



تأثیر غنی‌سازی خمیر بربری با آرد کامل کینوا بر ویژگی‌های فارینوگرافی و کیفیت نان

مهرداد مودنی^۱، سهیلا زرین‌قلمی*^۲ و علی گنجلو^۲

تاریخ پذیرش: ۹۶/۷/۲۲

تاریخ دریافت: ۹۶/۴/۲۷

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

^۲ به‌ترتیب دانشیار و استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

*مسئول مکاتبه Email: zaringhalami@znu.ac.ir

چکیده

هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی امکان تولید نان بربری غنی‌شده با آرد کامل کینوا بوده است. بدین منظور آرد گندم با نسبت‌های ۰، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد با آرد کامل کینوا جایگزین شد. سپس ویژگی‌های فارینوگرافی خمیر شامل میزان جذب آب، زمان گسترش، زمان پایداری و درجه نرم شدن مورد بررسی قرار گرفت. همچنین تخلخل، سفتی، رنگ و خصوصیات حسی نان بربری نیز ارزیابی شد. نتایج به دست آمده نشان داد که میزان جذب آب و زمان گسترش خمیر به صورت معنی‌داری ($P < 0.05$) در نمونه‌های خمیر حاوی آرد کامل کینوا افزایش پیدا کرد، ولی زمان مقاومت خمیرنمونه‌های حاوی آرد کامل کینوا کاهش معنی‌داری ($P < 0.05$) داشت و درجه نرم شدگی خمیر افزایش پیدا کرد. نتایج بررسی تخلخل نان و سفتی نان‌ها مشخص کرد که نان شاهد و نان حاوی ۱۰ درصد کینوا بالاترین تخلخل و کمترین سفتی را داشتند. بررسی رنگ نان‌ها نشان داد که میزان a^* پوسته نان در نان‌های حاوی کینوا به صورت معنی‌داری افزایش داشته و شاخص‌های b^* و L^* نیز به صورت معنی‌داری کاهش یافته است ($P < 0.05$). همچنین از نظر ارزیابی حسی، نان حاوی ۱۰ درصد آرد کامل کینوا و نمونه شاهد بیشترین امتیاز را کسب کردند. بنابراین می‌توان آرد گندم را تا میزان ۱۰ درصد آرد با کامل کینوا، بدون تغییر نامطلوب در ویژگی‌های حسی و کیفی نان بربری، غنی‌سازی کرد.

واژگان کلیدی: آرد کامل کینوا، غنی‌سازی، نان بربری، ویژگی‌های فارینوگرافی، ویژگی‌های کیفی

مقدمه

فروانی دارد، اما بسیاری از مواد تغذیه‌ای آن در طی فرآیند آسیاب کردن از بین می‌رود. از آنجایی که اکثریت افراد جامعه بدون توجه به وضعیت اجتماعی و اقتصادی، نان را مصرف می‌کنند و تقریباً غذای اصلی مورد مصرف بخش عمده‌ای از افراد جامعه می‌باشد، بنابراین می‌تواند برای غنی‌سازی، ماده غذایی مناسبی می‌باشد (اعلایی و همکاران ۱۳۹۵، پورافشار و همکاران ۲۰۱۱). به همین دلیل در سال‌های اخیر به غنی‌سازی آرد گندم توسط سایر غلات توجه بسیاری شده است

در بسیاری از کشورهای جهان به خصوص کشور ما، نان غذای اصلی محسوب می‌شود و روزانه قسمت اعظم انرژی، پروتئین، املاح معدنی و ویتامین‌های گروه ب مورد نیاز بدن را تأمین می‌کند (رجب‌زاده ۱۳۸۶). ماده غذایی ممکن است به طور طبیعی کمبود ویتامین یا ماده معدنی داشته باشد، یا در اثر فرآیند اعمال شده روی آن حداقل قسمتی از این مواد را از دست بدهد. در این مورد اگرچه دانه گندم کامل مزیت‌های تغذیه‌ای

بین‌المللی کینوا نام‌گذاری گردیده است (ایگلسیاس و همکاران ۲۰۱۵).

به دلیل ویژگی‌های تغذیه‌ای فراوان، در سال‌های اخیر از این دانه برای تولید محصولات نانویی از جمله نان، استفاده شده است. جانکرو و همکاران در سال ۲۰۰۹ طی مطالعه‌ای بیان کردند که پروتئین کینوا از نظر کمی و کیفی بهتر از دانه‌های غلات متداول مورد مصرف است. دانه کینوا مقدار لیزین بیشتری از دانه گندم دارد و از نظر ترکیب اسیدهای آمینه نسبت بهتری برای تغذیه انسان و دام در مقایسه با گندم و سایر غلات دارد (جانکرو و همکاران ۲۰۰۹).

استیکیک و همکاران در سال ۲۰۱۲، در فرمول تهیه نان حجیم از آرد کینوا به جای آرد گندم در چهار سطح صفر (نمونه شاهد)، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد استفاده کردند. نتایج به دست آمده نشان داد که نان‌های دارای کینوا، از نظر اسید آمینه به ویژه اسید آمینه‌های ضروری مانند لیزین غنی‌تر هستند و همچنین مقدار پروتئین آن‌ها نسبت به نمونه شاهد، ۲ درصد افزایش داشته است. همچنین در بین نمونه‌های تولید شده، نان‌های حاوی ۲۰ درصد کینوا، از نظر خواص رئولوژیکی و حسی مطلوب گزارش شدند (استیکیک و همکاران ۲۰۱۲).

