فرمولاسیون محصول، میانگین مقادیر قطر و مساحت منافذ تصاویر نان های بدون گلوتن کاهش یافت.

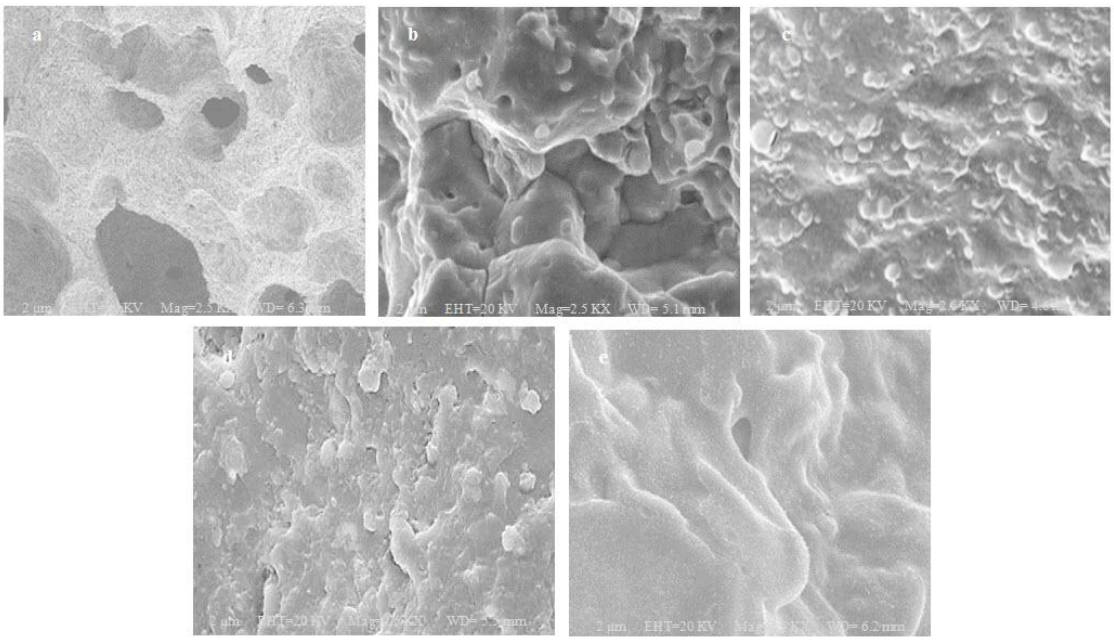

Fig 2 Effect of quinoa malt addition on scanned images of gluten free bread (a: Blank, b:2.5%, c: 5.0%, d: 7.5% and e:10.0% quinoa malt)

بررسی نان با میکروسکوپی الکترونی اطلاعات مهمی را در مورد اندازه سلول‌های گازی فراهم می‌کند [۳۰]. از این روش می‌توان در ارزیابی کیفی تغییرات طی فرآیند پخت استفاده نمود [۳۱]. در ارتباط با کاهش میانگین مقادیر قطر و مساحت منافذ تصاویر نان های بدون گلوتن در محصول با افزایش میزان جایگزینی مالت کینوآ به نظر می‌رسد این امر به دلیل اثر مستقیم فعالیت آلفا آمیلاز مالت کینوآ و آسیب دیدن نشاسته خمیر و همچنین کاهش میزان آن رخ داده باشد. همان‌طور که در بخش ارزیابی حجم مخصوص و تخلخل محصول، بیان شد به نظر می‌رسد با افزایش میزان آرد مالت کینوآ در فرمولاسیون به دلیل اینکه این ترکیب از فعالیت آلفا آمیلازی بیشتری در مقایسه با آرد برنج برخوردار می‌باشد بخشی از نشاسته خمیر محصول طی فرآیند تخمیر به قندهای ساده‌تر تبدیل شده و از میزان آن کاسته می‌شود که این امر در نهایت منجر به کاهش

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-31]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.131.13.4]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.131.161]

توانایی تشکیل یک شبکه جهت نگهداری حباب‌های هوا خواهد شد. همچنین قابل ذکر می‌باشد که مقدار نشاسته اولیه موجود در آرد برنج نسبت به آرد کینوآ نیز بیشتر می‌باشد [۲۹] که این امر نیز باعث تشدید کاهش توانایی نگهداری حباب-های هوا با افزایش میزان مالت کینوآ شده و نهایتاً از قطر و مساحت منافذ مغز محصول خواهد کاست. از طرفی اندازه گرانول‌های نشاسته برنج در محدود بین ۳ الی ۷ میکرومتر بوده [۳۲] درحالی‌که اندازه گرانول‌های نشاسته کینوآ کمتر از ۳ میکرومتر می‌باشد [۳۳ و ۳٤] و این امر نیز باعث کاهش قطر و مساحت منافذ می‌شود.

