دومین همایش ملی پژوهش های کاربردی
امنیت غذایی، ایمنی غذایی و سلامت
«همزمان با روز جهانی غذا؛ ۲۵ مهرماه ۱۴۰۳»
مؤسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی

مطالعه ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی دانه کینوآ و مؤلفه‌های کیفی نان حاصل از آن با نگاه به مزیت‌های این دانه در اجرای راهبردهای امنیت غذایی ایران

مسعود تقی‌زاده، حسام‌الدین آخوندزاده

۱. **دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد**

۲. **دانشجوی دکتری، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد**

پست الکترونیک نویسند مسئول: Email: mtaghizadeh@um.ac.ir

چکیده

نان گندم از رایج‌ترین انواع نان‌های مصرفی است. در حال حاضر دانه غلات و فرآورده‌های آن به‌عنوان منبع بسیار خوبی از فیبرهای رژیمی شناخته شده‌اند. از راهکارهای مناسب جهت بهبود ویژگی‌های نان، استفاده از منابع مختلف فیبری جایگزین، مانند شبه غلاتی همچون کینوآ است. کینوآ با نام علمی *Chenopodium quinoa Willd* از دسته گیاهان دولپه‌ای و خانواده چنوپودیاسه است. این شبه غله حاوی ۱۶ اسیدآمینه ضروری و غیرضروری است. به همین علت از سوی سازمان خوار و بار جهانی[۱] به‌عنوان غذای عملگرا معرفی شده است. در این پژوهش ضمن اندازه‌گیری مؤلفه‌های فیزیکوشیمیایی آرد دانه کینوآ، اثر آرد کینوآ در چهار سطح ۲۵٪، ۵۰٪، ۷۵٪ و ۱۰۰٪ به همراه آرد گندم با افزودن بهبوددهنده و بدون افزودن بهبوددهنده بر پارامترهای رنگی، ریزساختار مغز نان (شامل: تعداد کل حفرات، اندازه حفرات و سطح کلی حفرات) و تخلخل بافت مغز نان مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد با افزایش درصد آرد کینوآ، پارامتر L* (میزان روشنایی) و a* نمونه‌ها افزایش، درحالی‌که پارامتر b*آن‌ها کاهش‌یافته است. همچنین مشاهده شد با افزایش درصد آرد کینوآ میزان انرژی، آنتروپی و هموژنیتی نمونه‌ها افزایش یافت درحالی‌که، میزان کنتراست و بعدبرخالی نمونه‌ها کاهش پیدا کرد. تعداد کل حفرات، اندازه‌ی حفرات، مساحت کل حفرات و تخلخل نمونه‌ها با افزایش آرد کینوآ تا ۵۰٪ افزایش یافت، درحالی‌که در نمونه‌های ۷۵٪ و ۱۰۰٪، این پارامترها کاهش یافتند. حفرات نمونه‌های ۷۵٪ و ۱۰۰٪ آرد کینوآ بیشتر به شکل دایره درآمده بودند و همچنین اندازه‌ی ریزتری نسبت به حفرات نمونه‌های دیگر داشتند. باتوجه‌به نتایج حاصل از این پژوهش می‌توان عنوان کرد که باتوجه‌به ساختار مورفولوژیکی نامنظم و پیچیده نان می‌توان از تئوری برخال[۲] برای بررسی اثرات فرایندها و ترکیبات استفاده نمود، و همچنین آنالیز بافت تصویر به‌خوبی قادر به بیان تغییرات بافت مغز نان در اثر فرمولاسیون‌های مختلف بوده و باتوجه‌به پارامترهای بافتی می‌توان این تغییرات را به طور محسوسی بررسی نمود. بر اساس نتایج حاصله مشخص شد که نمونه‌ی حاوی ۵۰٪ آرد کینوآ به همراه بهبوددهنده خصوصیات بافتی بهتری را از خود نشان داده است.

واژه‌های کلیدی: آرد کینوآ، خصوصیات فیزیکوشیمیایی، تخلخل، ساختار نان

---

[۱] FAO
[۲] Fractal

مقدمه

همزمان با افزایش روزافزون جمعیت، لزوم مدیریت در جوامع مختلف بسیار اهمیت یافته است. یکی از این منابع که جنبه حیاتی دارد، منابع آب و محصولات غذایی است. از این جنبه محصولات باغی، زراعی، بذرکاشت ها و همچنین در حوزه فراوری و صنایع تبدیلی نیز دسته‌بندی منابع اهمیت دوچندان دارد.

در سند راهبردی و ملی تحول امنیت غذایی که در سال ۱۴۰۰ منتشر شده است، چهار محور اصلی در حوزه حفظ امنیت غذایی کشور در یک راهبرد ده ساله برشمرده شده است.

۱- فراهمی غذا
۲- دسترسی به غذا
۳- مصرف و سلامت غذا
۴- پایداری و تاب‌آوری منابع

در این میان بسیار اهمیت دارد که در انتخاب نوع و میزان کشت تمامی مؤلفه‌های فوق موردتوجه و ارزیابی قرار گیرد.

سوءتغذیه ناشی از کمبود پروتئین و انرژی از مهم‌ترین مشکلات موجود در کشورهای درحال‌توسعه می‌باشد. به علت کمبود منابع پروتئین حیوانی، تلاشی بی‌وقفه جهت یافتن منابع جدید پروتئینی و برخورداری از هر دو ویژگی خواص عملکردی و ارزش تغذیه‌ای آنها صورت می‌گیرد (کانو و همکاران، ۲۰۰۷). صورت می‌گیرد امروزه پروتئین‌های گیاهی نقش مهمی در تغذیه جوامع بر عهده دارند، استفاده راهبردی از منابع ارزان‌قیمت گیاهی سرشار از پروتئین می‌تواند باعث بهبود وضعیت تغذیه‌ای شود (مشایخ و همکاران، ۲۰۰۸).

در سال‌های اخیر، کینوآ به علت درصد پروتئین و ارزش غذایی بالای آن موردتوجه قرار متخصصین حوزه صنعت غذا قرار گرفته است. دانه کینوآ متعلق به خانوادهChenopodiaceae جنس Chenopodium و گونهQuinoa است (دالاگنول، ۲۰۱۳). محل اصلی کشت آن کشورهای آمریکای جنوبی ازجمله کلمبیا، اکوادور، پرو، بولیوی، آرژانتین و شیلی می‌باشد و به‌عنوان شبه غله شناخته می‌شود (برگهوفر و شنونلکر، ۲۰۱۰). غذایی بسیار بالای دانه کینوآ باعث شده که سازمان خواربار جهانی (FAO)، آن را با شیرخشک مقایسه نموده و مولتی‌ویتامین یا خاویار گیاهی بنامد (فائو، ۲۰۱۱). همچنین مطابق یافته‌های علمی مشخص شده است دانه کینوآ دارای ارزش پروتئینی بالایی است (فریرا، ۲۰۱۵) و می‌تواند به‌عنوان یک جایگزین ارزشمند برای گندم و برنج به‌حساب آید (اولک و همکاران، ۱۹۹۲). پروتئین موجود در کینوآ از معدود پروتئین‌های غیر حیوانی است که از نظر کمی و کیفی بهتر از دانه دیگر غلات است و میزان پروتئین آن دوبرابر گندم می‌باشد (لیلیان، ۲۰۰۹). دانه کینوآ مقدار لیزین بیشتری از گندم دارد و از نظر میزان اسیدهای آمینه تعادل بهتری برای تغذیه انسان و دام دارد (سپهوند و همکاران، ۲۰۱۰). عدم وجود گلوتن در آرد این دانه آن را برای مصرف بیماران سلیاکی و کسانی که به گلوتن حساسیت دارند نیز امکان‌پذیر نموده است. علت این امر سرعت بالاتر هیدرولیز پروتئین‌های کینوآ توسط اسیدلاکتیک باکتری‌ها نسبت به هیدرولیز پروتئین گندم است (دالاگنول و همکاران، ۲۰۱۳). همچنین باید توجه داشت آرد کینوآ به‌خوبی به‌عنوان نشاسته‌ها کش‌دار در ترکیب با آرد گندم، ذرت، برای تهیه بیسکویت و یا فراوری غذا استفاده می‌شود (سپهوند و همکاران، ۲۰۱۰). محتوای ترکیبات معدنی ازجمله آهن، منیزیم، فیبر، پتاسیم و روی، ویتامین‌هایی نظیر گروه E و B و اسیدآمینه ضروری لیزین موجب توجه به استفاده از این دانه شده است (لیلیان، ۲۰۰۹). باتوجه‌به محتوای ترکیبات دانه کینوآ، مانند فیبرهای مغذی، اسیدهای آمینه ضروری، میزان بالای اسید لینولئیک و دیگر ریز مغذی‌ها، آردهای حاصل از دانه کینوآ می‌تواند از نظر ویژگی‌های عملکردی و قابلیت استفاده در صنعت غذا مورد ارزیابی قرار گیرد .ویژگی عملکردی، خصوصیات فیزیکوشیمیایی هستند که بر رفتار محصولات غذایی طی فراوری، تولید، نگهداری و آماده‌سازی تأثیر می‌گذارند .از مهم‌ترین ویژگی‌های عملکردی می‌توان به ظرفیت جذب و نگهداری آب و روغن، حلالیت، ژله‌ای شدن، ویژگی‌های بین سطحی، تشکیل فیلم و کف‌کنندگی اشاره کرد (عامری شهرابی و همکاران، ۱۳۹۰؛ کائور و سینگ، ۲۰۰۷).

دومین همایش ملی پژوهش های کاربردی
امنیت غذایی، ایمنی غذایی و سلامت
«همزمان با روز جهانی غذا؛ ۲۵ مهرماه ۱۴۰۳»
مؤسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی

مواد و روش‌ها

ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی کینوآ در تولید نان به‌عنوان یکی از ارکان امنیت غذایی و یکی از کالاهای استراتژیک کاملاً مؤثر و مبرهن است؛ اما حفظ کیفیت و ویژگی‌های حسی نان در تولید و پذیرش محصول اهمیت به سزایی دارد.

تعیین ترکیبات شیمیایی، شاخص رنگی و خواص عملکردی آرد کینوآ

به‌منظور تعیین ترکیبات شیمیایی (درصد رطوبت، چربی و پروتئین) مطابق استاندارد انجمن شیمی ایالات متحده اندازه‌گیری انجام شد (AACC, ۲۰۰۳). محاسبه میزان کربوهیدرات نیز از طریق کسر درصد کلیه ترکیبات از ۱۰۰ صورت پذیرفت. کلیه آزمون‌ها با سه تکرار انجام گرفتند.