ایگلسیاس و همکاران نیز در سال ۲۰۱۵، از آرد کینوا جهت جایگزینی با آرد گندم در سطوح ۲۵ و ۵۰ درصد در نان استفاده کردند. نتایج نشان داد که مقدار فیبر و مواد معدنی مانند کلسیم، آهن و روی نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت. همچنین مقدار فیتات که از جذب فلزات ضروری نظیر روی و آهن ممانعت می‌کند، کاهش پیدا کرد (ایگلسیاس و همکاران ۲۰۱۵).

با توجه به ویژگی‌های کشت مناسب و ارزش تغذیه‌ای بالا، دانه کینوا در سال‌های اخیر در سراسر جهان بسیار مورد توجه قرار گرفته است، اما متأسفانه در کشور ما، به کشت دانه کینوا و تولید محصولات حاوی آن توجه کمی شده است. در پژوهشی جلدانی و همکاران (۱۳۹۵) ویژگی‌های کیفی نان بربری غنی‌شده

(ایگلسیاس و همکاران ۲۰۱۵، استیکیک و همکاران ۲۰۱۲، ابراهیم‌زاده ۱۳۹۴).

کینوا (*Chenopodium quinoa willd*) از خانواده Chenopodiaceae شبه غله‌ی بومی مناطق کوه‌های آند در آمریکای جنوبی است که به طور سنتی از ۵۰۰۰ سال پیش در این مناطق کشت می‌شده و برای تغذیه انسان و حیوانات کاربرد داشته است (تورکوت و همکاران ۲۰۱۶؛ نوک و همکاران ۲۰۱۶). این گیاه از نظر ژنتیکی تنوع بسیار بالایی دارد که امکان انتخاب و کشت آن را در مناطق مختلف آب و هوایی مانند ایالات متحده آمریکا، کانادا، هند، انگلیس، دانمارک، یونان، ایتالیا و سایر کشورهای اروپایی امکان‌پذیر نموده است. در طی سال‌های ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۰ سطح زیرکشت کینوا به دو برابر و تولید آن به سه برابر در کشورهای اصلی تولید کننده آن از قبیل اکوادور، پرو و بولیوی افزایش یافته است (ریزولو و همکاران ۲۰۱۶؛ ایگلسیاس و همکاران ۲۰۱۵). همچنین امروزه کشت این دانه در اروپا، آمریکای شمالی، آفریقا و آسیا از جمله کشور ایران انجام می‌گیرد (جلدانی و همکاران ۱۳۹۶).

به دلیل بالا بودن کمیت و کیفیت پروتئین کینوا، ناسا در دهه نود میلادی کینوا را به عنوان یک محصول نوظهور با ویژگی‌های تغذیه‌ای مناسب برای استفاده در مأموریت‌های طولانی‌مدت، طبقه‌بندی کرد (ناسیمنتو و همکاران ۲۰۱۴). پروتئین کینوا غنی از اسیدهای آمینه لیزین، متیونین و ترئونین است که این اسیدهای آمینه، در بسیاری از غلات از جمله گندم به عنوان مهم‌ترین غله در تولید محصولات نانویی، محدود کننده هستند (ریزولو و همکاران ۲۰۱۶). همچنین کینوا منبعی سرشار از فیبر، مواد معدنی نظیر کلسیم، آهن، روی و منیزیم است و غنی از ویتامین ای و ترکیبات ضد اکسایشی می‌باشد. به دلیل ارزش غذایی بالای این دانه، سال ۲۰۱۳ توسط سازمان غذا و کشاورزی^۱ به عنوان سال

^۱-Food and Agriculture Organization (FAO)

آزمون‌های شیمیایی آرد

روش‌های ارزیابی رطوبت با روش آون 102 ± 2 (AACC, 44-15A)، چربی روش مرجع (AACC, 30-10)، خاکستر با روش کوره الکتریکی $550-600$ ، پروتئین مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۱۹۰۵۲، مقدار مواد معدنی (کلسیم، منیزیم، روی و آهن) آرد کینوا با دستگاه اسپکتروفتومتری جذب اتمی (ساخت استرالیا) (لاها و همکاران ۲۰۱۴) و مقدار فیبر کل با دستگاه Fibertak (Fiber Analyser) مدل FA-100 ساخت ایران (استیکیک ۲۰۱۲) انجام شد. میزان کربوهیدرات نیز از روش تفریقی محاسبه شد (ریزلو و همکاران ۲۰۱۶).

آزمون فارینوگرافی خمیر

این آزمون جهت ارزیابی ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر شامل میزان جذب آب، زمان گسترش خمیر، ثبات و درجه نرم شدن آن طبق روش AACC-5421، توسط دستگاه فارینوگراف (برابندر، آلمان) انجام شد (AACC, 2000).

روش تهیه خمیر و پخت نان

نمونه‌های نان بربری در یکی از نانوائی محلی شهر زنجان با فرمواسیون آرد کامل کینوا در سه سطح ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد جایگزین آرد گندم گردید. نان شاهد، بدون افزودن صمغ زانتان و آرد کامل کینوا تهیه شد. مقدار آب مورد استفاده برای تهیه خمیر با توجه به فارینوگرام تعیین شد. سوسپانسیون مخمر از مخلوط کردن آب ولرم در حدود دمای 40°C و مقدار کمی قند تهیه شد (بیغمبردوست ۱۳۸۸). خمیر طبق جدول یک در مخلوطکن خانگی اسپیرال ۲ کیلوگرمی (مدل Clatronic KM3067) تهیه شد. بعد از سپری شدن دوره‌های تخمیر اولیه (۲۵ دقیقه و 33°C)، تخمیر میانی (۸ دقیقه و 30°C)، تخمیر نهایی (۵۰ دقیقه و 35°C) در دمای 180°C به مدت ۲۵ دقیقه در یکی از نانوائی‌های شهر زنجان پخته شد.

