

(مقاله پژوهشی)

ارزیابی اثر هم‌افزایی آرد دانه کینوآ و پروتئین آب پنیر به‌عنوان جایگزین گلوتن در تولید کیک یزدی بر پایه آرد برنج

شیرین پیروتنی^۱، علیرضا فرجی^{۲*}، فریبا نقی‌پور^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم و فن آوری‌های نوین، واحد علوم دارویی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

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

۳- گروه آموزشی علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم و فن آوری‌های نوین، واحد علوم دارویی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۳/۲۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۰۷

چکیده

گلوتن، پروتئین ساختاری مهم در فرمولاسیون کیک است که فقدان آن، سبب تولید فرآورده‌ای با بافت شکننده، رنگ ضعیف، حجم و تخلخل کم می‌شود. بنابراین استفاده از جایگزین‌های مناسب گلوتن در تهیه این دسته از محصولات امری ضروری است. از این‌رو هدف از انجام این پژوهش بررسی اثر هم‌افزایی آرد دانه کینوآ و پروتئین آب پنیر به‌عنوان جایگزین گلوتن در فرمولاسیون کیک بر پایه آرد برنج بود. بدین منظور آرد دانه کینوآ در سطوح صفر، ۱۰ و ۲۰ درصد جایگزین آرد برنج شد و پودر آب پنیر نیز در سطوح صفر، ۲ و ۴ درصد به فرمولاسیون افزوده و خصوصیات کمی و کیفی نمونه‌های کیک بدون گلوتن تولیدی در قالب طرح فاکتوریل مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که آرد کینوآ در تمامی سطوح سبب افزایش میزان رطوبت گردید این در حالی بود که در سطح ۱۰ درصد جایگزینی، بیشترین تأثیر را در بهبود حجم مخصوص، تخلخل و میزان سفتی بافت طی بازه زمانی یک روز پس از پخت نشان داد. از سوی دیگر جایگزینی این ترکیب تا سطح ۲۰ درصد، سبب کاهش میزان سفتی بافت طی بازه‌های زمانی یک و دو هفته پس از پخت گردید. همچنین نتایج گویای آن بود که افزودن پروتئین آب پنیر، در تمامی سطوح، سبب افزایش رطوبت، بهبود حجم مخصوص و تخلخل و کاهش سفتی محصول نهایی گردید. با ارزیابی رنگ پسته نیز مشاهده گردید که با افزایش میزان آرد دانه کینوآ در فرمولاسیون کیک یزدی بدون گلوتن و افزودن پروتئین آب پنیر تا سطح ۴ درصد، میزان مؤلفه L^* و a^* به ترتیب کاهش و افزایش یافت، این در حالی بود که در میزان مؤلفه b^* پسته نمونه‌های تولیدی، در تمامی سطوح مورد بررسی آرد دانه کینوآ و پروتئین آب پنیر، اختلاف معنی‌داری ملاحظه نگردید. در نهایت، ارزیابان حسیبان کردند داشتند که نمونه حاوی ۱۰ درصد آرد دانه کینوآ و ۴ درصد پروتئین آب پنیر از بیشترین میزان پذیرش کلی برخوردار بود.

واژه‌های کلیدی: آرد برنج، پروتئین آب پنیر، کیک بدون گلوتن، کینوآ، ویژگی‌های کیفی

۱- مقدمه

گلوتن مهمترین جز ساختمانی گندم به لحاظ تکنولوژیکی می باشد که برای برخی از افراد ایجاد حساسیت می نماید. در واقع این عدم تحمل گلوتن به دو شکل در افراد مشاهده می گردد. دسته اول افراد مبتلا به بیماری سلیاک می باشند که در این بیماری مزمن بدن به پرزهای روده کوچک حمله می کند و با آسیب به آنها، عملکرد دستگاه گوارش را مختل می کند. این امر در حضور زیر واحد گلیادین موجود در گلوتن گندم و پرولامین چاودار (سکالین)، جو (هوردئین) و احتمالاً یولاف (آویدین) که دارای ترکیب آمینو اسیدی مشابه گلیادین می باشند، تشدید می گردد. دسته دوم نیز افراد مبتلا به عدم تحمل به گلوتن غیر سلیاکی می باشند که گلوتن در دستگاه گوارش به خوبی هضم نمی شود و وارد جریان خون می گردند. بدن، گلوتن را به عنوان عامل خارجی شناخته و سیستم ایمنی بدن علیه خود بدن فعال می شود (۱۹). از این رو بازار مصرف محصولات فاقد گلوتن در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه مورد توجه قرار گرفته است. این در حالی است که حذف گلوتن از محصولات صنایع پخت، همراه با افت کیفیت می باشد (۷). به طور کلی، ماتریکس پروتئینی گلوتن در محصولات صنایع پخت عامل اصلی خواص مهم خمیر نظیر کشش پذیری، مقاومت در برابر کشش^۱، قابلیت اتساع^۲، تحمل در حین اختلاط^۳ و توانایی نگهداری گاز می باشد. در واقع از گلوتن تحت عنوان پروتئین ساختمانی جهت تولید نان، کیک، کلوچه و بیسکوئیت یاد می شود و فقدان آن در محصولات بدون گلوتن سبب تولید فرآورده ای با بافت شکننده، رنگ ضعیف، حجم و تخلخل کم می شود (۲۳). بنابراین استفاده از جایگزین های مناسب گلوتن نظیر پروتئین ها در تهیه این دسته از محصولات امری ضروری است. کیک، یک نوع شیرینی با بافت و نرمی به خصوص می باشد و در میان گروه های سنی مختلف، از محبوبیت