۳-۱-۵- سفتی بافت

نتایج نشان داد که با افزایش سطح جایگزینی مالت کینوا در فرمولاسیون محصول تنها در سطح ۱۰ درصد، میزان سفتی بافت نان بدون گلوتن در هر دو بازه زمانی ۲ و ۷۲ ساعت پس از پخت افزایش یافت ($P<0/05$) (شکل ۳). عواملی نظیر میزان رطوبت، حجم مخصوص و تخلخل در میزان سفتی بافت محصولات نانوایی در بازه زمانی بلافاصله پس از پخت دخیل می‌باشد. اما مهمترین عامل در افزایش سفتی بافت این محصولات طی مدت زمان نگهداری، حفظ و نگهداری رطوبت است، زیرا این مورد به شدت بر میزان بیاتی محصول تولیدی و افزایش سفتی آن طی انبارمانی اثرگذار است [۳۵]. از این‌رو قابل پیش بینی بود نمونه حاوی ۱۰ درصد مالت کینوآ به دلیل حجم مخصوص و تخلخل کمتر و البته رطوبت کمتر (غیر معنی‌دار) از میزان سفتی بیشتری در هر دو بازه زمانی ۲ و ۷۲ ساعت پس از پخت برخوردار باشد و عدد سفتی گزارش شده توسط دستگاه بافت سنج که میزان نیروی لازم جهت فشردگی بافت را نشان می‌دهد، بیشتر باشد. البته با عنایت به نتایج ملاحظه می‌شود با گذشت زمان از ۲ ساعت به ۷۲ ساعت پس از پخت میزان سفتی بافت افزایش یافت که این امر بیانگر افزایش میزان بیاتی طی گذشت زمان می‌باشد. با افزایش میزان آرد مالت کینوآ در فرمولاسیون به دلیل اینکه این ترکیب از فعالیت آلفا آمیلازی بیشتری در مقایسه با آرد برنج برخوردار می‌باشد بخشی از نشاسته خمیر محصول طی فرآیند تخمیر به قندهای ساده‌تر تبدیل شده و توانایی نگهداری گاز در آن کاهش می‌باشد که این امر در نهایت منجر به کاهش حجم و تخلخل و همچنین افزایش دانسینه محصول نهایی و به دنبال آن ایجاد بافتی متراکم‌تر و سفت‌تر خواهد شد. در این راستا کیم و همکاران (۲۰۲۱) اثر جایگزینی آرد کینوآ با آرد گندم بر روی ویژگی‌های کیفی کیک را مورد مطالعه قرار داده و نتایج ایشان نشان داد میزان سفتی بافت با افزایش میزان جایگزینی آرد فوق الاشاره در فرمولاسیون کیک افزایش یافت که ایشان این امر را به عدم توانایی نگهداری گاز توسط خمیر و ایجاد بافت فشرده و ساختار سخت نان نسبت دادند [۳٦].

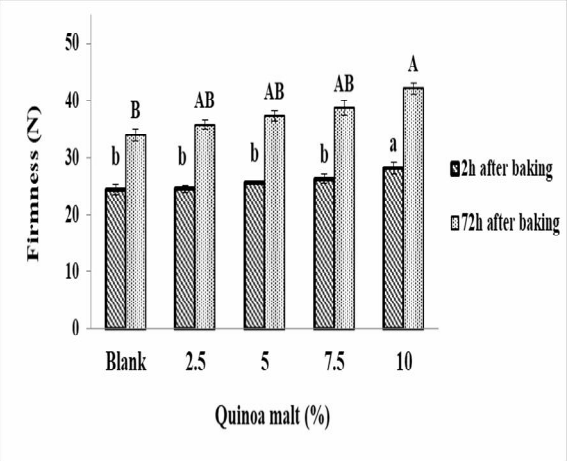

Fig 3 Effect of quinoa malt addition on firmness of gluten free bread
(Means in each storage time with different letters differ significantly in $p<0.05$)