با آرد کامل کینوا را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها در این پژوهش به این نتیجه رسیدند که افزودن آرد کینوا سبب بهبود ویژگی‌های کیفی و حسی نان بربری می‌شود. ابراهیم‌زاده و همکاران (۱۳۹۴) اثر آرد کینوا را بر خواص رئولوژیکی خمیر نان بربری در سطوح جایگزینی ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد ارزیابی کردند. نتایج حاصل تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌های شاهد و سایر تیمارها نداشت اما در آزمون رنگ سنجی این اختلاف معنی‌دار بود.

در پژوهش‌های قبلی انجام شده در ارتباط با اثر جایگزینی آرد گندم با آرد کینوا در نان بربری، ویژگی‌های رنگ سنجی مغز و پوسته و همچنین بعضی ویژگی‌های کیفی مانند افت وزنی و خواص حسی نان بربری مورد بررسی قرار گرفته‌اند. اما تاکنون ویژگی‌های فارینوگرافی خمیر و ویژگی‌های کیفی نان حاصل مورد توجه قرار نگرفته است. بنابراین هدف از پژوهش حاضر بررسی اثر غنی‌سازی آرد کامل کینوا با آرد گندم در سطوح ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد در فرمول خمیر نان بربری و بررسی ویژگی‌های فارینوگرافی خمیر و خواص کیفی و حسی نان‌های بربری به دست آمده بوده است.

مواد و روش‌ها

مواد اولیه

دانه‌های کینوا (*Chenopodium quinoa Willd*) از شهر کالیفرنیا در کشور آمریکا تهیه شد و پس از آرد کردن توسط آسیاب (Perten مدل ۳۱۰۰، سوئد) از الک‌های $4/0$ میلی‌متر عبور داده شد. آرد گندم مورد استفاده در این پژوهش از یکی از نانوائی‌های محلی پخت نان بربری در زنجان تهیه شد. مخمر ساکارومایسس سرویزیه^۱ به صورت خشک فعال از شرکت آستان قدس رضوی (فریمان، مشهد)، تهیه شد. صمغ زانتان با درجه خوراکی از شرکت گام تک تبریز خریداری گردید.

¹ *S. Cerevisiae*

ارزیابی حسی

به منظور ارزیابی حسی نمونه‌های نان، ویژگی‌های شکل ظاهری نان، رنگ پوسته، ویژگی‌های سطح‌رویی، سفتی و نرمی بافت، پوکی و تخلخل، قابلیت جویدن، عطر و طعم و پذیرش کلی توسط ده نفر ارزیاب نیمه آموزش‌دیده به روش هدونیک پنج نقطه‌ای (۱=غیرقابل قبول تا ۵=خیلی خوب) مورد ارزیابی قرار گرفت (استاندارد ملی ایران ۲۸۲۶).

تجزیه و تحلیل آماری

آنالیز داده‌های حاصل از آزمون‌ها با ۳ بار تکرار با استفاده از نرم‌افزار SPSS (version 16.0) ارزیابی گردید. برای تعیین اختلاف بین داده‌ها از آنالیز واریانس یک‌طرفه استفاده شد. تفاوت معنی‌دار بین داده‌ها با آزمون LSD در سطح اطمینان ۵ درصد تعیین گردید.

نتایج و بحث

ترکیبات شیمیایی و تغذیه‌ای آرد کامل کینوا و آرد گندم

نتایج ارزیابی ویژگی‌های شیمیایی و تغذیه‌ای آرد کامل کینوا و آرد گندم مورد استفاده، در جدول ۲ آورده شده است. مطابق نتایج، میزان رطوبت آرد کینوا 10.0 ± 31.053 درصد بود. گزارش شده است که مقدار پروتئین آرد کامل کینوا بیشتر از سایر غلات و در محدوده بین ۱۴ تا ۱۸ درصد می‌باشد (استیکیک ۲۰۱۲)؛ که در این مطالعه نیز میزان پروتئین 14.25 ± 0.15 برآورد شد. میزان لیپید نیز 5.8 ± 0.12 و فیبر کل هم 11.0 ± 4.315 است که بالاتر از بسیاری از غلات است.

جدول ۱- فرمولاسیون نان

ترکیبات فرمول نان (درصد)	۱۰۰	۹۰	۸۵	۸۰
آرد گندم	۱۰۰	۹۰	۸۵	۸۰
آرد کامل کینوا	۰	۱۰	۱۵	۲۰
صمغ زانتان	۰	۱	۱	۱
مخمر	۳	۳	۳	۳
نمک	۲	۲	۲	۲
آب	۶۰/۶	۷۴/۲	۷۲	۶۸/۸

آزمون ارزیابی رنگ پوسته و تخلخل مغز نان

رنگ پوسته نان‌ها در فاصله زمانی ۲ ساعت پس از پخت، از طریق تعیین سه شاخص L^* (روشنی)، a^* (سبزی-قرمزی) و b^* (زردی-آبی) مشخص شد. جهت اندازه‌گیری این شاخص‌ها، از نمونه‌ها توسط دوربین (D7000 Nikon ساخت ژاپن) با فاصله ۴۰ سانتی‌متری و با اندازه 3264×4928 پیکسل عکس گرفته شد. سپس شاخص‌های موردنظر با استفاده از نرم‌افزار Image J تعیین شد.