بالایی برخوردار است. خمیر کیک یک سیستم امولسیون روغن در آب است که حباب های هوا در فاز روغنی آن به دام افتاده اند (۳). مواد اصلی فرمولاسیون انواع مختلف کیک ها عموماً آرد، روغن، شکر و تخم مرغ می باشند. از این رو به نظر می رسد روش متفاوت تولید، عامل اصلی دسته بندی کیک ها به انواع مختلفی از جمله کیک پوند^۴، کیک موفین^۵، آنزل^۶، اسفنجی^۷، چیفن^۸، لایه ای^۹ و روغنی می باشد (۴). کیک یزدی یا فنجان^{۱۰} از دسته کیک های روغنی می باشد. کیک یزدی به کیک هایی گفته می شود که در فویل ها یا ظروف کاغذی فنجان شکل پخته می شوند. به مانند دیگر کیک ها، گلوتن یکی از عوامل اصلی شکل گیری ساختار این نوع کیک پس از فرآیند پخت می باشد (۴). یکی از این منابع پروتئینی مورد استفاده در تولید محصولات خمیری، پروتئین آب پنیر می باشد. آب پنیر زیر فرآورده فرآیند پنیرسازی و تقریباً حاوی نیمی از مواد جامد موجود در شیر کامل می باشد. دو نوع پروتئین آب پنیر به لحاظ نوع فرآیند تولید پنیر وجود دارد که عبارتند از پروتئین آب پنیر شیرین، با pH حداقل ۵/۶ که در فرآیند تولید پنیر با آنزیم رنت مانند پنیر چدار تولید می شود و پروتئین آب پنیر اسیدی با pH کمتر از ۵/۱، که در تولید پنیر به روش اسیدی نظیر انواع پنیر دلمه ای تولید می گردد (۲۸). در واقع پروتئین آب پنیر به عنوان یک محصول جانبی کارخانجات تولید پنیر و با دارا بودن ترکیبات پروتئین و قندی یک آلایند قوی با تمایل به جذب اکسیژن بالا به میزان ۳۵-۴۵ کیلوگرم بر لیتر است که عدم کنترل صحیح آن می تواند مشکلات زیست محیطی به وجود آورد. از این رو، امروزه بازیابی این پروتئین و استفاده از آن در فرمولاسیون مواد غذایی یکی از زمینه های مورد توجه کارخانه های صنایع غذایی می باشد. پروتئین های آب پنیر به دلیل خواص تغذیه ای و عملکرد خود به خوبی شناخته

4-Pound cake
5-Muffin cake
6-Angle cake
7-Sponge cake
8-Chiffon cake
9-Layer cake
10-Cup cake

1-Resistance to extension
2-Dough extensibility
3-Resistance of dough during mixing

در نان بدون گلوتن استفاده نمودند. نتایج نشان داد که آرد کینوآ ضمن بهبود حجم، ایجاد بافت داخلی نرم‌تر و پخش یکنواخت سلول‌های گازی، اثر مثبتی در افزایش میزان رطوبت نمونه‌های تولیدی داشت در نتیجه آن بیاتی نمونه‌های حاوی آرد کینوآ به تأخیر افتاد (۱۸). همچنین لیک^۲ و همکاران (۲۰۱۱) در تولید نان بدون گلوتن، از نشاسته گندم و پروتئین‌های آب پنیر استفاده نمودند (۲۸). طی نتایج این محققین مشخص گردید که کاربرد پروتئین‌های آب پنیر در فرمولاسیون نان بدون گلوتن سبب بهبود حجم مخصوص و ایجاد سلول‌های گازی مشابه با آنچه در نان گندم وجود دارد، شد. کارآمدی پروتئین آب-پنیر در بهبود ویژگی‌های کیفی محصولات خمیری بدون گلوتن بوسیله پژوهشگران دیگری نیز گزارش شده است (۲۹، ۳۰ و ۳۳). هدف از انجام این پژوهش بررسی امکان جایگزینی آرد گندم موجود در فرمولاسیون کیک یزدی با ترکیبی از آرد برنج و آرد دانه کینوآ و همچنین افزودن پروتئین آب پنیر به منظور بهبود خصوصیات کیفی و حسی محصول نهایی بود.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