۳-۱-٦- رنگ پوسته

همان‌گونه که در جدول ۳ مشاهده می‌شود با افزایش سطح جایگزینی مالت کینوا در فرمولاسیون محصول تا سطح ۱۰ درصد، از میزان مؤلفه L^* پوسته نان بدون گلوتن کاسته شد. این در حالی بود که میزان مؤلفه‌های a^* و b^* پوسته نمونه‌های تولیدی افزایش یافت($P<0/05$). از آنجا که طی فرآیند جوانه‌زنی فعالیت آنزیم‌های آمیلاز و پروتئاز افزایش می‌یابد، در نتیجه قندها و پروتئین‌ها به ترکیبات ساده‌تر تبدیل شده که این امر طی فرآیند پختن واکنش میلارد را تشدید می-کند و در نتیجه رنگ محصول تیره می‌شود. همچنین از آنجایی‌که رنگ مالت کینوآ نسبت به رنگ آرد برنج تیره‌تر می-باشد، بنابراین طبیعی است که با استفاده از آن در فرمولاسیون رنگ محصول تیره‌تر شده و از میزان روشنایی کاسته شود، در حالی که میزان قرمزی و زردی محصول نهایی افزایش یابد. در همین راستا یانگ و همکاران (۲۰۲۰) نیز تأثیر افزودن مالت گندم بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی کوکی را مورد بررسی قرار داده و نتایج ایشان نشان داد میزان مؤلفه a^* محصول با افزایش میزان جایگزینی مالت گندم در فرمولاسیون کوکی افزایش یافت که ایشان این امر را به تجزیه شدن پروتئین‌ها و

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-31]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.131.13.4]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.131.161]

کربوهیدارت‌های موجود در مالت توسط آنزیم‌ها (طی فرآیند جوانه‌زنی) و در نتیجه تشدید واکنش میلارد نسبت دادند [۳۷]. همچنین میراندا ویلا و همکاران (۲۰۱۸) نیز با بررسی تأثیر افزودن آرد کینوآ و آرد مالت حاصل از آن بر کیفیت مافین‌های بدون گلوتن بر پایه برنج نتایج مشابهی را گزارش نمودند [۸].

Table 3 Effect of quinoa malt addition on crust color of gluten free bread

Quinoa malt (%)	L*	a*	b*
Blank	58.2 ± 0.57^{a}	11.00 ± 0.32^{c}	22.00 ± 0.11^{c}
2.5	54.4 ± 0.87^{b}	11.23 ± 0.35^{bc}	22.17 ± 0.08^{bc}
5.0	53.8 ± 0.69^{b}	11.91 ± 0.45^{bc}	22.63 ± 0.22^{abc}
7.5	51.7 ± 0.87^{bc}	12.52 ± 0.55^{b}	23.70 ± 0.08^{ab}
10.0	48.2 ± 0.74^{c}	14.10 ± 0.35^{a}	24.55 ± 0.36^{a}

(Means in each column with different letters differ significantly in $p<0.05$)

۳-۱-۷- خصوصیات حسی

همان‌گونه که در شکل ٤ مشاهده می‌شود افزایش سطح جایگزینی آرد برنج با مالت کینوآ در فرمولاسیون نان بدون گلوتن (به خصوص سطح ۱۰ درصد) باعث کاهش معنی‌دار میزان امتیاز خصوصیات حسی محصول نهایی گردید ($P<0.05$). در واقع در یک ارزیابی حسی خصوصیات پوسته براساس سوختگی، غیر طبیعی بودن رنگ، چین و چروک و سطح غیر عادی بررسی می‌شود. در این خصوص ارزیاب عنوان داشتند به نمونه حاوی ۱۰ مالت کینوآ به دلیل ایجاد رنگ تیره و تا حدی چروکیده بودن امتیاز کمتری اختصاص دادند. همچنین امتیازدهی پوکی و تخلخل نمونه‌های تولیدی در ارزیابی حسی، حضور خلل و فرج غیرعادی و تراکم و فشردگی زیاد بافت به گونه‌ای که تخلخل مغز نمونه‌ها از دید مصرف‌کننده پنهان باشد، منجر به کسر امتیاز شد. در این بخش داوران چشایی اذعان داشتند که نمونه حاوی ۱۰ درصد مالت کینوآ از حفرات نامنظم‌تری برخوردار بود ضمن اینکه این حفرات در کل بافت محصول به طور یکسان و یکنواخت پخش نشده بود و همین امر باعث گردید که نمونه مذکور از امتیاز پوکی و تخلخل کمتری برخوردار شود. البته قابل ذکر می‌باشد نتایج این بخش مؤید بخش ارزیابی تخلخل نمونه‌های نان بدون گلوتن تولیدی می‌باشد. علاوه بر این در آزمون حسی جهت امتیازدهی به بافت محصول، خمیری بودن و یا نرمی غیرعادی، سفت بودن، تردی و شکنندگی بیش از حد سبب کسر امتیاز می‌گردد. از این‌رو براساس نتایج به‌دست آمده از ارزیابی بافت طی هر دو بازه زمانی مورد ارزیابی، انتظار می‌رفت که داوران چشایی به نمونه حاوی ۱۰ درصد مالت کینوآ امتیاز کمتری بدهند، زیرا این نمونه از سایر نمونه‌ها سفتی بیشتری داشت از سوی دیگر همین نمونه از امتیاز طعم و مزه پائین‌تری برخوردار بود که این امر به دلیل رهایش ناکارآمد مواد مولد طعم مزه در بافت‌های نامطلوب و فشرده می‌باشد. نتایج این پژوهش مطابق نتایج کیم و همکاران (۲۰۲۱) بود [۳٦].