تعیین سفتی بافت مغز نان

سفتی بافت مغز نان ۲ ساعت بعد از پخت با دستگاه اندازه‌گیری بافت اینسترون (Instron Corp., Norwood, MA, USA) با لود سل با حداکثر نیروی فشرش ۵۰۰ نیوتنی و پروب استوانه‌ای با قطر ۳۶ میلی‌متر، انجام گرفت. سرعت حرکت پروب ۳۰۰ میلی‌متر در هر دقیقه بود. میزان فشردگی تا ۷۵ درصد ارتفاع اولیه نان تعیین گردید (کورک و همکاران ۲۰۱۷).

جدول ۲- داده‌های حاصل از آنالیز ترکیبات شیمیایی و تغذیه‌ای آرد کامل کینوا و گندم

ویژگی‌ها	رطوبت	پروتئین	لیپید	خاکستر	فیبر کل	کربوهیدرات
آرد کامل کینوا	10.0 ± 31.053^b	14.25 ± 0.15^a	5.8 ± 0.12^a	11.0 ± 4.315^b	11.0 ± 4.315^a	67.0 ± 4.810^b
آرد گندم	12.0 ± 2.03^a	11.0 ± 7.02^b	2.0 ± 1.03^b	1.0 ± 4.04^a	2.0 ± 4.05^b	82.0 ± 4.065^a

* داده‌ها میانگین سه تکرار \pm انحراف معیار و واحدها برحسب درصد و حروف متفاوت نشانگر معنی‌دار بودن تفاوت بین میانگین‌ها می‌باشد.

مواد معدنی آرد کامل کینوا

نتایج اندازه‌گیری میزان مواد معدنی کلسیم، منیزیم، روی و آهن موجود در آرد کامل کینوا در مقایسه با آرد گندم، در جدول ۳ آورده شده است. مطابق نتایج به دست آمده میزان این مواد معدنی به ویژه روی و آهن، در آرد کامل کینوا نسبت به آرد گندم بسیار قابل توجه است. به علاوه مطابق نتایج تحقیق کوزیول (۱۹۹۲)،

می‌توان نتیجه گرفت که میزان آهن در آرد کامل کینوا ($46/1 \pm 36/65$ میلی‌گرم بر کیلوگرم) نسبت به غلاتی نظیر برنج (7 میلی‌گرم بر کیلوگرم)، یولاف ($5/02$ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و ذرت ($2/77$ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بسیار بیشتر می‌باشد. بنابراین آرد کامل کینوا می‌تواند منبع طبیعی غنی از مواد معدنی مهم هم‌چون آهن، کلسیم، روی و منیزیم باشد.

جدول ۳- میزان مواد معدنی آرد کامل کینوا و آرد گندم

آهن (mg/Kg)	روی (mg/Kg)	منیزیم (g/Kg)	کلسیم (g/Kg)	
$41/1 \pm 45/12^a$	$19/0 \pm 22/56^a$	$1/0 \pm 45/22^a$	$4/0 \pm 55/34^{*a}$	آرد کامل کینوا
$0/0 \pm 06/01^b$	$0/0 \pm 34/05^b$	$0/0 \pm 98/09^b$	$0/0 \pm 27/04^b$	آرد گندم

* داده‌ها میانگین سه تکرار \pm انحراف معیار و متفاوت بودن حروف نشانگر اختلاف میانگین‌ها می‌باشد.

آزمون رئولوژیکی خمیر

نتایج آزمون فارینوگرافی برای نمونه شاهد و نمونه‌های حاوی آرد کامل کینوا در جدول ۴ آورده شده است. مطابق نتایج به دست آمده نمونه‌های حاوی آرد کامل کینوا در مقایسه با نمونه شاهد، افزایش معنی‌داری ($P < 0/05$) در میزان جذب آب خمیر داشتند. این در حالی است که نمونه حاوی ۱۰ درصد آرد کامل کینوا، بیشترین افزایش را در میزان جذب آب داشته است و کمترین میزان جذب آب مربوط به نمونه شاهد می‌باشد. از آنجایی که گلوتن نقش اساسی در میزان جذب آب دارد، کاهش در میزان جذب آب در نمونه‌های حاوی درصد‌های بالاتر از آرد کینوا، احتمالاً به دلیل کم شدن میزان گلوتن در خمیر می‌باشد که با افزایش درصد جایگزینی آن میزان جذب آب نیز کاهش می‌یابد. این نتایج با یافته‌های استیکیک و همکاران (۲۰۱۲) که اثر جایگزینی آرد کینوا با نسبت‌های ۰، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد با آرد گندم بر ویژگی‌های فارینوگرافی خمیر نان حجیم را بررسی کردند، مطابقت دارد. از طرفی افزایش میزان جذب آب در نمونه ۱۰ درصد را می‌توان به اثر حضور صمغ زانتان و ویژگی آب‌دوستی آن و

رقابت بین هیدروکلوئیدها و گلوتن در جذب آب نیز نسبت داد (مجدوبی و همکاران ۱۳۹۰؛ قرایی و همکاران ۱۳۹۳؛ دیویدوس و همکاران ۱۹۹۹). قنبری و فرمانی (۲۰۱۳) نیز که در پژوهشی اثر صمغ‌های زانتان، کاپا-کاراگینان و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز را بر خصوصیات خمیر و کیفیت نان بربری مورد بررسی قرار دادند. گزارش کردند که تمام صمغ‌های مذکور، جذب آب را افزایش داده‌اند.