آرد برنج با ۹/۳ درصد رطوبت، ۷/۵ درصد پروتئین، ۱/۲۲ درصد چربی و ۰/۹ درصد خاکستر از شرکت خضر خوشه (بابل، ایران) و دانه کینوآ با ۳۶ درصد کربوهیدرات، ۱۶ درصد پروتئین، ۱۰ درصد چربی و ۲۵ درصد فیبرژیمی از شرکت ماگنولیا (ساوه، ایران) خریداری گردید. شایان ذکر است که دانه کینوآ توسط آسیاب غلطکی (مدل Brabender، ساخت کشور آلمان)، آسیاب گردید و تمام آرد مورد نیاز برای انجام آزمایشات به صورت یکجا تهیه و در سردخانه با دمای ۴ درجه‌ی سانتی‌گراد نگهداری شد. بودر آب پنیر نیز از شرکت پگاه تهران تهیه گردید. سایر مواد مورد نیاز در آزمایشات شامل شکر، روغن نباتی مایع، شیر خشک، تخم‌مرغ و بیکنینگ‌بودر از یک فروشگاه عرضه‌کننده مواد اولیه قنادی خریداری شد.

شده‌اند. این پروتئین‌ها دارای قابلیت حل شدن، کف کردن، خواص باند شدن، ژله‌ای شدن و امولسیفایری هستند و به دلیل میزان بالای اسیدهای آمینه ضروری یک منبع بسیار مهم تغذیه‌ای می‌باشند (۲). علاوه بر این، شبه‌غلات نیز از منابع غذایی می‌باشند که قابلیت استفاده در محصولات صنایع پخت را دارند. کینوآ با نام علمی *Chenopodaumguinoa willd* از زیر خانواده *Chenopodiaceae* و خانواده *maranthaceae* یکی از شبه‌غلات‌های مهمی می‌باشد که به دلیل ارزش غذایی بالا و تعادل اسید آمینه‌های موجود در آن توسط سازمان خواروبار جهانی با شیر خشک مقایسه شده است. برای معرفی نقش و ارزش این گیاه در امنیت غذایی، توسعه مصرف و تولید آن، مجمع عمومی سازمان ملل متحد سال ۲۰۱۳ را به نام سال بین‌المللی کینوآ نام‌گذاری کرد (۲۱). کینوآ 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 (۲۰). کینوآ در ایران گیاهی جدید به شمار می‌رود که در چند سال اخیر امکان کشت این محصول و سازگاری آن با اقلیم‌های مختلف جغرافیایی ایران مورد پژوهش قرار گرفته است. تولید این محصول مناسب در مناطقی از جمله کرج، خوزستان، بلوچستان، جیرفت و کهنوج، مطلوب ارزیابی شده است (۳۵). از سوی دیگر، این گیاه 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 (۳۲). کشت ارقام کینوآ در طیف گسترده‌ای از شرایط اقلیمی مانند نواحی با بارندگی بالا یا خشک، نواحی سرد یا گرم و نواحی با ارتفاع بیش از ۴۰۰۰ متر از سطح دریا، که شامل بیشتر نواحی آمریکا و آسیا می‌باشد امکان‌پذیر است. در همین راستا، الگتی^۱ و همکاران (۲۰۱۴) از آرد کینوآ در سطوح ۱۰۰-۴۰ درصد به عنوان جایگزین آرد برنج و ذرت

۲-۲-۲- روش‌ها

۲-۲-۲-۱- تهیه خمیر و تولید کیک بدون گلوتن

فرمولاسیون خمیر نمونه شاهد کیک یزدی شامل آرد برنج، شکر (۲۵ درصد)، تخم مرغ (۳۶ درصد)، روغن (۳۶ درصد)، بیکنینگ پودر (۲ درصد)، وانیل (۱ درصد) و آب (۴۰ درصد) بود (۱۱). شایان ذکر است که درصد مور نیاز از اجزای یادشده بر حسب وزن آرد برنج مصرفی محاسبه شد. ابتداتمام مواد اولیه با استفاده از ترازوی دقیق دیجیتال (AND GF-300, Japan) با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شدند و سپس شکر و تخم مرغ در داخل مخزن همزن (CLA Tronic, Germany) مخلوط شدند. بعد از آن روغن و بیکنینگ پودر به مخزن همزن اضافه و به مدت ۲ دقیقه با دور تند همزده شدند. در مرحله آخر، پس از افزودن آب، آرد برنج مخلوط شده با وانیل به صورت تدریجی به