بررسی مؤلفه‌های رنگی و تخلخل

در این تحقیق از سیستم ماشین بینایی به طور شبیه‌سازی‌شده استفاده شد. به این صورت که از یک جعبه مستطیلی ابعاد ۷۵*۵۰*۵۰ سانتیمتر مکعب به‌عنوان سکوی تصویربرداری استفاده شد. برای تصویربرداری از دوربین دیجیتال ۱۲ مگاپیکسل (Canon ۱۰۰۰D) استفاده شد. سیستم نورپردازی از چهار لامپ فلورسنت (۱۰ واتی) تشکیل شده بود. نور با زاویه ۴۵ درجه به نمونه تابیده شده بود. تصویربرداری با دوربین دیجیتالی در فاصله ۲۱,۵ سانتی‌متری نمونه انجام شد. کالیبراسیون با استفاده از کاشی سفید که مقادیر مؤلفه‌های رنگی آن مشخص بود انجام شد. مؤلفه L* بیانگر درجه روشنی نمونه هس که می‌تواند مقادیر بین ۰ تا ۱۰۰ را به خود اختصاص دهد. مؤلفه a* گستره رنگ سبز (مقادیر منفی) تا رنگ قرمز (مقادیر مثبت) و مؤلفه b* نیز گستره رنگ آبی (مقادیر منفی) تا رنگ زرد (مقادیر مثبت) را در بر می‌گیرد و به‌منظور بررسی مؤلفه‌های رنگ، نمونه‌ها در یک پلیت شیشه‌ای به قطر ۵۸ میلیمتر و عمق ۱۵ میلی‌متر قرار گرفتند.

دانه کینوآ واریته سفید با منشأ کشت کشور پرو، تهیه، پوست‌گیری و مواد زائد و خارجی آن حذف شد، سپس توسط آسیاب نیمه‌صنعتی موجود در پایلوت تحقیقاتی گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد به آرد با درصد استخراج ۹۶، تبدیل و از الک با مش ۷۵ عبور داده شد. آرد الک شده، در دمای یخچال (۴ درجه سانتیگراد)تا زمان اجرای آزمون، نگهداری گردید. آردگندم مورد آزمایش (رطوبت ۱۱ درصد، پروتئین ۱۲ درصد، خاکستر ۰/۸ درصد، گلوتن مرطوب ۱۴ درصد) با درصد استخراج ۷۶ از کارخانه میثم ستاره طوس (خراسان رضوی، ایران) و مخمرخشک ساکارومایسس سرویزیه از شرکت آستان قدس رضوی (خراسان رضوی، ایران) تهیه گردید. بهبود دهنده‌ی آنزیمی نان باگت از شرکت اکسیر تکنو پانکو (خراسان رضوی، ایران) شامل آرد نول گندم و آنزیم آلفا آمیلاز تهیه شد. بقیه مواد مورداستفاده شامل روغن، نمک، و شکر از بازار محلی مشهد تهیه گردید.

تهیه نان

به‌منظور تهیه نان قالبی ابتدا مخمر (یک درصد) را با سایر اجزای خشک (۱ درصد نمک، ۱/۵ درصد شکر، ۱۰۰گرم آرد شامل: مخلوط آرد کینوآ در چهار سطح ۲۵٪، ۵۰٪، ۷۵٪ و ۱۰۰٪ و آرد گندم به همراه ۲درصد روغن) را به آن اضافه و مخلوط به طور کامل به وسیله همزن پایلوت نانوایی با پروب موسوم به اسپیرال، هم زده شد. سپس خمیر در دمای ۳۵ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۷۵-۸۰ درصد به مدت ۳۰ دقیقه در اتاق تخمیر قرار گرفت. خمیر تهیه شده به قطعات ۱۰۰ گرمی تقسیم و در قالب به مدت ۱۵دقیقه در دمای ۳۵ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۷۵-۸۰ درصد تحت استراحت قرار گرفت. پخت قرص‌های خمیر نان در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۵-۳۰ دقیقه انجام شد، سپس قرص‌های نان سرد و سپس در بسته‌های پلی‌اتیلنی بسته بندی شد (یاسین و همکاران، ۲۰۱۰).

تولید نان طبق دستورالعمل بالا یک‌بار با افزودن بهبوددهنده و یک‌بار بدون افزودن بهبوددهنده در هر چهار سطح آرد کینوآ انجام شد.

اندازه‌گیری مؤلفه‌های فیزیکوشیمیایی

میزان حلالیت پروتئین آرد در مقادیر pH بین ۳ تا۹ با استفاده از روش بیورت تعیین شد (آئوسو و آپنتن، ۲۰۰۲).

اندازه‌گیری میزان چربی به روش سوکسله اندازه‌گیری شد (AACC, ۲۰۰۳)

ظرفیت جذب روغن به روش کائور و سینگ (کائور و سینگ، ۲۰۰۷) بهره برده شد.

ظرفیت امولسیون‌کنندگی و پایداری امولسیون نیز به روش مجذوبی (مجذوبی و همکاران، ۲۰۱۲) اندازه‌گیری گردید.

تجزیه‌وتحلیل آماری

تمام آزمون‌ها با سه تکرار انجام گرفتند و تحلیل داده‌ها با استفاده از طرح کاملاً تصادفی و مقایسه میانگین‌ها به‌وسیله آزمون دانکن در سطح امتیاز ۹۵ درصد اجرا شد. نتایج به دست آمده با استفاده از نرم افزار SPSS (نسخه ۲۲) تجزیه و تحیلی شدند و برای رسم نمودارها از نرم افزار اکسل (Excel) ۲۰۱۳ استفاده شد.

یافته‌ها

ترکیب شیمیایی

ترکیب شیمیایی آرد سه واریته کینوآ در مقایسه با آردهای سایر حبوبات و غلات در جدول ۱ نشان‌داده‌شده است:

جدول شماره ۱: مقایسه ویژگی‌های شیمیایی و ساختاری آرد دانه‌های مختلف با کینوآ

نوع آرد	پروتئین	رطوبت	چربی	خاکستر	کربوهیدرات	منبع
کینوآ سیاه	۰,۰۵۴±۱۶,۸۱	۰,۰۰۵±۸,۸۲	۰,۴۵±۵,۴	۰,۹۹۸±۲,۱	۰,۴۶±۶۶,۰	تقی‌زاده و همکاران، ۲۰۲۱
کینوآ سفید	۰,۱۸۲±۱۳,۱۱	۰,۰۵۴±۸,۳۶	۰,۲۹±۳,۹	۰,۹۹۷±۳,۱۶	۰,۵۴±۷۱,۰	تقی‌زاده و همکاران، ۲۰۲۱
کینوآ قرمز	۰,۰۲۸±۱۳,۹۵	۰,۰۲±۸,۷۸	۰,۱±۵,۷	۰,۹۹۶±۲,۶	۰,۲۸±۶۸,۰	تقی‌زاده و همکاران، ۲۰۲۱
دانه نخودسبز	۶,۸۴۲۵,۰	***	۱,۰±۸۶,۰۹	۳,۰±۱۰,۱۸	***	کائور و سینگ، ۲۰۰۷
لوبیای سودانی	۲۴,۶۷	***	۸۷,۰۸	۳,۰±۳۱,۱۹	***	کائور و سینگ، ۲۰۰۷
آرد عدس	۳۸,۹۸	۸,۳۰	۲,۴۳	۲,۹۵	***	اسدپور و همکاران، ۱۳۹۰
آرد لوبیاقرمز	۳۲,۷۰	۸,۱۰	۱,۶۰	۴,۰۸	***	اسدپور و همکاران، ۱۳۹۰
آرد گاودانه	۲۶	۱۰	۱۰	۳	۶۱	تقی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۶
آرد شنبلیله	۳۴,۷	۷,۳۳	۵,۷۶	۵,۱۷	۵۹,۵۳	فیضی و همکاران، ۱۳۹۲
آرد گندم	۱۴,۳	۲,۸	۲,۳	۲,۲	۷۸,۴	جانکوروا و همکاران، ۲۰۰۹
آرد برنج	۷,۶	۶,۴	۲,۲	۳,۴	۸۰,۴	جانکوروا و همکاران، ۲۰۰۹
آرد جو	۱۰,۸	۴,۴	۱,۹	۲,۲	۸۰,۷	جانکوروا و همکاران، ۲۰۰۹

این نتایج مشخصاً برتری همه کینوآ در فراهم‌آوری مقادیر نسبتاً بالایی پروتئین، کربوهیدرات و چربی را نشان می‌دهد که ازاین‌حیث در دسترسی به ریزساختارهای اصلی موردنیاز بدن، منبع بسیار خوبی به شمار می‌رود.

مقدار درصد پروتئین در آرد واریته سیاه کینوآ بیشتر از آردهای واریته قرمز و سفید بود و مقدار پروتئین در آردهای سفید و قرمز تقریباً با هم برابر است. همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود مقدار پروتئین آرد کینوآ در مقایسه با سایر حبوبات به جز لوبیای سودانی کمتر ولی در مقایسه با آرد غلات از آرد برنج و جو بیشتر و تقریباً مشابه آرد گندم هست. مقدار درصد چربی در آرد قرمز کینوآ نسبت به ۲ واریته دیگر بیشتر بود، همچنین مقدار درصد چربی در آرد سه واریته کینوآ بیشتر از مقادیر

گزارش شده برای این دانه‌ها بهتر بودن ویژگی‌های عملکردی آن نیست بلکه به سایر ترکیبات موجود در نمونه نظیر چربی و کربوهیدرات نیز وابسته است. علاوه بر این، کیفیت و آرایش فضایی پروتئین و میزان اسیدهای آمینه آبدوست و آبگریز از شاخصهای اصلی در تعیین ویژگی‌های عملکردی می‌باشند (بویه و همکاران، ۲۰۱۰، اسدپور و همکاران، ۱۳۹۰)

بررسی پارامترهای رنگی

یکی از پارامترهای مهم در مورد آرد و فرآورده‌های پروتئینی نظیر کنسانتره و ایزوله پروتئینی، رنگ آنهاست. پارامتر L* نشان‌دهنده درجه روشنی هست و مقادیر صفر تا ۱۰۰ را می‌تواند به خود اختصاص دهد، هر قدر میزان L* بیشتر باشد نشان‌دهنده روشن‌تر بودن رنگ است (کائور و سینگ، ۲۰۱۰).

باتوجه‌به مقادیر گزارش شده در جدول ۲ مؤلفه L* در آرد کینوآ واریته سفید بیش از بقیه است که نشان‌دهنده روشن‌تر بودن این آرد در مقایسه با دو واریته دیگر است. پارامترهای a* و b* به ترتیب در آرد واریته سفید و آرد واریته سیاه بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده‌اند.