با افزایش میزان جذب آب، زمان گسترش خمیر نیز به صورت معنی‌داری ($P < 0/05$) افزایش پیدا کرده است (جدول ۴) که با نتایج پوراسماعیل و همکاران (۱۳۹۰) مطابقت دارد. نتایج تحقیقات روجاس و همکاران (۱۹۹۹) نیز نشان داد که افزودن صمغ‌های گوار، کاپا-کاراگینان، هیدروکسی پروپیل متیل سلولز، آلژینات سدیم و زانتان به فرمولاسیون نان حجیم، سبب افزایش زمان گسترش خمیر می‌گردد، اما زمان مقاومت خمیر در نمونه‌های حاوی کینوا به صورت معنی‌داری کاهش پیدا کرده است. پایداری خمیر که طبق تعریف زمانی است که منحنی روی خط ۵۰۰ واحد برابرندر می‌ماند و توانایی خمیر را در مقابل مخلوط کردن نشان می‌دهد،

در خمیر حاصل باشد (ریبوتا و همکاران، ۲۰۰۵). همانطور که در جدول ۴ مشخص است این امر در میزان درجه نرم شدن و سست شدن خمیر نیز تاثیر داشته است.

در نمونه حاوی ۱۰٪ آرد کینوا کاهش معنی داری ($P < 0.05$) را نسبت به نمونه شاهد دارد. این امر می‌تواند به دلیل کاهش میزان گلوتن و بر هم کنش اجزای آرد کینوا و آرد گندم به ویژه پروتئینها و کاهش پیوندهای دی سولفیدی و پیوند بین نشاسته و پروتئین

جدول ۴- نتایج آزمون رئولوژیکی خمیر

تیمار	میزان جذب آب (%)	زمان گسترش خمیر (min)	زمان مقاومت خمیر (min)	درجه نرم شدن بعد از ده دقیقه (FU)
شاهد (۰٪ کینوا)	۶۰/۰ ± ۶/۱۲ ^{b*}	۲/۰ ± ۰/۰۵ ^b	۶/۰ ± ۸/۱۲ ^a	۳ ± ۶۹/۱۲ ^b
۱۰٪ کینوا	۷۴/۰ ± ۲/۱۵ ^a	۳/۰ ± ۹/۰۷ ^a	۲/۹۰ ± ۰/۰۴ ^b	۳ ± ۸۸/۰۴ ^a
۱۵٪ کینوا ^{**}	۰ ± ۷۲/۲۲	۶/۰ ± ۲/۱۲	۴/۰ ± ۵/۰۵	۰ ± ۲۴/۲۳
۲۰٪ کینوا	۶۸/۰ ± ۸/۳	۶/۰ ± ۰/۱۵	۳/۰ ± ۹/۰۸	۰ ± ۱۳/۱۱

* داده‌ها میانگین سه تکرار ± انحراف معیار و همچنین حروف غیرمشابه نشان دهنده معنی دار بودن تفاوت میانگین‌ها در هر ستون می‌باشد ($P < 0.05$).

** داده‌های به دست آمده برای نمونه حاوی ۱۵ درصد کینوا در خط ۳۹۰ برابرند و نمونه ۲۰ درصد کینوا ۲۹۰ برابرند محاسبه گردیده است. با توجه به اینکه نمونه های حاوی ۱۵ درصد آرد کینوا و همچنین ۲۰ درصد به خط برابرند ۵۰۰ نرسیده است. کاهش میزان درجه نرم شدن بعد از ۱۰ درصد قابل مقایسه نمی باشد.

آزمون رنگ سنجی پوسته نان

مطابق نتایجی که در جدول ۵ آورده شده، میزان b^* و L^* در نان‌های حاوی آرد کامل کینوا نسبت به نان شاهد کاهش یافته اما میزان a^* به صورت معنی‌داری افزایش داشته است ($P < 0.05$). حضور رنگ‌دانه بتالانین در آرد کامل کینوا و همچنین وجود قند احیا کننده نظیر گلوکز و اسید آمینه‌هایی مانند لیزین در

ترکیب آرد کینوا سبب می‌شود که در طی فرآیند پخت، واکنش میلارد به مقدار بیشتری نسبت به نان‌های حاوی آرد گندم رخ دهد که این مورد نیز می‌تواند باعث افزایش شدت قرمزی پوسته نان‌ها شود. نتایج این پژوهش با نتایج قاسمی‌زاده و همکاران (۱۳۹۶)، جلدانی و همکاران (۱۳۹۵) و ابراهیم‌زاده (۱۳۹۴) مطابقت دارد.