کرم حاصله، افزوده شد و به مدت یک دقیقه عمل همزدن ادامه یافت. در ادامه با استفاده از یک قیف پارچه ای، خمیر حاصله در قالبهای کیک فنجانی ریخته شد و فرآیند پخت به مدت ۲۰ دقیقه در داخل فر برقی (Miwe Back Combi, Germany) با دمای ۱۸۰ درجه سانتی گراد صورت پذیرفت. نمونه‌ها پس از پخت به مدت ۴۰ دقیقه در دمای محیط، خنک شده و سپس در کیسه های پلی اتیلنی بسته بندی شدند. تولید سایر تیمارها نیز با روش یکسانی صورت گرفت با این تفاوت که، بر حسب طرح آزمایش (جدول ۱)، آرد برنج با مقادیر مختلفی از آرد دانه کینوآ (صفر، ۱۰ و ۲۰ درصد) جایگزین شد. پودر پروتئین آب پنیر نیز در سطوح تعریف شده بوسیله طرح آزمایش (صفر، ۲ و ۴ درصد نسبت به وزن آرد برنج مصرفی) به همراه آرد برنج به مخلوط خمیر کیک افزوده شد.

جدول ۱- فرمولاسیون تیمارهای مورد بررسی

تیمار	آرد برنج (درصد)	آرد دانه کینوآ (درصد)	پروتئین آب پنیر (درصد)
۱ (شاهد)	۱۰۰	۰	۰
۲	۱۰۰	۰	۲
۳	۱۰۰	۰	۴
۴	۹۰	۱۰	۰
۵	۹۰	۱۰	۲
۶	۹۰	۱۰	۴
۷	۸۰	۲۰	۰
۸	۸۰	۲۰	۲
۹	۸۰	۲۰	۴

۲-۲-۲-۲- ارزیابی خصوصیات کمی و کیفی کیک

۲-۲-۲-۲-۱- رطوبت

جهت انجام این آزمایش از استاندارد AACC شماره ۱۶-۴۴ استفاده گردید (۱۲).

برای اندازه گیری حجم مخصوص از روش جایگزینی حجم با دانه کلزا مطابق با استاندارد AACC، ۲۰۰۰ شماره ۱۰-۷۲ استفاده شد (۱۲).

۲-۲-۲-۲-۳- تخلخل

بدین منظور به وسیله چاقوی اره ای برش عرضی از کیک تهیه و عکس آن به وسیله اسکنر (HP Scanjet G3010, China) گرفته شد. در ادامه تخلخل با استفاده از نرم افزار

۲-۲-۲-۲-۲- حجم مخصوص

ImageJ و محاسبه نسبت نقاط روشن به نقاط تیره که شاخصی از میزان تخلخل بود، اندازه‌گیری گردید (۲۶).

۲-۲-۴- سفتی بافت

ارزیابی بافت کیک در فاصله زمانی یک، هفت و چهارده روز پس از پخت، با استفاده از دستگاه بافت‌سنج (Texture Pro CT r1.8 Build31, USA) براساس روش رونا و همکاران (۲۰۰۵) انجام گرفت (۳۱). حداکثر نیروی مورد نیاز برای نفوذ یک پروب با انتهای استوانه‌ای (۲ سانتی‌متر قطر در ۲/۳ سانتی‌متر ارتفاع) با سرعت ۳۰ میلی‌متر، به‌عنوان شاخص سفتی محاسبه گردید.

۲-۲-۵- رنگ پوسته

آنالیز رنگ پوسته کیک از طریق تعیین سه شاخص L^* ، a^* و b^* صورت پذیرفت. شاخص L^* معرف میزان روشنی نمونه می‌باشد و دامنه آن از صفر (سیاه خالص) تا ۱۰۰ (سفید خالص) متغیر است. شاخص a^* میزان نزدیکی رنگ نمونه به رنگ‌های سبز و قرمز را نشان می‌دهد و دامنه آن از ۱۲۰- (سبز خالص) تا ۱۲۰+ (قرمز خالص) متغیر است. شاخص b^* میزان نزدیکی رنگ نمونه به رنگ‌های آبی و زرد را نشان می‌دهد و دامنه آن از ۱۲۰- (آبی خالص) تا ۱۲۰+ (زرد خالص) متغیر می‌باشد. جهت اندازه‌گیری این شاخص‌ها ابتدا برشی به ابعاد ۴ در ۴ سانتی‌متر از قسمت داخلی کیک اسفنجی 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 (سان، ۲۰۰۸).