جدول شماره ۲: مقایسه مؤلفه‌های رنگی آرد کینوآ با آرد سایر دانه‌ها

نمونه / پارامتر رنگ	L*	a*	b*	منبع
آرد کینوآ سفید	۹۳,۷۵۸	-۶,۷۵۰	-۲,۷۱۴	تقی‌زاده و همکاران، ۲۰۲۱
آرد کینوآ قرمز	۸۴,۴۷۸	-۴,۲۲۶	-۱,۷۱۳	تقی‌زاده و همکاران، ۲۰۲۱
آرد کینوآ سیاه	۸۸,۱۷۵	-۵,۵۰۴	-۵,۶۸۴	تقی‌زاده و همکاران، ۲۰۲۱
آرد عدس	۹۱,۴	-۱,۱۵	۸,۴	شکراللهی و همکاران، ۱۳۹۲
آرد شنبلیله	۷۸,۹۱	-۱,۰۷	۲۹,۸۳	فیضی و همکاران، ۱۳۹۲
آرد سویا	۸۷,۲۶	-۰,۳۳	۲۲,۸۱	فیضی و همکاران، ۱۳۹۲
آرد نخود	۸۶,۳۸	۲,۹۶	۱۹,۸۷	جوشی و همکاران، ۲۰۱۵
آرد گاودانه بدون پوسته	۸۸,۲	۲,۱۲	۲۲,۲	تقی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۶

در جدول ۲ مؤلفه‌های رنگی آرد برخی دانه‌ها گزارش شده است که با مقایسه نتایج حاصل ازاین پژوهش با مقادیرگزارش شده می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که آرد کینوآ واریته سفید، از نظر روشنایی تقریباً مشابه آرد عدس بوده و آرد کینوآ سیاه تقریباً مشابه آرد سویا است، همچنین آرد کینوآ قرمز تقریباً مشابه آرد نخود مشاهده شد، همه واریته‌های آرد کینوآ از آرد شنبلیله روشن‌تر بودند. از نظر پارامتر a* آرد حاصل از سه واریته کینوآ دارای رنگ سبز و مشابه آردهای عدس، شنبلیله و سویا بود. از نظر پارامتر b* نیز دارای رنگ آبی بودند. دلیل این تفاوت‌ها را در بین آردهای مختلف می‌توان به میزان و نوع ترکیبات تشکیل‌دهنده و همین‌طور نوع رنگ‌دانه‌های موجود در این آردها نسبت داد. آردهایی که تا حدی باعث ایجاد رنگ قهوه‌ای شوند جهت تولید نان‌ها و پنکک‌ها مطلوب هستند و آردهایی که به بی‌رنگ شدن محصول کمک کنند در برخی از انواع نان‌ها قابل‌استفاده هستند (فیضی و همکاران، ۱۳۹۲). بر این اساس می‌توان از آرد کینوآ در برخی نان‌ها که رنگ روشن‌تر در آن‌ها مطلوب است، استفاده نمود.

اندازه‌گیری جذب روغن در آرد

جذب روغن یک پدیده فیزیکی است که تحت عنوان محبوس شدن فیزیکی روغن تعریف می‌شود و آن را به زنجیره‌های غیرقطبی پروتئین و همچنین به شکل فضایی پروتئین نسبت می‌دهند (تایونهام و همکاران، ۲۰۰۷، کائور و سینگ، ۲۰۰۷، کینسلا، ۱۹۷۹). بالابودن ظرفیت جذب روغن پارامتر مهمی است که به قابلیت نگهداری عطروطعمم در مواد غذایی و بهبود خصوصیات امولسیون‌کنندگی کمک می‌کند (کینسلا، ۱۹۷۹). ظرفیت جذب روغن سه واریته آرد کینوآ سفید، قرمز و سیاه به ترتیب به میزان ۱,۴۳۵ و ۱,۳۹ و ۱,۳۶۵ گرم بر گرم آرد بوده است. این میزان از مقادیر گزارش شده توسط رواقی و همکاران (۱۳۸۹) برای آردهای سویا با درصد چربی مختلف (۱,۰۹ و ۱,۳۰ گرم بر گرم) و ایزوله پروتئین تجاری سویا (۱,۲۶ گرم بر گرم) توسط آمزا و همکاران (۲۰۱۱)، نخود (۱,۱۰ گرم بر گرم) و همچنین عدس (۰,۹۳ گرم بر گرم) بیشتر بود. همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، جذب روغن سه واریته کینوآ موردمطالعه، از مقادیر گزارش شده برای آرد ماراما، شنبلیله، سویا و گاودانه کمتر بود. همچنین نتایج نشان می‌دهد میزان جذب روغن آرد سه واریته کینوآ نسبتاً بالا است ازاین‌رو می‌توان در فرمولاسیون‌هایی مانند نوشیدنی‌ها، سس‌ها، دسرها و سوسیس‌ها از آرد این دانه استفاده نمود.

جدول شماره ۳: مقایسه ظرفیت جذب روغن آرد کینوآ و سایر آرد

نوع آرد	ظرفیت جذب روغن	منبع
سویا	۱,۸	ماروآتونا و همکاران، ۲۰۱۰
ماراما	۲,۷	ماروآتونا و همکاران، ۲۰۱۰
شنبلیله	۱,۷	فیضی و همکاران، ۱۳۹۲
عدس	۰,۹۳	دو و همکاران، ۲۰۱۲
نخود	۱,۱۰	دو و همکاران، ۲۰۱۲
گاودانه	۱,۷۷	تقی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۶

ظرفیت امولسیون‌کنندگی و پایداری امولسیون

تولید امولسیون و پایداری آن در سیستم‌های غذایی مانند سس‌های سالاد اهمیت زیادی دارد. پروتئین‌ها از اسیدهای آمینه باردار، اسیدهای آمینه قطبی غیرباردار و آمینواسیدهای غیرقطبی تشکیل شده‌اند که به پروتئین ویژگی امولسیفایری می‌بخشند.

ظرفیت

امولسیون‌کنندگی یک پروتئین کامل به تعادل‌بخش‌های هیدروفیل و هیدروفوب بستگی دارد، بنابراین وابسته به pH می‌باشد؛ علاوه‌برآن pH قلیایی اثر بیشتری از pH اسیدی دارد (رجب و همکاران، ۲۰۰۳). باتوجه‌به شکل ۱، کمترین مقدار امولسیون‌کنندگی برای هر سه واریته‌ی آرد کینوآ در pH=۴/۵ مشاهده شد که نزدیک به pH ایزوالکتریک می‌باشد. این مشاهده با نتایج ال نصری و ال تیانی (۲۰۰۳) در مورد ایزوله پروتئین شنبلیله و نتایج پژوهش لاوال (۲۰۰۷) درمورد ایزوله پروتئین لوبیای لوکاس، تقی‌زاده و همکاران (۱۳۹۶) در مورد آرد گاودانه و اسدپور و همکاران (۱۳۹۰) در مورد آرد حبوبات مختلف هم‌خوانی داشت. دلیل کاهش ظرفیت امولسیون‌کنندگی در نقطه ایزوالکتریک کاهش حلالیت پروتئین در این نقطه عنوان شده است (فیضی و همکاران، ۱۳۹۲). باید توجه داشت ظرفیت امولسیون‌کنندگی با مقدار پروتئین‌های حل‌شونده در محلول مرتبط است (ال نصری و ال تیانی، ۲۰۰۷، رجب و همکاران، ۲۰۰۳). کاهش حلالیت منجر به کاهش سرعت مهاجرت پروتئین به سمت لایه بین سطحی آب و روغن شده و میزان جذب پروتئین در لایه بین سطحی کاهش می‌یابد. به همین دلیل با کاهش غلظت پروتئین در لایه بین سطحی فعالیت امولسیون‌کنندگی کاهش می‌یابد (پیورنوس و همکاران، ۲۰۱۵). بیشترین ظرفیت امولسیون‌کنندگی آرد سه واریته کینوآ در pH=۹ مشاهده شده که دقیقاً منطبق بر نمودار حلالیت پروتئین (شکل (۱) می‌باشد. این نتایج با یافته‌های حاصل از پژوهش اسدپور و همکاران (۱۳۹۰) در مورد آرد لوبیای قرمز و نتایج ارائه شده توسط آدبوآل (۲۰۰۵) روی آرد سه نوع حبوبات و همچنین نتایج پژوهش تقی‌زاده و همکاران روی آرد گاودانه مطابقت دارد. پروتئینی که قابلیت حل‌شوندگی بیشتری دارد به‌سرعت به لایه بین سطحی روغن - آب مهاجرت کرده و ایجاد امولسیون پایدار می‌کند. در pH های قلیایی شدید نظیر pH=۹ آب‌دوستی سطحی و درنتیجه حلالیت به میزان زیادی افزایش می‌یابد و باعث می‌گردد پروتئین در فاز آبی از پایداری بیشتر و سطح انرژی کمتری برخوردار باشد و باعث کاهش کشش سطحی و افزایش ظرفیت امولسیون‌کنندگی گردد.

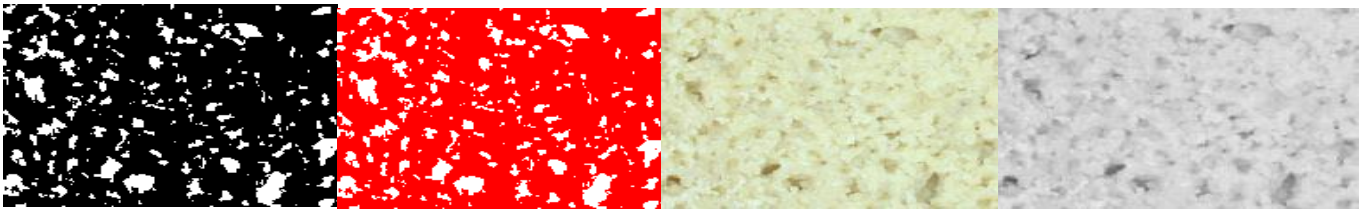
در مورد پایداری امولسیون، اثر زمان‌های ۳۰ و ۶۰ دقیقه بر پایداری امولسیون معنی دار بود ($P<۰,۰۵$). همان‌طور که در شکل (۷) مشاهده می‌شود باگذشت زمان، پایداری امولسیون کاهش می‌یابد که علت این کاهش می‌تواند به‌هم پیوستن ذرات فاز پراکنده (قطرات روغن) در طی زمان باشد. در مورد اثر pH بر پایداری امولسیون‌ها نتایج نشان داد مقادیر پایداری در pH قلیایی بیشتر از pH اسیدی است به‌طوری‌که این پایداری در pH=۹ اختلاف معنی داری با سایر pH ها دارد. درpH ایزوالکتریک نیروهای دافعه پروتئین ضعیف می‌باشند و ذرات امولسیون تمایل به بهم پیوستگی و انعقاد دارند بنابراین امولسیون پایداری ضعیفی ایجاد می‌کند. لاوال (۲۰۰۴)، فیضی و همکاران (۱۳۹۲) نیز بیان کردند کمترین پایداری امولسیون در نقطه pI می‌باشد.