جدول ۵- نتایج آزمون رنگ سنجی، تخلخل و سفتی نان‌ها

تیمار	L^*	a^*	b^*	تخلخل (درصد)	سفتی (N)
نمونه شاهد	۵۲/۰ ± ۷۲/۱۹ ^a	۱/۰ ± ۰/۱۰۴ ^b	۴۳/۰ ± ۱۴/۲ ^a	۲۰/۰ ± ۸۸/۱۶ ^a	۱۸/۰ ± ۸۵/۱۵ ^c
نمونه ۱۰٪ کینوا	۴۹/۰ ± ۸۸/۱۳ ^b	۶/۰ ± ۲۸/۱۹ ^a	۳۲/۰ ± ۵۹/۱۱ ^b	۱۵/۰ ± ۸۷/۱۵ ^b	۲۱/۰ ± ۰/۱۲۷ ^b
نمونه ۱۵٪ کینوا	۴۸/۰ ± ۷۶/۱۲ ^c	۶/۰ ± ۰/۳۱۶ ^a	۳۱/۰ ± ۴۸/۱۸ ^b	۱۴/۰ ± ۷۵/۲۷ ^{bc}	۲۱/۰ ± ۴۹/۲۵ ^b
نمونه ۲۰٪ کینوا	۴۸/۰ ± ۰/۹۱۱ ^d	۵/۰ ± ۸۷/۱۷ ^a	۳۱/۰ ± ۱۳/۲۵ ^b	۱۴/۰ ± ۳۳/۲۴ ^c	۲۲/۰ ± ۰/۴۱۱ ^a

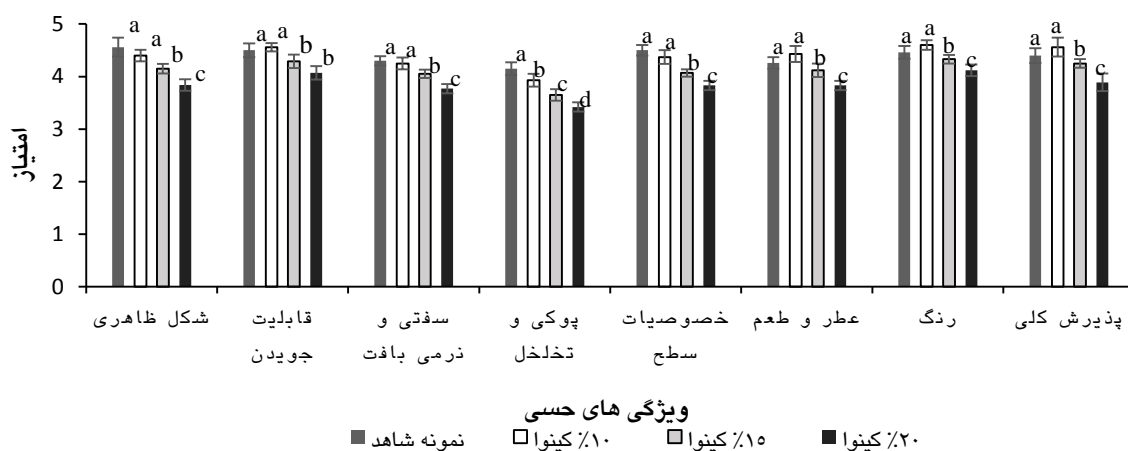
* داده‌ها میانگین سه تکرار ± انحراف معیار و همچنین حروف غیرمشابه نشان دهنده معنی دار بودن تفاوت میانگین‌ها در هر ستون می‌باشد ($P < 0.05$).

تخلخل و سفتی بافت نان

از ویژگی‌های کیفی مهم مغز نان، تخلخل و سفتی بافت آن است که در حالت کلی اشاره به ساختار منافذ در مغز نان دارد و از عوامل تأثیرگذار در تعیین خواص کیفی بافت نان می‌باشد. مطابق نتایج جدول ۵، میزان تخلخل نمونه‌های حاوی آرد کامل کینوا نسبت به نمونه شاهد به صورت معنی‌داری ($P < 0.05$) کاهش و سفتی آن‌ها افزایش یافته است. در پژوهشی ایگلسیاس و همکاران (۲۰۱۵) جایگزینی آرد کینوا در سطوح ۲۵ و ۵۰ درصد در نان را بررسی کردند و نتایج به دست آمده نشان داد که با افزایش جایگزینی آرد کینوا در نان، میزان حجم مخصوص کاهش یافته و بافت فشرده‌تری نسبت به نمونه شاهد حاصل می‌شود. علاوه بر این کاهش تخلخل می‌تواند به دلیل افزودن صمغ نیز باشد. باقری و همکاران (۱۳۹۳) با افزودن صمغ‌های قدومه شهری و زانتان به نان بدون گلوتن به این نتیجه رسیدند که هرچند تعداد سلول‌های گازی افزایش می‌یابد ولی تخلخل به صورت معنی‌داری کاهش پیدا می‌کند.

ارزیابی حسی

نتایج آنالیز داده‌های مربوط به ارزیابی حسی نشان داد که امتیاز ارزیابی حسی نمونه دارای ۱۰ درصد آرد کامل کینوا در تمامی موارد به جز پوکی و تخلخل مشابه شاهد بوده و نسبت به سایر نمونه‌ها امتیاز حسی بیشتری دارد (شکل ۱). از طرف دیگر، نان‌هایی که در فرمولاسیون آن‌ها از آرد کامل کینوا استفاده شده بود، به علت عطر و طعم خاص کینوا با نمونه شاهد تفاوت داشتند که این ویژگی عطر و طعم خاص، برای ارزیاب‌ها مطلوب بود. در مورد رنگ نیز، رنگ پوسته نمونه‌های حاوی کینوا زرد مایل به قرمز و مشابه نمونه شاهد بود. نتایج پژوهش ایگلسیاس و همکاران (۲۰۱۵) در مورد ارزیابی حسی نان دارای ۲۵ درصد کینوا تفاوت معنی‌داری را با نمونه شاهد نشان داد. اما در سطح جایگزینی ۵۰ درصد ویژگی‌های حسی کاهش معنی‌داری پیدا کردند. نتایج ارزیابی حسی استیکیک و همکاران (۲۰۱۲) نیز در مورد نان‌های حاوی کینوا نشان داد که نان‌های دارای ۱۵ درصد کینوا بالاترین امتیاز حسی را کسب کردند. البته نان‌های حاوی ۱۰ و ۲۰ درصد کینوا هم امتیاز قابل قبولی را داشتند.