۲-۲-۶- آزمون خصوصیات حسی

آزمون حسی با استفاده از روش پیشنهادی رجب‌زاده (۱۳۷۰) انجام شد (۶). بدین منظور ۱۰ داور از بین افراد آموزش دیده مطابق با آزمون مثلثی و روش گاسولا و

سینگ^۳ (۱۹۸۴) انتخاب گردیدند (۲۲) و سپس خصوصیات حسی کیک از نظر طعم و مزه، آروما، رنگ پوسته، سفتی و نرمی بافت و قابلیت جویدن مورد ارزیابی قرار گرفتند. برای نمره‌دهی به صفات مختلف از یک طرح هدونیک پنج نمره‌ای استفاده شد که رتبه‌بندی آن شامل بسیار خوب (۵)، خوب (۴)، متوسط (۳)، ضعیف (۲) و بسیار ضعیف (۱) بود. با توجه به اهمیت صفات مورد اشاره، برای هر یک ضریبی در نظر گرفته شد (طعم و مزه: ۳، آروما: ۱، رنگ پوسته: ۲، سفتی و نرمی بافت: ۲ و قابلیت جویدن: ۲) و نمره پذیرشکی هر نمونه از میانگین مجموع نمرات کسب شده برای صفات مختلف آن محاسبه شد.

۲-۲-۳- تجزیه و تحلیل آماری

نتایج به‌دست آمده از این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار Mstat c بر پایه طرح فاکتوریل دو عامله که عامل اول میزان جایگزینی آرد برنج با آرد دانه کینوآ و عامل دوم نیز میزان افزودن پروتئین آب پنیر بود، مورد ارزیابی قرار گرفت. هریک از آزمون‌ها در سه تکرار انجام شد. میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح معنی‌داری ۵ درصد ($P < 0.05$) مورد مقایسه قرار گرفتند. در انتها برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

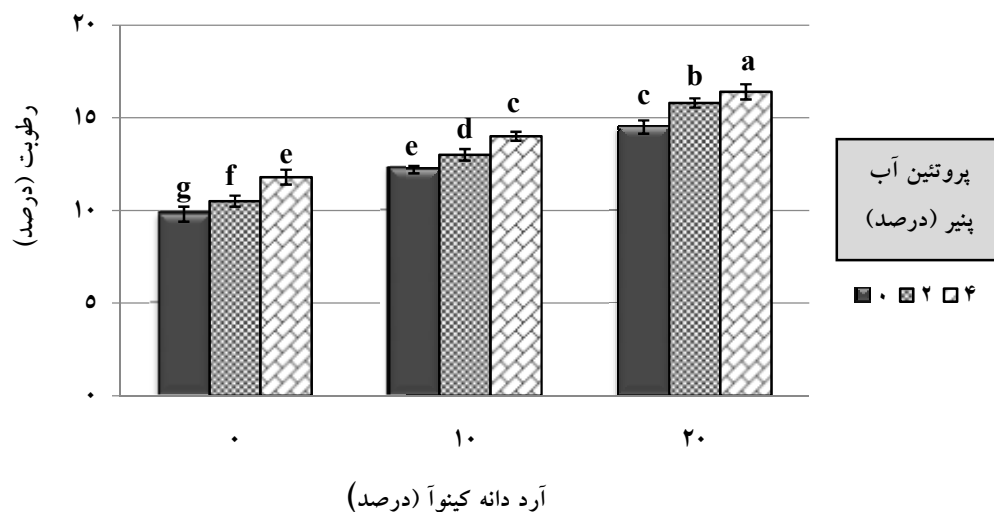
۳- نتایج و بحث

۳-۱- رطوبت

در شکل ۱ تأثیر جایگزینی آرد برنج موجود در فرمولاسیون کیک بدون گلوتن با سطوح مختلف آرد دانه کینوآ و همچنین افزودن پروتئین آب پنیر بر میزان رطوبت محصول نهاییک روز پس از پخت، نشان داده شده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد با افزایش سطح جایگزینی تا سطح ۲۰ درصد، میزان رطوبت نمونه‌های کیک تولید به گونه معنی- دارافزایش پیدا کرده است. از سوی دیگر، افزودن پروتئین آب پنیر نیز سبب افزایش معنی‌دار میزان این پارامتر را به همراه داشته است، به‌طوری که نمونه حاوی ۲۰ درصد آرد دانه کینوآ، ۸۰ درصد آرد برنج و ۴ درصد پروتئین آب پنیر