این پژوهشگر عنوان می‌کند، علت احتمالی کاهش پایداری امولسیون در pI را کاهش بیش از اندازه نیروهای دافعه در این pH و درنتیجه تشدید اتصال، تجمع و نهایتاً لخته شدن مولکول‌های پروتئین بیان داشت. تغیرات pH و تغییر در گروه‌های باردار می‌تواند به بهبود خاصیت آبگریزی سطحی کمک نماید. در pH های قلیایی شدید نظیر ۹ حلالیت به میزان زیادی افزایش می‌یابد و باعث می‌شود پروتئین در فاز آبی از پایداری بیشتر برخوردار باشد در ادامه و با کاهش کشش سطحی نیز، منجر به افزایش پایداری امولسیون شود. علاوه بر این در pH های شدید قلیایی یا اسیدی، بدلیل دناتوره شدن پروتئین، چسبندگی بین فاز آب و چربی افزایش یافته و استحکام لایه بین آب و روغن بیشتر می‌شود (لاوال و همکاران، ۲۰۰۴). همچنین در این pH ها به دلیل افزایش ویسکوزیته ناشی از واکنش‌های بین پروتئینی، استحکام فیلم پروتئینی تشکیل شده در فضای بین دو فاز افزایش یافته و در نهایت پایداری امولسیون افزایش می‌یابد (لاوال و همکاران، ۲۰۰۴). هرچه بارالکتریکی اطراف ذرات چربی زیاد باشد نیروهای دافعه، انعقاد آنها را به تعویق می‌اندازند و بنابراین پایداری حاصل می‌گردد (پیورنوس و همکاران، ۲۰۱۵). ارتباط بین پایداری امولسیون و pH مانند رابطه بین حلالیت پروتئین و pH می‌باشد که با نتایج مطالعات رجب و وهمکاران (۲۰۰۳) نیز مطابقت داشت. هونگاند زاواس (۱۹۹۴) عوامل متعددی شامل pH، اندازه ذرات، بار خالص، ویسکوزیته، تنش بین سطحی و ساختار پروتئین را بر پایداری امولسیون مؤثر می‌دانند.

بررسی ریزساختار مغز نان

همچنین جهت استخراج پارامترهای ریزساختار مغز نان، تصاویر تهیه شده در اختیار نرم‌افزار Image J قرار گرفتند. به این منظور نخست تصاویر رنگی تبدیل به نوع هشت بیتی شدند. جهت تبدیل تصاویر هشت بیتی به تصاویر دودویی[۳]، قسمت دودویی نرم‌افزار فعال گردید. این تصاویر، مجموعه‌ای از نقاط روشن و تاریک است. جهت تقطیع تصاویر از روش آستانه‌گیری دستی بر مبنای رنگ قرمز استفاده شد. سپس با تنظیم و فعال‌کردن قسمت آنالیز نرم‌افزار، پارامترهای موردنظر همچون تعداد کل سلول‌ها، اندازه سلول‌ها و سطح کلی سلول‌های مغز نان مورد محاسبه قرار گرفت (پرز و همکاران، ۲۰۱۰).

شکل شماره ۱: از راست به چپ به ترتیب؛ الف: تصویر خام ب: تصویر ۸ بیتی ج: تصویر دودویی د: تصویر در مرحله آستانه گیری



آزمون تخلخل

سلول‌های گازی می‌توانند بیش از ۷۰ درصد حجم نان را اشغال کنند، اندازه، تعداد و دانسیته سلول‌های گاز در نان‌های مختلف متفاوت است، در نتیجه بافت و خواص حسی نان را تغییر می‌دهند (اوپادهای و همکاران، ۲۰۱۲). به‌منظور بررسی میزان تخلخل و پراکندگی حفرات در بافت نان، قسمت مشخصی از بافت مغز نان برش داده شد و در محفظه نوری قرار گرفت و از فاصله مشخص توسط دوربین عکس گرفته شد سپس با استفاده از نرم افزار Imagj تخلخل نمونه از نظر قطر میانگین، قطر بیشینه، قطر کمینه بررسی شد (ناجی طبسی و همکاران، ۲۰۱۵) .

[۳] Binary

اثر افزودن درصدهای مختلف آرد کینوآ بر پارامترهای رنگی

شاخص L* با افزایش درصد آرد کینوآ کاهش یافت که این شاخص در مورد نان حاوی ۱۰۰٪ آردکینوا بدون بهبوددهنده کمترین مقدار بود (۸۹/۶۵۴) که بیانگر تیره بودن بافت نان نسبت به سایر نمونه‌ها می‌باشد و دلیل آن می‌تواند رنگ تیره آرد کینوآ باشد. البته همان‌طور که در ظاهر نان مشخص بود، این تیرگی چندان نامطلوب نبود. روشن‌ترین نمونه‌ی بافت مغز نان مربوط به نان شاهد همراه با بهبوددهنده (۹۷/۶۳۵) می‌باشد. به‌طورکلی حضور بهبوددهنده در نان باعث بهبود روشنایی در مغز نان شده است. مؤلفه‌ی a* در نمونه حاوی ٪۲۵ آرد کینوآ بدون بهبوددهنده (۴/۳۳۶-) که نسبت به نمونه شاهد بدون بهبوددهنده (۲/۱۱۴-) و نمونه شاهد همراه با بهبوددهنده (۲/۰۰۲-) افزایش پیدا کرد. این تغییر نشان دهنده‌ی تمایل بیشتر رنگ این نمونه‌ی نان به سبز می‌باشد. با افزایش درصد آرد کینوآ پارامتر b* نمونه‌ها افزایش یافت که نشان می‌دهد رنگ نان به زرد تمایل بیشتری پیدا کرده است، بافت نان نمونه‌ی ۱۰۰٪ آرد کینوآ بدون بهبوددهنده بیشترین میزان زردی را در بین نمونه‌ها داشت، که در جدول ۲ به وضوح مشخص می‌باشد. باید توجه داشت که در مقایسه میانگین نتایج حاصل از مؤلفه‌های رنگی تصویر، تفاوت معناداری در حوزه دو مؤلفه a^* و L* مشاهده نگردید اما در خصوص مؤلفه b* تفاوت معناداری میان نمونه‌های حائز مقادیر بالاتر آرد کینوآ مشاهده گردید که این امر نشان می‌دهد استفاده از آرد کینوآ می‌تواند به بهبود رنگ بافت داخلی نان کمک شایانی نماید.

جدول ۴: اثر درصدهای مختلف آرد کینوآ دردو نوع نان (بدون بهبوددهنده و همراه با بهبوددهنده) بر پارامترهای رنگی

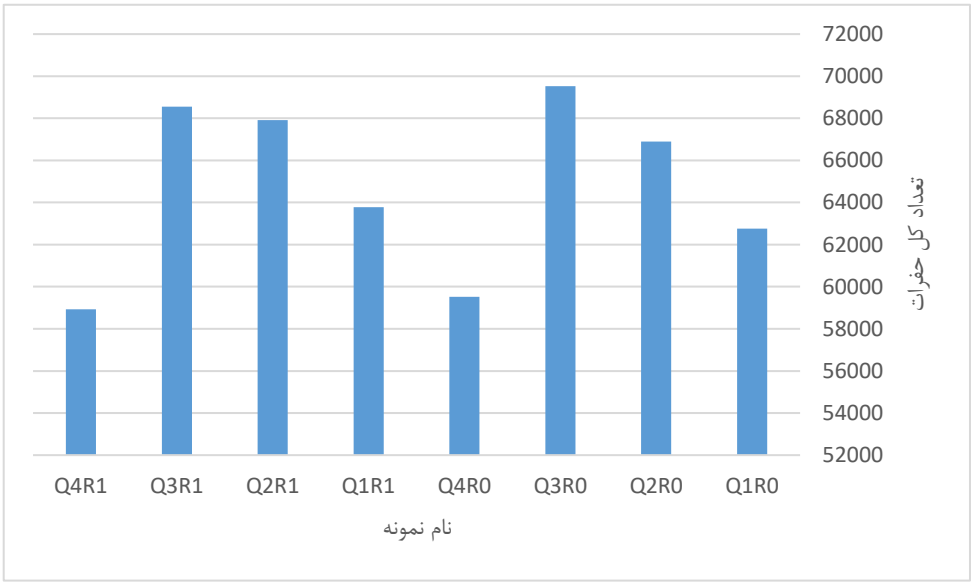
کد نمونه	L*	a*	b*
Q۰R۰	۹۵/۳۵۶ ±۰/۱۸۲ a	-۲/۱۱۴ ±۰/۰۵۴ a	۱/۸۵۴ ±۰/۰۰۲ a
Q۱R۰	۹۳/۲۴۹ ±۰/۰۵۴ a	-۴/۳۳۶ ±۰/۰۰۵ a	۲/۷۰۲ ±۰/۰۲۸ a
Q۲R۰	۹۲/۹۶۷ ±۰/۰۲۸ a	-۴/۲۴۱ ±۰/۰۵۴ a	۱۰/۶۴۹ ±۰/۰۵۴ b
Q۳R۰	۹۰/۶۴۹ ±۰/۰۴۶ a	-۳/۵۶۷ ±۰/۰۲ a	۱۸/۸۶۸ ±۰/۰۴۶ c
Q۴R۰	۸۹/۶۵۴ ±۰/۰۲۸ a	-۳/۲۱۴ ±۰/۱۸۲ a	۲۱/۵۴۳ ±۰/۰۰۵ c
Q۰R۱	۹۷/۶۳۵ ±۰/۰۲ a	-۲/۰۰۲ ±۰/۱۰۰ a	۱/۵۱۴ ±۰/۰۵۴ a
Q۱R۱	۹۵/۷۴۳ ±۰/۰۵۴ a	-۴/۱۲۴ ±۰/۹۹۶ a	۲/۳۱۰ ±۰/۰۲ a
Q۲R۱	۹۳/۹۹۸ ±۰/۰۰۵ a	-۳/۸۸۷ ±۰/۰۴۵ a	۸/۳۸۹ ±۰/۰۴۵ b
Q۳R۱	۹۲/۶۸۱ ±۰/۰۵۴ a	-۳/۳۰۸ ±۰/۹۹۸ a	۱۷/۲۶۱ ±۰/۹۹۸ c
Q۴R۱	۹۱/۳۹۱ ±۰/۰۲ a	-۳/۱۰۸ ±۰/۹۹۷	۱۹/۰۰۲ ±۰/۰۱۶