شکل ۱- نتایج ارزیابی حسی

نتیجه‌گیری

به طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که غنی کردن فرمول نان بربری با افزودن آرد کامل کینوا به میزان ۱۰ درصد سبب افزایش میزان جذب آب و زمان گسترش خمیر و کاهش پایداری و در نتیجه افزایش درجه نرم شدن خمیر می‌شود. اما این میزان جایگزینی سبب بهبود ویژگی‌های رنگی (شاخص a^*) شده و از نظر ویژگی‌های بافتی (تخلخل و سفتی) نسبت به سایر نمونه‌ها به نمونه نان شاهد نزدیکتر است و این میزان

جایگزینی تاثیر نامطلوبی بر ویژگی‌های حسی نان نمی‌گذارد. به طوری که ویژگی‌های حسی نمونه ۱۰ درصد آرد کینوا به نمونه شاهد بسیار نزدیک بوده و بالاترین امتیاز را در بین سایر نمونه‌ها کسب کرد. بنابراین با توجه به ویژگی‌های تغذیه‌ای مناسب آرد کینوا از لحاظ میزان مواد معدنی (کلسیم، منیزیم، روی و آهن)، فیبر، لیپید و پروتئین، افزودن ۱۰٪ آرد کامل کینوا به فرمول نان بربری به عنوان یک ماده فراسودمند، جهت غنی‌سازی پیشنهاد می‌گردد.

منابع مورد استفاده

- ابراهیم‌زاده آ، ۱۳۹۴. مطالعه ویژگی‌های شیمیایی، فیزیکی و رئولوژیکی نان بربری غنی‌شده با آرد کینوا، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی شهر قدس.
- استاندارد ملی ایران شماره ۱۹۰۵۲، ۱۳۹۳. غلات و حبوبات-اندازه گیری میزان نیتروژن و محاسبه مقدار پروتئین خام-روش کجدال.
- استاندارد ملی ایران شماره ۲۶۲۸، ۱۳۹۳. نان‌های سنتی-ویژگی‌ها و روش‌های آزمون.
- اعلایی م، شیردلی م و حاجی محمدی ب، ۱۳۹۵. مروری بر کاربرد روش‌های غنی‌سازی در صنایع نان و غلات، همایش ملی یافته‌های پژوهش و فناوری در اکوسیستم‌های طبیعی و کشاورزی، پژوهشگاه دانشگاه تهران، پژوهشکده انرژی‌های نو و محیط زیست، تهران.
- باقری ه، محبی م و کوچکی آ، ۱۳۹۵. بررسی امکان تولید نان بدون گلوتن با استفاده از آرد سورگوم و صمغ‌های قدومه شهری و زانتان، علوم غذایی و تغذیه، ۲، ۷۵-۸۶.
- پیغمبردوست ه، ۱۳۸۸. تکنولوژی فرآورده‌های غلات جلد اول. دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تبریز.
- پوراسماعیل ن، عزیزی م ح، عباسی س و محمدی م، ۱۳۹۰. فرمولاسیون نان بدون گلوتن با استفاده از گوآر و آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی، مجله پژوهش‌های صنایع غذایی، ۲۱، ۶۹-۸۱.
- جلدانی ش، ناصحی ب، برزگر م و سپهوند ن، ۱۳۹۵. بررسی ویژگی‌های رنگ سنجی پوسته، مغز و خصوصیت کیفی نان بربری غنی‌شده با آرد کامل کینوا، اولین کنگره بین‌المللی و چهارمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی ایران، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
- جلدانی ش، ناصحی ب، برزگر م و سپهوند ن، ۱۳۹۶. بررسی اثر افزودن آرد کامل کینوا و صمغ زانتان بر خصوصیات شیمیایی و حسی نان بربری به روش سطح پاسخ، نشریه علوم و صنایع غذایی، ۷۰، ۷۹-۸۹.
- رجب‌زاده ن، ۱۳۶۸. مبانی فناوری غلات جلد دوم، انتشارات دانشگاه تهران.
- قاسمی زاده س، ناصحی ب و نوشاد م، ۱۳۹۶. بهینه‌سازی فرمول نان بدون گلوتن حاصل از آرد کینوا، نرت و برنج، مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، ۱۲ (۱)، ۵۹-۶۸.
- قرایی ز، عزیزی م ح، برزگر م، آفاقلی‌زاده ر، ۱۳۹۳. تاثیر هیدروکلوئیدهای کتیرا و ثعلب بر خواص رئولوژیک خمیر و کیفیت نان بربری، فصلنامه علوم و صنایع غذایی، ۳۱، ۲۳-۵۰.

مجدوبی م، لایق ب و فرحناکی ع، ۱۳۹۰. تاثیر پکتین و پکتین با اتصالات عرضی بر ویژگی های خمیر و نان قالبی، نشریه پژوهش های

صنایع غذایی، ۲۱، ۱۹۶-۲۰۷.