هیدروژنی را می‌دهد (۲۵). همچنین گزارش شده است که با استفاده از پودرهای لبنی می‌توان ظرفیت نگهداری آب در محصولات نانویی را بهبود بخشید و با افزایش محتوای رطوبتی از بیاتی زودرس و افت این دسته از فرآورده‌ها ممانعت نمود (۱۶). در این راستا قربانخانی و همکاران (۱۳۹۴) با ارزیابی خواص فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی کیک غنی شده با کنسانتره پروتئین آب پنیر ليقوان نیز عنوان داشتند که با افزایش میزان پروتئین از سطح ۳ تا ۹ درصد، میزان رطوبت نمونه‌های تولیدی افزایش یافت که این امر به دلیل محتوای پروتئینی بالای این ترکیب می‌باشد (۱۰). نقی‌پور و همکاران (۱۳۹۵) با بررسی اثر پودر شیر سویا به عنوان یک منبع پروتئینی بر بهبود خصوصیات تکنولوژیکی و حسی کیک روغنی بدون گلوتن بر پایه آرد سورگوم، عنوان داشتند که پودر شیر سویا در تمام سطوح مصرف سبب افزایش میزان رطوبت نمونه‌های تولیدی گردید (۱۱).

دارای بیشترین میزان رطوبت در بین نمونه‌های تولیدی بود. لازم به ذکر است که میزان رطوبت تمامی تیمارها نسبت به نمونه شاهد (نمونه فاقد آرد کینوآ و پروتئین آب پنیر) به گونه معنی‌داری بیشتر بوده است. در همین راستا حقایق (۱۳۹۶) با بررسی خصوصیات تغذیه‌ای، تکنولوژیکی و حسی نان برنجی بدون گلوتن حاوی آرد شبه غلات کینوآ، آمارانت و گندم سیاه مشاهده نمودند که افزایش میزان آرد دانه کینوآ در فرمولاسیون سبب افزایش میزان رطوبت در بین نمونه‌های تولیدی گردید که این امر به احتمال زیاد به دلیل وجود ترکیبات فیبری و پروتئین موجود در دانه کینوآ می‌باشد (۵). از دید تکنولوژیکی، آرد کینوآ به دلیل ظرفیت اتصال آب و اثرات تغلیظ‌کنندگی و بافت‌دهی باعث اصلاح و بهبود بافت، خواص حسی و ماندگاری محصول نهایی می‌شود. این افزایش جذب آب به دلیل تعداد زیاد گروه‌های هیدروکسیل موجود در مولکول‌های فیبر است که اجازه تعامل بیشتر به آب از طریق پیوندهای

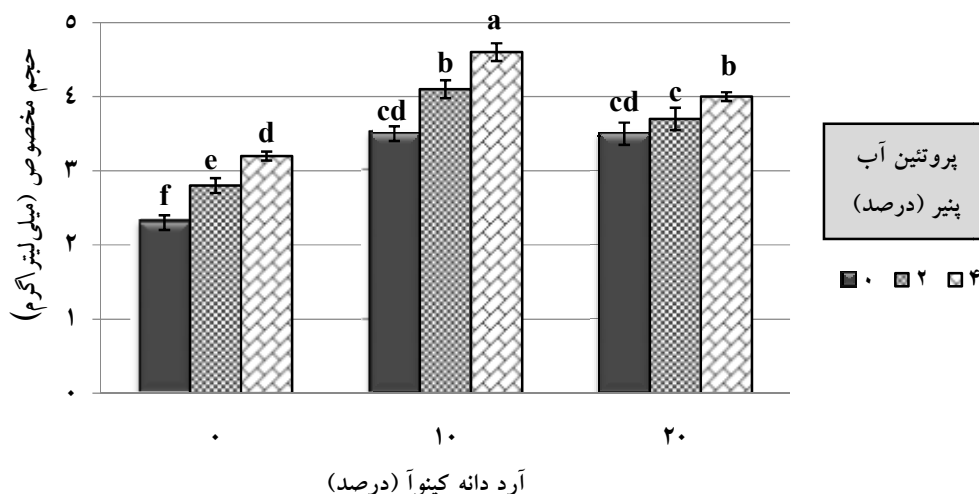


شکل ۱- تأثیر سطوح مختلف جایگزینی آرد برنج با آرد دانه کینوآ و افزودن پروتئین آب پنیر بر میزان رطوبت کیک یزدی بدون گلوتن یک روز پس از پخت. (حروف مشابه از نظر آماری در $P < 0.05$ تفاوت معنی‌داری ندارند)