بررسی ساختار مغز نان

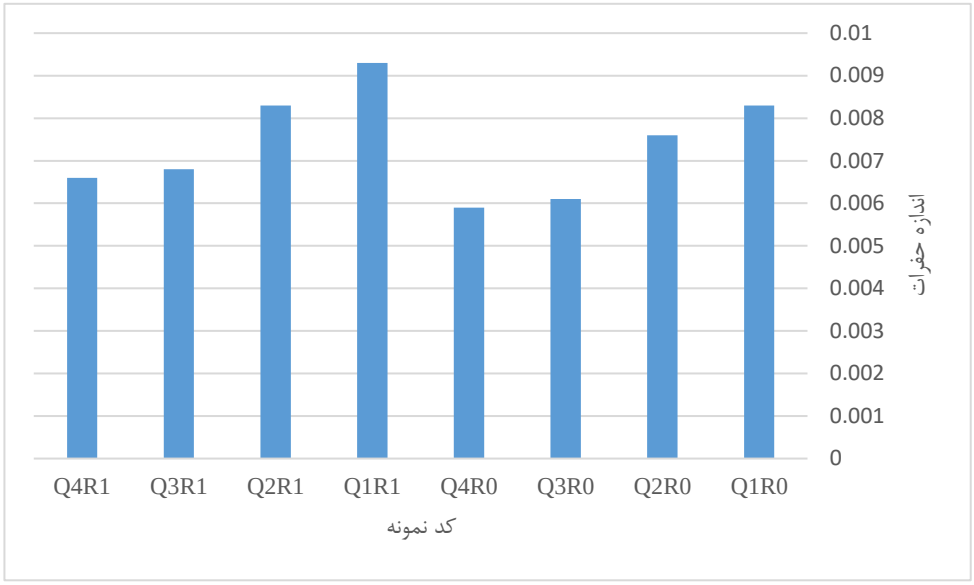
نان به‌عنوانیک ماده جامد اسفنجی، حاوی یک‌فاز پراکنده (فاز هوا) و یک‌فاز پیوسته جامد است که نحوه توزیع، یکنواختی، تعداد و اندازه سلول‌ها از عوامل مؤثر بر کیفیت محصول نهایی به شمار می‌آیند. افزودن آرد کینوآ تا ۵۰٪ باعث افزایش تعداد کل سلول‌ها نسبت به هر دو نمونه شاهد (بدون بهبوددهنده و همراه با بهبوددهنده) شد، درحالی‌که نمونه‌های حاوی ٪۷۵ و۱۰۰٪ آرد کینوآ، تعداد کل سلول‌هایشان نسبت به نمونه‌های دیگر کمتر بود (شکل۳). افزایش تعداد سلول‌ها با افزایش درصد آرد کینوآ تا ۵۰٪ می‌تواند به دلیل تاثیر آن بر پایداری سلول‌های گازی از طریق تشکیل یک لایه ضخیم در سطح سلول‌ها باشد. حضور این لایه در سطح سلول‌ها باعث کاهش به هم پیوستن سلول‌های گازی می‌شود. درحالی‌که، نمونه‌های بالاتر از ۵۰٪ آرد کینوآ، تعداد سلول‌ها کمتر و اندازه کوچک‌تری داشتند که دلیل آن می‌تواند عدم حضور شبکه گلوتنی باشد. اندازه‌ی حفرات نیز با افزایش درصد آرد کینوآ تا ۵۰٪ افزایش یافت نسبت به نمونه‌های شاهد، درحالی‌که در نمونه‌های بالاتر از ۵۰٪ آرد کینوآ حفرات اندازه‌های کوچک‌تری نشان دادند. نتایج مساحت کل حفرات نیز نشان داد با افزایش میزان آرد کینوآ تا ۵۰٪ مساحت کل حفرات نسبت به نمونه‌های شاهد بیشتر بود درحالی‌که در نمونه‌های بالاتر از ۵۰٪ آرد کینوآ مساحت کل حفرات کاهش یافت، به طوریکه کمترین میزان سطح حفرات مربوط به نمونه‌ی ۱۰۰٪ آرد کینوآ بدون بهبوددهنده بود.

بررسی ساختار مغز نان

نان به‌عنوانیک ماده جامد اسفنجی، حاوی یک‌فاز پراکنده (فاز هوا) و یک‌فاز پیوسته جامد است که نحوه توزیع، یکنواختی، تعداد و اندازه سلول‌ها از عوامل مؤثر بر کیفیت محصول نهایی به شمار می‌آیند. افزودن آرد کینوآ تا ۵۰٪ باعث افزایش تعداد کل سلول‌ها نسبت به هر دو نمونه شاهد (بدون بهبوددهنده و همراه با بهبوددهنده) شد، درحالی‌که نمونه‌های حاوی ٪۷۵ و۱۰۰٪ آرد کینوآ، تعداد کل سلول‌هایشان نسبت به نمونه‌های دیگر کمتر بود (شکل۳). افزایش تعداد سلول‌ها با افزایش درصد آرد کینوآ تا ۵۰٪ می‌تواند به دلیل تاثیر آن بر پایداری سلول‌های گازی از طریق تشکیل یک لایه ضخیم در سطح سلول‌ها باشد. حضور این لایه در سطح سلول‌ها باعث کاهش به هم پیوستن سلول‌های گازی می‌شود. درحالی‌که، نمونه‌های بالاتر از ۵۰٪ آرد کینوآ، تعداد سلول‌ها کمتر و اندازه کوچک‌تری داشتند که دلیل آن می‌تواند عدم حضور شبکه گلوتنی باشد. اندازه‌ی حفرات نیز با افزایش درصد آرد کینوآ تا ۵۰٪ افزایش یافت نسبت به نمونه‌های شاهد، درحالی‌که در نمونه‌های بالاتر از ۵۰٪ آرد کینوآ حفرات اندازه‌های کوچک‌تری نشان دادند. نتایج مساحت کل حفرات نیز نشان داد با افزایش میزان آرد کینوآ تا ۵۰٪ مساحت کل حفرات نسبت به نمونه‌های شاهد بیشتر بود درحالی‌که در نمونه‌های بالاتر از ۵۰٪ آرد کینوآ مساحت کل حفرات کاهش یافت، به طوریکه کمترین میزان سطح حفرات مربوط به نمونه‌ی ۱۰۰٪ آرد کینوآ بدون بهبوددهنده بود.



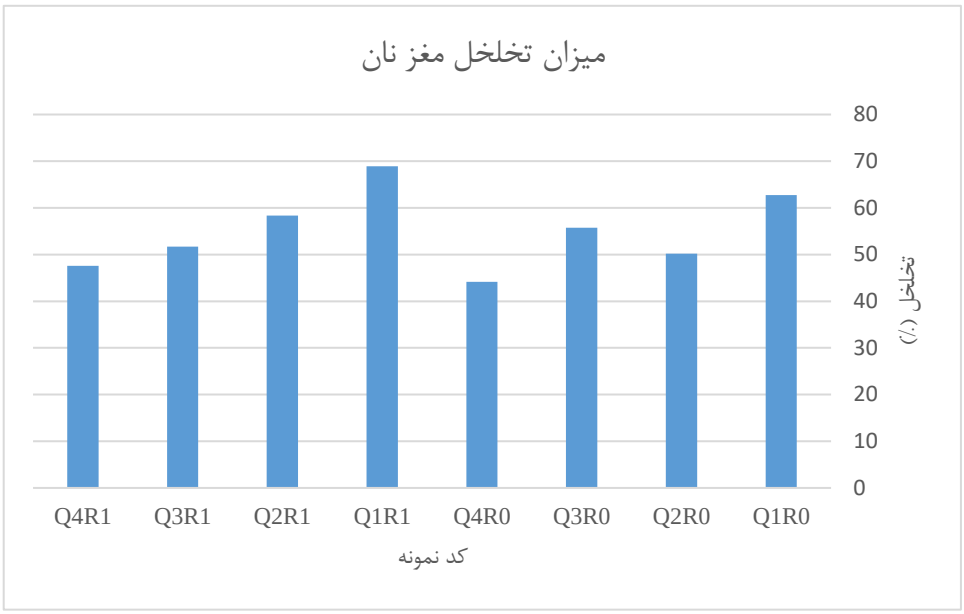
شکل شماره ۲: اثر درصدهای مختلف آرد کینوآ دردو نوع نان (بدون بهبوددهنده و همراه با بهبوددهنده) بر تعداد کل حفرات



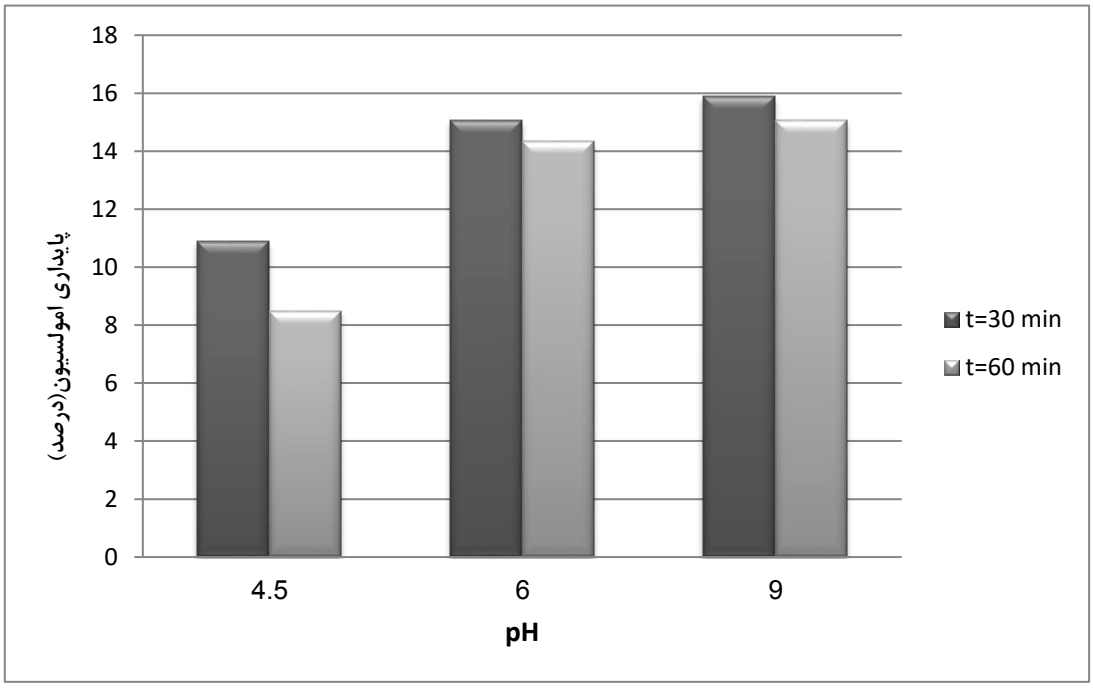
شکل شماره ۳: اثر درصدهای مختلف آرد کینوآ در دو نوع نان (بدون بهبوددهنده و همراه با بهبوددهنده) بر اندازه حفرات