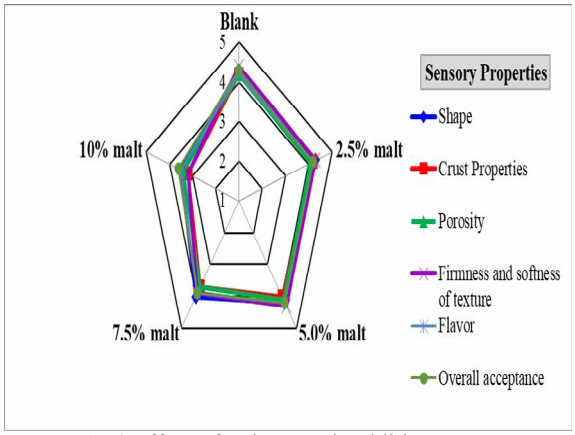

Fig 4 Effect of quinoa malt addition on sensory properties of gluten free bread

٤- نتیجه‌گیری

مالت به دلیل تأثیرات مثبت آن بر بهبود خصوصیات تکنولوژیکی محصول نهایی از مشتقات مهم دانه‌های غلات و شبه غلات به شمار می‌رود. از این‌رو در تحقیق حاضر که هدف تولید نان بدون گلوتن با خصوصیات کمی و کیفی مطلوب بود، از دانه کینوآ به منظور تولید مالت استفاده گردید و تأثیر این منبع آنزیمی بر ساختار داخلی نمونه و خصوصیات فیزیکوشیمیایی محصول نهایی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که استفاده از مالت آنزیمی کینوآ در سطح ۵ درصد به عنوان جایگزین آرد برنج، نه تنها خصوصیات تأثیر منفی بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی ندارد، بلکه باعث مقبولیت بیشتر بافتی و حسی این نمونه می‌گردد. از این‌رو بیماران دچار عدم

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-31]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.131.13.4]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.131.161]

تحمیل گلوتن می‌توانند با اطمینان خاطر این ترکیب با ارزش تغذیه‌ای بالا را در سبد غذایی خود قرار دهند.

۵- منابع

[1] Elke, K. A., and Dal Bello, F. 2008. *The gluten-free cereal products and beverages*, Elsevier Inc, pp: 1-394.

[2] Niewinski, M. 2008. Advances in celiac disease and gluten-free diet. *Journal of the American Dietetic Association*, 108: 661-672.

[3] Haghayegh, G.H., and Zavehzad, N. 2021. The Effect of Enzymatic Sorghum Malt on Texture and Sensory Properties of Gluten-Free Strudel (Based on Potato and Rice Flour). *Journal of Innovation in Food Science and Technology*, 13(1): 119-130.

[4] Jones, B.L. 2005. Endoprotease of barley and malt. *Journal of Cereal Science*, 42: 139-156.

[5] Ruales, J., Valencia, S., and Naier, B. 1993. Effect of Processing on the Physicochemical Characteristics of Quinoa Flour (Chenopodium quinoa, Willd). *Starch*, 45(10): 13–19.

[6] Enriquez, N., Peltzer, M., Raimundi, A., Tosi, V., and Pollio, M.L. 2003. Characterization of wheat and quinoa flour blends in relation to their bread making quality. *The Journal of the Argentine Chemical Society*, 91: 47-54.