۳-۲- حجم مخصوص

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که میزان حجم مخصوص نمونه‌های تولیدی، با افزایش میزان جایگزینی آرد برنج با آرد دانه کینوآ تا سطح ۱۰ درصد، شاهد یک افزایش و در ادامه تا سطح ۲۰ درصد، شاهد یک کاهش بود (شکل ۲). حجم مخصوص کیک توسط اندازه‌گیری نسبت حجم به وزن کیک به دست می‌آید (۳۸). در همین راستا هوآنگ^۱ و همکاران (۲۰۰۸) عنوان کردند که تولید و نگهداری گاز در محصول، ناشی از ساختمان مناسب شبکه گلوتنی بوده و این شبکه گلوتنی مسئول حجم و بافت مطلوب نان می‌باشد

(۲۷). طالبی (۱۳۹۵) نیز در پژوهش خود که به بررسی تأثیر امواج فراصوت و پروتئین ایزوله سویا بر بهبود خصوصیات فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی کیک اسفنجی بدون گلوتن پرداخت، بیان داشت که افزایش حجم در محصولات صنایع پخت تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله میزان حباب‌های هوای موجود در خمیر (چه به صورت فیزیکی و چه به صورت شیمیایی و یا بیولوژیکی)، انبساط این سلول‌های هوا در طی فرآیند پخت و یا تبخیر آب موجود در خمیر در اثر افزایش دما، می‌باشند (۸).



شکل ۲- تأثیر سطوح مختلف جایگزینی آرد برنج با آرد دانه کینوآ و افزودن پروتئین آب پنیر

بر میزان حجم مخصوص کیک یزدی بدون گلوتن یک روز پس از پخت.

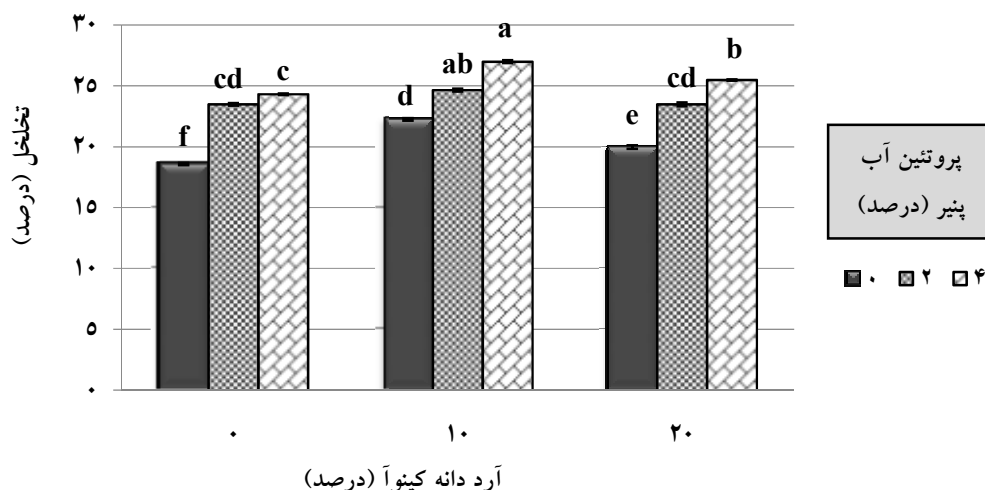
(حروف مشابه از نظر آماری در $P < 0.05$ تفاوت معنی‌داری ندارند)

دلیل بیشتر بودن حجم نمونه‌های حاوی ۱۰ درصد آرد دانه کینوآ نسبت به نمونه شاهد، ایجاد ویسکوزیته بیشتر توسط آرد کینوآ به علت بهبود توزیع آب و گاز در خمیر و به دام انداختن مقدار بیشتری حباب گاز وارد شده در حین فرایند مخلوط کردن و در نتیجه افزایش حجم محصول نهایی می‌باشد (۹). در همین راستا فوسته^۱ و همکاران (۲۰۱۴) اثر افزودن سیوس کینوآ را به خمیر و نان‌های بدون گلوتن مورد ارزیابی قرار دادند و گزارش کردند که جایگزینی ۱۰ درصد سیوس کینوآ، میزان گاز دی‌اکسید کربن را در حین تخمیر افزایش داد (۲۱). الگتی^۲ و همکاران (۲۰۱۴) نیز از آرد کینوآ در سطوح ۱۰۰-۴۰ درصد به‌عنوان جایگزین آرد برنج و ذرت در نان بدون گلوتن استفاده نمودند (۱۸). نتایج این پژوهشگران نشان دادند که آرد کینوآ با افزایش میزان فعالیت آلفا گلیکوزیداز سبب بهبود حجم و پخش یکنواخت سلول‌های گازی شد که با نتایج حقایق (۱۳۹۶) (۵) مطابقت داشت. این امر خود می‌تواند در استحکام کافی و مناسب بافت محصول در حفظ تعداد سلول‌های گازی مؤثر باشد. زیرا در حین فرآیند پخت، دمای فر پخت موجب انبساط سلول‌های گازی می‌شود که چنانچه دیواره سلول‌ها و بافت محصول تولیدی انبساط کافی نداشته باشد، انبساط حین فرآیند پخت موجب پاره شدن حبابچه‌های گازی می‌شود و در نتیجه آن حجم مخصوص یا کاهش می‌یابد و یا اینکه نسبت به نمونه شاهد تغییر قابل ملاحظه‌ای نمی‌کند. این در حالی است که در سطوح بالای این ترکیب، احتمالاً به دلیل ایجاد یک بافت سنگین و متراکم، میزان حجم مخصوص نمونه‌های تولیدی کاهش پیدا کرد. از سوی دیگر، با افزایش میزان پروتئین آب پنیر تا سطح ۴ درصد، میزان حجم مخصوص نمونه‌های کیک یزدی بدون