تخلخل

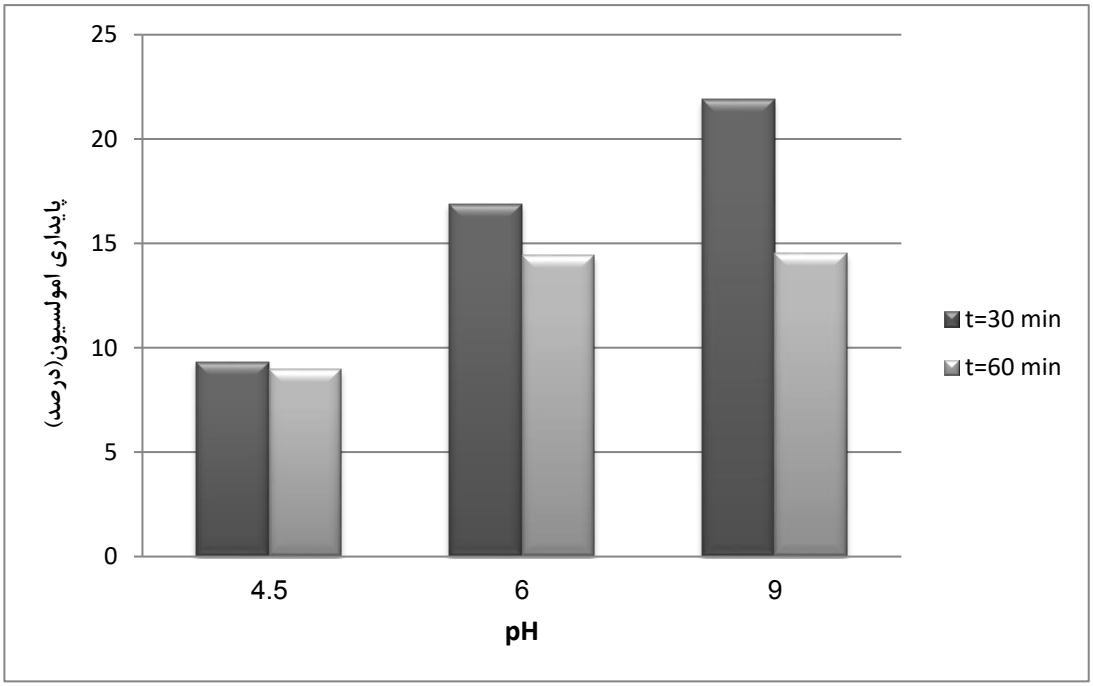
کی از پارامترهای مهم مغز نان، تخلخل است که به‌طورکلی اشاره به ساختار منافذ موجود در مغز نان دارد، همچنین یکی از پارامترهای مهم در تعیین خواص کیفی مغز نان محسوب می‌شود [۳۴] . همان‌طور که در شکل ۶ نشان داده شده است، افزایش درصد آرد کینوآ تا ۵۰٪ موجب افزایش میزان تخلخل در هر دو نمونه‌ی بدون بهبوددهنده و همراه با بهبود شده است، و به‌طورکلی نمونه های حاوی بهبوددهنده تخلخل بیشتری نسبت به نمونه های بدون بهبوددهنده داشتند. نتایج حاصل از تخلخل تایید کننده ی نتایج تعداد سلول‌ها در بخش قبلی بود. درنمونه‌های نان شاهد بدون بهبوددهنده و با حضور بهبوددهنده، حفرات بیشتر به شکل بیضوی بوده و نسبت قطر بزرگ بر قطر کوچک آنها زیاد بود، در حالیکه با اضافه شدن آرد کینوآ در نمونه‌های ٪۷۵ و ۱۰۰٪، حفرات بیشتر به شکل دایره درآمده و ریزترشدند. میانگین قطر حفرات نیز حاکی از کاهش مساحت حفرات است، در نمونه های ۷۵٪ و ۱۰۰٪ آرد کینوآ چه در حضور بهبوددهنده و چه در عدم حضور بهبوددهنده قطر حفرات ریزتر شدند، که نتایج تایید کننده‌ی نتایج بخش ساختار مغز نان بود.



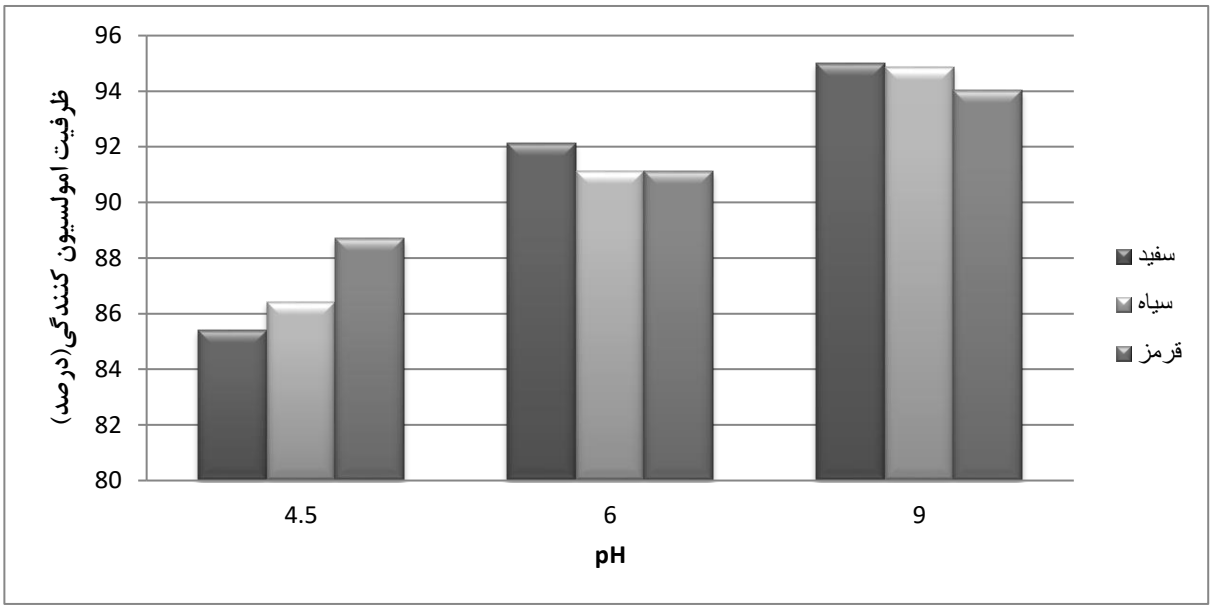
شکل شماره ۴: اثر درصدهای مختلف آرد کینوآ دردو نوع نان (بدون بهبوددهنده و همراه با بهبوددهنده) برمیزان تخلخل



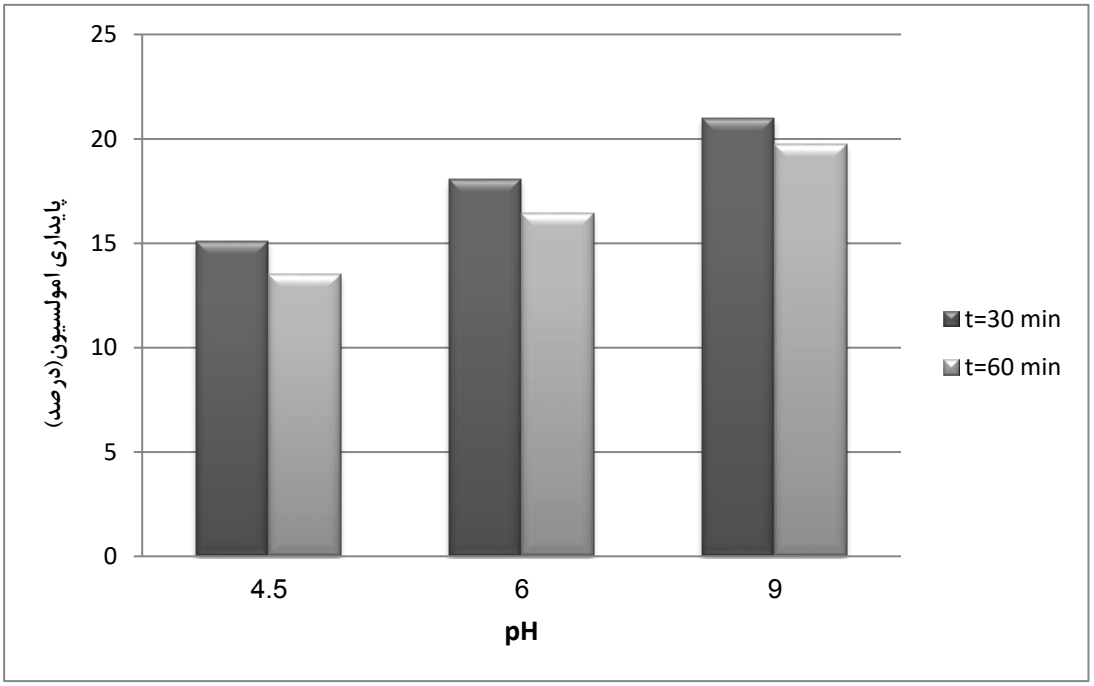
شکل شماره ۵: مقادیر ظرفیت امولسیون‌کنندگی آرد سه واریته کینوآ در مقادیر مختلف **pH** و زمان



شکل شماره ۶: مقادیر پایداری امولسیون آردکینوا واریته سفید در مقادیرمختلف pH و زمان



شکل شماره ۷: مقادیر پایداری امولسیون آردکینوا واریته سیاه در مقادیر مختلف pH و زمان



شکل شماره ۸: مقادیر پایداری امولسیون آردکینوا واریته قرمز در مقادیر مختلف pH و زمان

مصرف غلات تقریباً در همه جای جهان موقعیت مهمی در تغذیه دارد. زیرا علاوه بر محتوای بالای نشاسته به‌عنوانانرژی، مقادیر زیادی فیبر رژیمی، پروتئین مغذی و اسیدهای چرب ضروری را فراهم می‌کند (دووتیچ و همکاران، ۲۰۰۸). نان یکی از محصولات تهیه شده از غلات و یکی از اولین مواد غذایی تهیه شده توسط انسان است (هیدالگو و همکاران، ۲۰۱۴) که بخشی از غذای اکثر ملل جهان را تشکیل می‌دهد و به‌عنوانارزان‌ترین منبع انرژی و پروتئین در تغذیه قسمت اعظمی از مردم جهان، نقش حیاتی دارد. بررسی‌های سازمان خواربار جهانیانی نشان می‌دهد که مردم کشورهای خاورمیانه و خاور نزدیک در حدود ۷۰ درصد انرژی موردنیاز روزانه خود را از نان و سایر فرآورده‌های گندم، تأمین می‌کنند همان‌طور که از نتایج مشخص است؛ باتوجه‌به ویژگی‌های ذاتی دانه کینوآ، این محصول می‌تواند به‌خوبی باتوجه‌به مؤلفه‌های سند راهبردی و ملی امنیت غذایی جمهوری اسلامی ایران که مبتنی بر شرایط اقلیم، فرهنگ و رشد جمعیت و همچنین با نگاه به مؤلفه‌های ژئوپلیتیکی معرفی شده‌اند، تطابق یابد.

علاوه بر مؤلفه‌های علمی و صنعتی ذکر شده در حوزه تولید، نان به‌عنوانیکی از مهم‌ترین ارکان امنیت غذایی در کشور، باید توجه داشت که دانه کینوآ و ارتقا ضریب مصرف آن می‌تواند در تحقق اهداف چهارگانه سند ملی راهبردی امنیت غذایی نیز تقش راهبردی ایفا نماید.

مزیت‌های دانه کینوآ در حوزه فراهمی غذا

به‌صورت مشخص باتوجه‌به هدف‌گذاری سند امنیت غذایی، به‌منظور دستیابی به خودکفایی انرژی به میزان ۵۵-۸۰ درصد و همچنین خودکفایی پروتئین به میزان ۶۰-۸۷ درصد، کینوآ با فراهم‌آوری ۱۳-۱۵ درصد پروتئین در ساختار خود، می‌تواند در ارتقا ضریب خودکفایی پروتئین بسیار مؤثر عمل نماید.

در صورت جایگزینی کینوآبه‌عنوان بخشی از سرانه مصرف گندم و آرد گندم در کشور می‌تواند در حوزه رفع وابستگی به واردات اقلام اساسی و مدیریت مصرف آب در دوره کشت نیز نقش مؤثری ایفا نماید. در حقیقت بهره‌گیری از ظرفیت کینوآ در تولید نان از طریق افزایش سطح و حجم کشت علاوه بر مؤلفه‌های فنی که بحث شد در حوزه تولید پایدار منابع و استفاده از ظرفیت‌های داخلی، موجب می‌شود خودکفایی در یک کالای مقاوم و متناسب با شرایط اقلیمی و البته ارتقا کیفیت در زنجیره ارزش حاصل شود و به طور همزمان موجب حفظ ذخیره استراتژیک گندم نیز می‌گردد.