[7] Bhinder, S., Kumari, S., Singh, B., Kaur, A., and Singh, N. 2021. Impact of germination on phenolic composition, antioxidant properties, antinutritional factors, mineral content and Maillard reaction products of malted quinoa flour. *Food Chemistry*, 346: 1-12.

[8] Miranda-Villa, P.P., Mufari, J.R., Bergesse, A.E., and Calandri, E.L. 2018. Effects of Whole and Malted Quinoa Flour Addition on Gluten-Free Muffins Quality. *Journal of Food Science*, 0(0): 1-7.

[9] Mäkinen, O.E., Zannini, E., and Arendt, E.K. 2013. Germination of Oat and Quinoa and Evaluation of the Malts as Gluten Free Baking Ingredients. *Plant Foods and Human Nutrition,* 68: 90–95.

[10] Kaur, S., and Kaur, N. 2017. Development and sensory evaluation of gluten free bakery products using quinoa (Chenopodium Quinoa) flour. *Journal of Applied and Natural Science*, 9(4): 2449 – 2455.

[11] AACC. 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 10th Ed., Vol. 2. *American Association of Cereal Chemists*, St. Paul, MN.

[12] Yaldagard, M., Mortazavi, S.A., and Tabatabaie, F. 2008. The Effectiveness of Ultrasound Treatment on the Germination Stimulation of Barley Seed and its Alpha-Amylase Activity. *International Journal of Chemical and Biomolecular Engineering*, 1(1): 55-58.

[13] Shahsavan Tabrizi, A., Ataye Salehi, E., and Sheikholesalami, Z. 2020. The effect of activated soy flour on the physicochemical, textural and sensory properties of pan bread. *Journal of Food Researches*, 30(3): 89-105.

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

[15] Abd Karim, A., Norzoah, M.H., and Seow, C. 2000. Methods for study of starch retrogradation. *Food Chemistry*, 71:9-36.

[16] Laura, T., Rodriguez, F., Pérez Padilla., A., Mercedes, E., and Campderr. S. 2015. Improvement of gluten-free bread properties by the incorporation of bovine plasma proteins and different saccharides into the matrix. *Food Chemistry*, 170(1): 257-264.

[17] Sun, D. 2008. *Computer vision technology for food quality evaluation*. Academic Press, New York.

[18] Gacula, J.R., Singh, J., Bi, J., and Altan, S. 1984. Statistical methods in food and consumer research. Academic press Inc. U.S.A, 360-366.

[19] Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Bulk breads – specifications and test methods. ISIRI no 2328. 2nd edition, Karaj: ISIRI; 2017 [in Persian].

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

[21] Koning, F., Gilissen, L., Wijmenga, C. 2005. Gluten: A two-edged sword. Immuno-pathogenesis of celiac disease. *Springer Seminars in Immunopathology,* 27: 217-232.

[22] Ward, F.M., and Andon, S.A. 2002. Hydrocolloids as film formers, adhesives and

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-31]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.131.13.4]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.131.161]

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-31]

[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.131.13.4]

[DOI: 10.22034/FSCT.19.131.161]

Bechtel, D.B., Ed., American Association of Cereal Chemists, St.Paul.

[31] Polaki, A., Xasapis, P., Fasseas, C., Yanniotis, S., & Mandala, I. 2010. Fiber and hydrocolloid content affect the microstructural and sensory characteristics of fresh and frozen stored bread. *Journal of Food Engineering*, 97: 1–7.

[32] Demirkesen, I., Sumnu, G., and Sahin, S. 2013. Image Analysis of Gluten-free Breads Prepared with Chestnut and Rice Flour and Baked in Different Ovens. *Food Bioprocess Technology*, 6:1749–1758.

[33] Jan, Kh.N., Panesar, P.S., and Singh, S. 2017. Process standardization for isolation of quinoa starch and its characterization in comparison with other starches, *Food Measure*, 11: 1919–1927.

[34] Saari, H., Rayner, M., and Wahlgren, M. 2019. Effects of starch granules differing in size and morphology from different botanical sources and their mixtures on the characteristics of Pickering emulsions. *Food Hydrocolloids*, 89: 844-855.

[35] Boz, H., and Karaoglu, M.M. 2013. Improving the quality of whole wheat bread by using various plant origin materials. *Czech Journal of Food Science*, 31: 457–466.