- AACC, 2010. Approved Methods of Analysis of the American Association of Cereal Chemistry, 11th ed. AACC International, St. Paul, MN.
- AACC, 2000. Approved Methods of Analysis of the American Association of Cereal Chemistry, 11th ed. AACC International, St. Paul, MN.
- Davidou S, Le Meste M, Debever E and Bekaert D, 1996. A contribution to the study of staling of white bread, effect of water and hydrocolloid. Food hydrocolloids 10: 375–383.
- De la Hera E, Rosell CM and Gomez M, 2014. Effect of water content and flour particle size on gluten-free bread quality and digestibility. Food Chemistry 151: 526–531.
- Ghanbari M and Farmani J, 2013. Influence of hydrocolloids on dough properties and quality of barbari, an Iranian leavened flat bread. Journal of Agricultural Science and Technology 15: 545–555.
- Iglesias-Puig E, Monedero V and Haros M, 2015. Bread with whole quinoa flour and bifidobacterial phytases increases dietary mineral intake and bioavailability. LWT–Food Science and Technology 60: 71–77.
- Jancurová M, Minarovicová L. and Dandar A, 2009. Quinoa—a review. Czech Journal of Food Sciences 27: 71–79.
- Kozioł MJ, 1992. Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*). Journal of Food Composition and Analysis 5: 35–68.
- Kurek MA, Wyrwisz J and Wierzbicka A, 2017. Optimization of beta-glucan and water content in fortified wheat bread using Response Surface Methodology according to staling kinetics. LWT–Food Science and Technology 75: 352–357.
- Nascimento AC, Mota C, Coelho I, Gueifão S, Santos M, Matos AS, Gimenez A, Lobo M, Samman N. and Castanheira I, 2014. Characterisation of nutrient profile of quinoa (*Chenopodium quinoa*), amaranth (*Amaranthus caudatus*), and purple corn (*Zea mays L.*) consumed in the North of Argentina, proximates, minerals and trace elements. Food chemistry 148: 420–426.
- Nowak V, DuJ. and Charrondière UR, 2016. Assessment of the nutritional composition of quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*). Food Chemistry 193: 47–54.
- Pourafshar S, Krishnan PG and Rosentrater KA, 2011. Using alternative flours as partial replacement in barbari bread (traditional Iranian bread) formulation. In 2011 Louisville, Kentucky, August 7–10, 2011 (p. 1). American Society of Agricultural and Biological Engineers.
- Ribotta PD, Pérez GT Añón MC and León AE, 2010. Optimization of additive combination for improved soy-wheat bread quality. Food Bioprocess Technology 3: 395–405.
- Rizzello CG, Lorusso A, Montemurro M and Gobbetti M, 2016. Use of sourdough made with quinoa (*Chenopodium quinoa*) flour and autochthonous selected lactic acid bacteria for enhancing the nutritional, textural and sensory features of white bread. Food Microbiology 56: 1–13.
- Rojas JA, Rosell CM and De Barber CB, 1999. Pasting properties of different wheat flour-hydrocolloid systems. Food Hydrocolloids 13:27–33.
- Shittu TA, Aminu RA. and Abulude EO, 2009. Functional effects of xanthan gum on composite cassava-wheat dough and bread. Food Hydrocolloids 23: 2254–2260.
- Stikic R, Glamoclija D, Demin M, Vucelic-Radovic B, Jovanovic Z, Milojkovic-Opsenica D, Jacobsen SE and Milovanovic M, 2012. Agronomical and nutritional evaluation of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa Willd.*) as an ingredient in bread formulations. Journal of Cereal Science 55:132–138.
- Turkut GM, Cakmak H, Kumcuoglu S and Tavman S, 2016. Effect of quinoa flour on gluten-free bread batter rheology and bread quality. Journal of Cereal Science 69:174–181.

Effect of barbari dough enrichment with quinoa whole flour on farinograph characteristics and bread quality

M Moazeni¹, S Zarringhalami² and A Ganjloo²

Received: July 18, 2017 Accepted: October 14, 2017

¹MSc Student, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran

²Associate Professor and Assistant Professor, respectively, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran

*Corresponding author: E mail: zarringhalami@znu.ac.ir

Abstract

The purpose of this study was to investigate the possibility of producing Barbari bread enriched with quinoa whole flour. For this purpose, wheat flour was replaced with 0, 10, 15 and 20% of quinoa whole flour and dough farinograph characteristics including water absorption, dough development time, stability time and degree of softening were evaluated. In addition, porosity, texture, color and sensory properties of bread were also investigated. The results showed that the water absorption and development time significantly ($P < 0.05$) increased in the dough samples containing 10% quinoa whole flour but, stability time significantly decreased ($P < 0.05$) following that degree of softening increased significantly ($P < 0.05$) compared with control. Results of porosity and hardness of breads showed that the control and 10% quinoa whole flour breads had the highest porosity and the lowest hardness among other samples. Investigation the color of bread showed that the bread crust a^* in breads containing quinoa flour significantly increased and b^* and L^* decreased. The bread sample containing 10% of quinoa whole flour and the control samples gained the highest scores of sensory evaluations. So, it is possible to enrichment up to 10% of wheat flour by quinoa whole flour without undesirable changes in the qualitative properties of the Barbari bread.

Keywords: Barbari bread, Enrichment, Farinograph characteristics, Quality properties, Quinoa whole flour