مزیت‌های دانه کینوآ در حوزه دسترسی به غذا

در این حوزه نیز کینوآ از طریق کاهش وابستگی مستقیم به گندم و چند منبعی نمودن غلات مورداستفاده در تولید نان به عنوان کالای استراتژیک می‌تواند اثر تکانه‌های اقتصادی، اجتماعی و مخاطرات اقلیمی را بر مؤلفه دسترسی به غذا تقلیل دهد. از سوی دیگر این دانه می‌تواند ضریب پروتئین سبد غذایی اقشار آسیب‌پذیر را ارتقا داده و هزینه‌های تأمین غذای خانوار را نیز تقلیل دهد. کینوآ به‌راحتی می‌تواند در متعادل‌سازی هزینه‌های غذای خانوار نقش ایفا نموده و در کنترل برخی مؤلفه‌های تغذیه‌ای بخصوص در دهک‌های پایین جامعه به‌عنوانیک عنصر اثرگذار شناخته شود.

مزیت‌های دانه کینوآ در حوزه ثبات و پایداری

رکن دیگر امنیت غذایی، ثبات و پایداری منابع است. دراین‌خصوص نیز دانه کینوآ در زمان کشت با مصرف کمتر منابع آبی و راندمان آبیاری بالاتر و ارتقا بهره‌وری در سطح زیر کشت و پایین‌بودن نرخ ضایعات و تلفات به‌خوبی به‌عنوانیک‌گونه مقاوم به تنش‌های آبی و متناسب با شرایط اقلیمی و اولویت‌های زیست‌محیطی ایران شناخته شده و می‌تواند در جهت نیل به اهداف امنیت غذایی ایران موردتوجه قرار گیرد.

از منظر اولویت‌های سرمایه‌گذاری و نیز باتوجه‌به ارزش‌افزوده بالای این محصول در مقایسه با غلات و بدون درنظرگرفتن نقش آن به‌عنوانیک کالای محوری در تولید نان، به‌خوبی مزیت‌های اقتصادی و سرمایه‌گذاری کینوآ قابل‌درک و پذیرش هستند. کینوآ مشخصاً در کشت‌های فراسرزمینی دارای مزیت‌های بالقوه در شرایط انتقال و ارتقا ارزش‌افزوده می‌باشد.

به بیان دیگر در افق بلندمدت دانه کینوآ به جهت مزیت اقتصادی بالا در دوره کاشت و برداشت و همچنین راندمان تولید بالا در مقایسه با مصرف آب بسیار کمتر از دانه‌های مشابه و البته مقاومت آفات و تنش‌های اقلیمی، می‌تواند به افزایش سطح رفاه روستائیان و کشاورزان افزایش روند مهاجرت معکوس کمک شایانی نماید. همچنین در حوزه تعادل بخشی به آبخیزداری و کاهش هزینه‌های تولید نیز مزیت این دانه در کشت‌های آزمایشی به اثبات رسیده است.

بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش باهدف شناخت آرد سه واریته کینوآ، به بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی و نیز ویژگی‌های عملکردی آرد حاصل از آن‌ها پرداخته شد. در بین سه واریته کینوآ میزان پروتئین واریته سیاه (۱۶/۸۱٪) بیشتر از سایر واریته‌ها بود که می‌تواند به‌عنوانیک منبع پروتئینی بالقوه در تولید نان در جهت ارتقا ضریب پروتئینی و خودکفایی در این حوزه مورد بهره برداری قرار گیرد. همچنین خواص عملکردی آرد سه واریته کینوآ و اثر pH بر این خواص مورد بررسی قرارگرفت که نتایج نشان داد آردهای حاصل دارای ویژگی‌های عملکردی مطلوب و قابل مقایسه با سایر حبوبات و غلات می‌باشند. علاوه بر این ویژگی‌های عملکردی آن‌ها تحت تاثیر pH بود و با دور شدن از نقطه ایزوالکتریک و افزایش حلالیت پروتئین، سایر ویژگی‌های عملکردی نیز روند افزایشی را نشان دادند. همچنین تعداد کل حفرات، اندازه‌ی حفرات، مساحت کل حفرات و تخلخل نمونه‌ها با افزایش آرد کینوآ تا ۵۰٪ افزایش یافت، درحالی‌که در نمونه‌های ۷۵٪ و ۱۰۰٪، این پارامترها کاهش یافتند. حفرات نمونه‌های ۷۵٪ و ۱۰۰٪ آرد کینوآ بیشتر به شکل دایره درآمده بودند و همچنین اندازه‌ی ریزتری نسبت به حفرات نمونه‌های دیگر داشتند. نتایج ساختار مورفولوژیکی نان در این پژوهش نشان داد که می‌توان از تئوری برخال برای بررسی اثرات فرآیندها و ترکیبات استفاده نمود. از طرفی مشخص گردید که آنالیز بافت تصویر به‌خوبی قادر به بیان تغییرات بافت مغز نان در اثر فرمولاسیون‌های مختلف بوده و باتوجه‌به پارامترهای بافتی شامل کنتراست، هموژنیتی، آنتروپی و انرژی می‌توان این تغییرات را به طور محسوسی بررسی نمود. بر اساس نتایج حاصله مشخص شد که نمونه‌ی حاوی ۵۰٪ آرد کینوآ به همراه بهبوددهنده خصوصیات بافتی بهتری را نمایش داد.

بنابراین، با تغییر pH، می‌توان برخی از خواص را برای مصارف خاص، بهبود داد. آرد دانه کینوآ می‌تواند به لحاظ تغذیه‌ای و تکنولوژیکی جایگزین بسیار خوبی برای آرد گندم باشد که ازاین‌حیث ضمن تأمین امنیت غذایی جامعه، انحصار تولید نان و محصولات نانوایی به‌وسیله گندم را نیز از بین خواهد برد. انجام این پژوهش، گامی مؤثر در توسعه و تکمیل پروژه‌های بعدی در مورد، آرد کینوآ است که می‌تواند به‌عنوانجایگزین پروتئین‌های حیوانی و همچنین در تولید محصولات مناسب برای بیماران سلیاکی و افراد حساس به گلوتن در رژیم غذایی مردم کشورهای درحال‌توسعه مطرح باشد. آنچه اکنون ضروری به نظر می‌رسد، تمرکز بر ویژگی‌های حسی محصولات حاصل از آرد کینوآ جهت ارتقا کیفیت محصولات تولیدی است.

جدول شماره ۵: علائم اختصاری نامگذاری

نمونه	کد نمونه
شاهد بدون بهبوددهنده	Q۰R۰
٪۲۵کینوآ بدون بهبوددهنده	Q۱R۰
٪۵۰کینوآ بدون بهبوددهنده	Q۲R۰
٪۷۵کینوآ بدون بهبوددهنده	Q۳R۰
٪۱۰۰کینوآ بدون بهبوددهنده	Q٤R۰
شاهد همراه با بهبوددهنده	Q۰R۱
٪۲۵کینوآ همراه با بهبوددهنده	Q۱R۱
٪۵۰کینوآ همراه با بهبوددهنده	Q۲R۱
٪۷۵کینوآ همراه با بهبوددهنده	Q۳R۱
٪۱۰۰کینوآ همراه با بهبوددهنده	Q٤R۱

منابع و مآخذ

۱. AACC (۲۰۰۳b). American Association of Cereal Chemists.Approved Method ۰۸-۰۳,۸th ed., St. Paul, MN, USA. Adebowale, Y. A., Adeyemi, I. A., and Oshodi, A. A., ۲۰۰۵. Functional and physicochemical properties of flours of six Mucuna species. African Journal of Biotechnology ٤ (۱۲): ۱٤٦۱-۱٤٦۸.

۲. Adebowale, Y. A., Adeyemi, I. A., and Oshodi, A. A., ۲۰۰۵. Functional and physicochemical properties of flours of six Mucuna species. African Journal of Biotechnology ٤ (۱۲): ۱٤٦۱-۱٤٦۸.

۳. Ameri shahrabi, Badiei, ehsani, Maftoon, azad, sarmadi zadeh, ۲۰۱۱, Investigating the functional and Thermal Properties of Concentrate and Protein Isolated from Chickpea and Soybean, Journal of Nutrition Sciences and Food Technology of Iran,. (٦) ٤۹-٥۸ (in Farsi)

٤. Amza, T. Amadou, I. Zhu, K. and Zhou, H. ۲۰۱۱. Effect of extraction and isolation on physicochemical and functional properties of an underutilized seed protein: Gingerbread plum (Neocarya macrophylla). Food Research International, ٤٤: ٥٥۳ – ٥٥۹.

٥. Asadpour, A, Jafari, S.M, sadeghi A, ghorbani, m, ۲۰۱۰. Determination of soluble protein and water absorption capacity of flour from different beans, Iranian Food Science and Technology Research Journal Vol. ٦, No. ۳, Fall, ۲۰۱۰, p. ۱۸٤-۱۹۲ (in Farsi).

٦. Asadpour, A, Jafari, S.M, sadeghi A, ghorbani, m, ۲۰۱۱, Determination of Emulsion and Fouling Capacity and Effect of Acidity and Ionic Power on the Properties of Different Flours from Different Beans,. Iranian Food Science and Technology Research Journal Vol. ۷, No. ۱, ۲۰۱۱, p. ۸۰-۹۱ (in Farsi).

۷. Berghofer, E. and Schoenlechner, R. ۲۰۱۰. Pseudocereals–an overview. Departament of FoodScience and Technology, University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna-Austria.

۸. Boye J, Zare F, Pletch A. ۲۰۱۰. Pulse protein: Processing, characterization, functional properties and application in food and feed. Food Research International ٤۳: ٤۱٤–٤۳۱.

۹. Boye J.I., Aksay S., Roufik S., Ribéreau S., Mondor M., Farnworth E. Rajamohamed S.H. ۲۰۱۰.Comparison of the functional properties of pea, chickpea and lentil protein concentrates processed using ultra filtration and isoelectric precipitation techniques. Journal of Food Research International ٤۳: ٥۳۷ –٥٤٦.

۱۰. Dallagnol, A. M., Pescuma, M., De Valdez, G. F. and Rollán, G. "Fermentation of quinoa and wheat slurries by Lactobacillus plantarum CRL ۷۷۸: proteolytic activity." Appl Microbiol Biotechnol ۹۷ (۲۰۱۳): ۳۱۲۹-۳۱٤۰.

۱۱. Dallagnol, A. M., Pescuma, M., De Valdez, G. F. and Rollán, G. "Fermentation of quinoa and wheat slurries by Lactobacillus plantarum CRL ۷۷۸: proteolytic activity." Appl Microbiol Biotechnol ۹۷ (۲۰۱۳): ۳۱۲۹-۳۱٤۰.

۱۲. Dewettinck, F. Van Bockstaele, B. Kühne, D. Van de Walle, T. M. Courtens, and X. Gellynck, ۲۰۰۸ ., "Nutritional value of bread: Influence of processing, food interaction and consumer perception," *J Cereal Sci*, vol. ٤۸, no. ۲, pp. ۲٤۳–۲٥۷,.