[36] Kim, D., Oh, H., and Kim, Y.S. 2021. Effect of Kañiwa (Chenopodium pallidicaule) Flour Addition on Textural, Physical, and Sensory Properties of Pound cakes. *Progress in Nutrition*, 23(4): 2021178.

[37] Yang, B., Guo, M., and Zhao, Z. 2020. Incorporation of wheat malt into a cookie recipe and its effect on the physicochemical properties of the corresponding dough and cookies. *LWT - Food Science and Technology*, 117: 108651.

gelling agents for bakery and cereal products. *Journal of Cereal Food World*, 47(2): 52-55.

[23] Maleki Tabrizi, H., Aalami, M., Maghsuodlou, Y., and Ziaiifar, A.M. 2018. Effect of malted millet flour and xanthan gum on physical properties of gluten free batter and cake. *Journal of Food Science and Technology*, 83(15): 359-366 [in Persian].

[24] Armero, E., Collar, C. 1996. Antistaling additives, flour type and sourdough process effects on functionality of wheat dough. *Journal of Food Science*, 61(2): 299-303.

[25] Ayoubi, A. 2018. Effect of flaxseed flour incorporation on physicochemical and sensorial attributes of cupcake. *Journal of Food Science and Technology,* 78(15): 217-228 [in Persian].

[26] Chiotelli, E., and Le Meste, M. 2002. Effect of small and large wheat starch granules on thermomechanical behavior of starch. *Cereal Chemistry*, 79(2):286-93.

[27] Salinas, M.V., and Puppo, M.C. 2018. Bread staling: changes during storage caused by the addition of calcium salts and inulin to wheat flour. *Food and Bioprocess Technology*, 11: 2067–2078.

[28] Asmeda, R., Noorlaila, A., and Norziah, M. 2016. Relationships of damaged starch granules and particle size distribution with pasting and thermal profiles of milled MR263 rice flour. *Food Chemistry*, 191:45-51.

[29] Banu, I., and Aprodu, I. 2020. Assessing the performance of different grains in gluten-free bread applications. *Apply of Science*, 10, 8772: 1-12.

[30] Varriano-Marston, E. 1983. Polarization microscopy: application in cereal science, in New Frontiers in Food Microstructure,

Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Investigation of the effect quinoa malt addition on the shelf life and structure of gluten-free bread

Eftekhari Yazdi, A. [1], Pedramnia, A. [2*], Naghipour, F. [2&3], Elhamirad, A. H. [2], Saieedi Asl, M. R. [2]

1. Ph.D of Food Science and Technology, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran.
2. Department of Food Science and Technology, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran.
3. Seed and Plant Improvement Institute, Agriculture Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

ARTICLE INFO

Article History:

Received 2022/ 07/ 02
Accepted 2022/ 09/ 10

Keywords:

Quinoa malt,
Gluten-free bread,
Enzymatic activity,
Physicochemical properties.

DOI: 10.22034/FSCT.19.131.161
DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.131.13.4

*Corresponding Author E-Mail:
ahmadpedram@yahoo.com

ABSTRACT

The use of quinoa seeds and its derivatives in the bakery products formulation, in addition to improving the nutritional value of the final product, reduces dependence on plant sources with high water requirements such as wheat and rice, so in this study the effect of rice flour replacement by whole quinoa enzymatic malt at levels of 0, 2.5, 5, 7.5 and 10% on physicochemical and textural properties and internal structure of gluten-free bread was investigated. The results showed that by increasing the amount of quinoa malt (up to 10%) in the product formulation no significant effect on moisture content and water activity was observed. However, the firmness of the texture in 2 and 72h after baking increased by 10% of quinoa malt. Also, the specific volume and porosity of the product was reduced only at level of 10% of quinoa malt flour. On the other hand, by increasing the amount of quinoa malt flour, the enthalpy of the samples decreased (2 and 72h after baking), while the enthalpy increased with increasing product storage time. The results of crust color evaluation showed a decrease in the amount of L* value and an increase in the amount of a* and b* values by increasing the amount of malt flour in the formulation, which indicates more turbidity of the product. The results of images obtained by Scanning Electron Microscope showed the average values of diameter and pore area of the product decreased by addition quinoa malt. Finally, the panellists gave the highest overall acceptance score to three samples containing 0, 2.5 and 5% of quinoa malt, which indicates the improvement of quantitative and qualitative properties of the final product using enzymatic derivatives and gluten-free quinoa.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-31]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.131.13.4]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.131.161]