۱۳. Du, S., Jiang, H., Yu, X., Jane, J. ۲۰۱۲. Physicochemical and functional properties of whole legume flour. LWT - Food Science and Technology, ٥٥, ۳۰۸-۳۱۳.

۱٤. El Nasri, N. A., & El Tinay, A. H. ۲۰۰۷. Functional properties of fenugreek (Trigonella foenum graecum) protein concentrate. Food Chemistry, ۱۰۳, ٥۸۲–٥۸۹.

۱٥. FAO, Quinoa: "An ancient crop to contribute to world food security". Regional Office for Latin America and the Caribbean. July (۲۰۱۱).

۱٦. Feizi, S, Varidi, M, zareie, F, varidi, M, ۲۰۱۳, Investigation Chemical Composition, Color Parameters and Functional Properties of Fenugreek Flour and Comparison with Soybean Flour, Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology,. (۲)۲, ۱۲۱-۱۳۸ (in Farsi).

۱۷. Ferreira, D. S., Pallone, J. A. L., and Poppi, R. J. "Direct analysis of the main chemical constituents in Chenopodium quinoa grain using Fourier transform near-infrared spectroscopy." Food Control ٤۸ (۲۰۱٥): ۹۱-۹٥.

۱۸. Hidalgo and A. Brandolini, ۲۰۱٤., "Bread: Bread from Wheat Flour," in *Encyclopedia of Food Microbiology, vol 1.*, Elsevier Ltd, Academic Press, pp. ۳۰۳–۳۰۸.

۱۹. Jancurová, M., Minarovicová, L. and Dandar, A. ۲۰۰۹. Quinoa–a review. Czech Journal of Food Sciences. ۲۷(۲): ۷۱- ۷۹.

۲۰. Joshi, A. U., Liu, C., Sathe, S. K. ۲۰۱٥. Functional properties of select seed flours.LWT - Food Science and Technology ٦۰: ۳۲٥-۳۳۱.

۲۱. Kanu, P. J., Kerui, Z., Ming, Z. H., Haifeng, Q., Kanu, J. B., and Kexue, Z. ۲۰۰۷. Sesame protein ۱۱: Functional properties of sesame (Sesamum indicum L.) protein isolate as influenced by pH, temperature, time and ratio of flour to water during its production. Asian Journal of Biochemistry, ۵: ۲۸۹-۳۰۱.
۲۲. Kaur M, Singh Sandha K. ۲۰۱۰. Functional, thermal and pasting characteristics of flours from different lentil (Lens culinaris) cultivars. Journal of food science and technology-mysore ٤٧(٣):٢٧٣–٢٧٨.
۲۳. Kaur, M., Singh, N.۲۰۰۷. Characterization of protein isolates from different Indian chickpea cultivars. Food Chemistry, ۱۰۲: ۳٦٦-۷٤. Kinsella, J. E. ۱۹۷۹. Functional properties of soy protein. Journal of American Oil Chemists Society, ٥٦: ٢٤٢–٢٤٩.
۲٤. Lawal, O. S. ۲۰۰٤, Functionality of African locust bean (Parkia biglobossa) protein isolate: effects of pH, ionic strength and various protein concentrations. Journal of Food Chemistry, ٨٦: ٣٤٥-٣٥٥.
۲٥. Lilian E. A. J. ۲۰۰۹. Chapter ۱ Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.): Composition, Chemistry, Nutritional, and Functional Properties. Advances in Food and Nutrition Research Volume ٥٨, Pages ١-٣.
۲٦. Lilian E. A. J. ۲۰۰۹. Chapter ۱ Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.): Composition, Chemistry, Nutritional, and Functional Properties. Advances in Food and Nutrition Research Volume ٥٨, Pages ١-٣
۲۷. Maruatona, G. N., Duodu, K. G., Minnaar, A. ۲۰۱۰. Physicochemical, nutritional and functional properties of marama bean flour. Food chemistry, ۱۲۱, ٤٠٠-٤٠٥.
۲۸. Mashayekh, M., Mahmoodi, M. R., & Entezari, M. H. (۲۰۰۸). Effect of fortification of defatted soy flour on sensory and rheological properties of wheat bread. *International journal of food science & technology*, *43*(۹), ١٦٩٣-١٦٩٨.
۲۹. Naji-Tabasi and M. Mohebbi, (۲۰۱٥) "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*, vol. ۹, pp. ۱۱۰–۱۱۹,.
۳۰. Oelk, E. A., Puntnam, D. H., Teynor, T. M., and E. S., Oplinger Feb ۱۹۹۲. Alternative Field Crops Manual, Quinoa. University of Wisconsin Extension, Cooperative Extension.
۳۱. Owusu-Apenten, R. K. ۲۰۰۲. Food protein analysis Quantitative effects on processing. Marcel Dekker, Inc. Basel. New York.
۳۲. Pérez-Nieto, J. J. Chanona-Perez, R. R. Farrera-Rebollo, G. F. Gutierrez-Lopez, L. Alamilla-Beltran, and G. Calderon-Dominguez, (۲۰۱۰). "Image analysis of structural changes in dough during baking," *LWT-Food Science and Technology*, vol. ٤٣, no. ٣, pp. ٥٣٥–٥٤٣, ٢٠١٠.
۳۳. Piornos, J. A., Burgos-Díaz, C., Ogura, T., Morales, E., Rubilar, M., Maureira-Butler, E., Salvo-Garrido, H. ۲۰۱٥. Functional and physicochemical properties of a protein isolate from AluProt-CGNA: A novel protein-rich lupin variety (Lupinus luteus). Food Research International, ٧٦(٣): ٧١٩–٧٢٤.
۳٤. Ragab, D. M., Babiker, E. E., & El Tinay, A. H. (۲۰۰۳). Fractionation, solubility and functional properties of cowpea (Vigna unguiculata) proteins as affected by pH and/or salt concentration. Food Chemistry, ٨٤, ٢٠٧–٢١٢. Ravaghi, M, Mazaheri, M, Asoodeh, A., ۲۰۱۰, Evaluation of performance characteristics of four types of soybean flour in Iran, Journal of Food Science and Technology, Vol٦, (٣), ١-٧(in Farsi).
۳٥. Sepahvand, N, Kahbazi, M, ۲۰۱۰, Quinoa, a valuable plant to food security and sustainable agriculture in Iran, ۱۱th Iranian Congress of Plant Breeding and Plant Breeding, Research Institute of Environmental Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran,. Pp١٨١١-١٨١٤ (in Farsi)
۳٦. Shokrollahi, Mohebi, Varidi, M, ۲۰۱۳, Evaluation of the effect of temperature, frying time and the addition of lentil flour to batter formulation on the physicochemical and qualitative characteristics of fried crust using a shell model (DFCM),. Iranian Food Science and Technology Research Journal Vol. ۱۰, No. ۳, p. ٢٦٦- ٢٧٥ (in Farsi).
۳۷. Taghizadeh, B. Shokrollahi, F.Hamedi, ۲۰۱٦ Evaluation the physicochemical and mechanical properties of bittervetch seed (Viciaervilia) and the functional properties of its flour, Iranian Food Science and Technology Research Journal Vol. ۱۳, No. ۱, p. ۳۸- ٥٢(in Farsi).
۳۸. Taghizadeh, H.A Akhoondzadeh, Z.zamani. ۲۰۲۱. Study on physicochemical properties of Quinoa flour of three different varieties and the effect of pH on their functional characteristics. Iranian Food Science and Technology Research Journal. Vol. ۱۷, No. ۱, Apr. May. ۲۰۲۱, p. ۱۳- ۲۷ (in Farsi).

۳۹. Upadhyay, D. Ghosal, and A. Mehra, (۲۰۱۲). "Characterization of bread dough: Rheological properties and microstructure," *J Food Eng*, vol. ۱۰۹, no. ۱, pp. ۱۰٤–۱۱۳,.
٤۰. Yaseen, A. A. Shouk, and M. T. Ramadan, (۲۰۱۰). "Corn-wheat pan bread quality as affected by hydrocolloids," *Journal of American Science*, vol. ٦, no. ۱۰, pp. ٦۸٤–٦۹۰, ۲۰۱۰.

Studying the effect of Quinoa on bread based on the physicochemical characteristics of quinoa and the role of Quinoa seed in Iran's food security strategies.

M. Taghizadeh[۱]*, H. Akhoondzadeh[۲]

۱. Professor assistant, Dept. of Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad, I.R. Iran

۲. Ph.D. student, Dept. of Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad, I.R. Iran

(*Corresponding Author Email: mtaghizadeh@um.ac.ir)

Abstract

Chemical properties are important in both technological and nutritional aspects, chemical characteristics were observed and reported for three studied varieties. Protein solubility known as the first criteria in protein functional properties (Asadpour et al., ۲۰۱۰), this parameter is influenced by pH and the least value were observed in pH=٤,٥ (protein isoelectric point). Water and oil absorption capacity is one of the most important characteristics in flours (Kinsella, ۱۹۷۹), this parameter is a physical phenomenon which is known as oil or water confined in non-polar protein chains that is dependent on protein spatial shape. (Kinsella, ۱۹۷۹؛Kaur and Singh, ۲۰۰۷؛ Trayunham et al., ۲۰۰۷) responses led to ۱,۲۸٥, ۱,٤۷٥ and ۱,۲۹٥ for white, red and black varieties, respectively. Foam ability and foamstability, actually known as volume increase caused by fast stirring and usually results in convenient rheological properties in products texture like ice cream and bread.this parameter refers to the ability of protein to make stable foam aginst mechanical and Gravitational stresses and measured in a ۹۰ min. period of time (Oladela & Aina,۲۰۰۷) (Kinsella,۱۹۷۹). Least responses in this case were observed in pH=٤,٥ which is an isoelectric range of pH for protein chains. Results were corresponded by responses of El Nasri and El Tinay (۲۰۰۷), Lawal (۲۰۰٤), Taghizadeh et al, (۲۰۱۷) and Asadpour et al (۲۰۱۰) about other semi-cereal grains. Last metered parameter was emulsifying ability and emulsion stability, emulsifying in protein structure is an equilibrium between hydrophilic and hydrophobic parts of protein and affected by alkaline range of pH (Ragab et al., ۲۰۰۳) this parameter is influenced by protein solubility which is in the least measures in isoelectric point (Feizi et al., ۲۰۱۳). Results had shown that foam stability would decrease during time passes. This may be due to the coupling of dispersed phase particles (oil droplets) over time. Concerning the effect of pH on emulsion stability, the results showed that the stability values at alkaline pH were higher than that of acidic pH, so that this stability at pH = ۹ was significantly different from other pHs. Among the three varieties of quinoa, the amount of protein in the black variety (۱٦,۸۱٪) was higher than the other varieties, which could be further investigated as a potential protein source. In addition, results indicate functional properties are influenced by pH, which means out of iso electric point, protein solubility increase and other fictional properties were improve followed.

Key words: Quinoa flour, physicochemical properties, porosity, Bread structure,