گلوتن افزایش یافت. در همین راستا، گالاگر^۳ و همکاران (۲۰۰۳) با بررسی اثر هفت نوع پودر لبنی در چهار سطح (۰، ۳، ۶ و ۹ درصد) بر خواص کمی نان بدون گلوتن به این نکته اشاره نمودند که پودرهای لبنی با پروتئین بالا و لاکتوز پایین (که پودر پنیر جزء این دسته است) از طریق استحکام بخشیدن به شبکه تشکیل شده در بافت محصول و حفظ و نگهداری بیشتر سلول‌های گازی در حین فرآیند پخت، توانایی افزایش حجم محصول نهایی را دارند (۲۴).

۳-۳- تخلخل

مطابق شکل ۳، میزان حجم مخصوص نمونه‌های تولیدی با افزایش جایگزینی آرد برنج با آرد دانه کینوآ تا سطح ۱۰ درصد، شاهد روند صعودی و در ادامه تا سطح ۲۰ درصد شاهد روند نزولی بود. به‌طور کلی، میزان تخلخل مغز بافت محصولات صنایع پخت تحت تأثیر تعداد حفرات موجود در مغز بافت و همچنین نحوه توزیع و پخش این حفرات می‌باشد، که هرچه تعداد حفرات و سلول‌های گازی بیشتر بوده و توزیع و پخش آن‌ها یکنواخت‌تر صورت گرفته باشد، میزان تخلخل محصول نهایی بیشتر خواهد شد (۳۹). بنابراین این احتمال وجود دارد که حضور آرد شبه غله‌ای نظیر کینوآ در فرمولاسیون کیک بدون گلوتن با محتوای پروتئینی بالا، موجبات استحکام دیواره سلول‌های گازی تشکیل شده در نتیجه فعالیت مخمر را مهیا نموده و از پاره شدن آن‌ها جلوگیری نماید. از طرفی به نظر می‌رسد که آرد دانه کینوآ در پخش یکنواخت‌تر سلول‌های گازی مؤثر بوده است که این امر می‌تواند به دلیل میزان چربی کافی در این آرد دانه کینوآ و کمک در پخش یکنواخت‌تر سلول‌های گازی باشد.



شکل ۳- تأثیر سطوح مختلف جایگزینی آرد برنج با آرد دانه کینوا و افزودن پروتئین آب پنیر بر میزان تخلخل کیک یزدی بدون گلوتن یک روز پس از پخت (حروف مشابه از نظر آماری در $P < 0.05$ تفاوت معنی‌داری ندارند)

گلوتنی در محصولات صنایع پخت نسبت داد (۳۶) که این امر سبب بهبود توزیع و پخش یکنواخت سلول‌های گازی در خمیر و محصول نهایی و در نتیجه میزان تخلخل بافت گردید. همچنین وجود لاکتوز در ترکیبات موجود آب پنیر سبب افزایش پایداری حرارتی پروتئین‌ها شده و به‌نظر می‌رسد که این امر سبب بهبود امکان انبساط گاز داخل حفرات ساختمان کیک در حین فرآیند پخت می‌شود (۲). لیک و همکاران (۲۰۱۱) نیز در تولید نان بدون گلوتن از پروتئین‌های آب پنیر به میزان ۲/۴ درصد استفاده نمودند (۲۸). طی نتایج این محققین مشخص گردید که با استفاده از این افزودنی در فرمولاسیون نان بدون گلوتن میزان تخلخل محصول نهایی بهبود یافت و سلول‌های گازی مشابه با آنچه در نان گندم وجود داشت در محصول ایجاد شد.

۴-۴- سفتی بافت

همان‌گونه که نتایج ارزیابی میزان سفتی بافت نمونه‌های کیک بدون گلوتن در بازه زمانی یک روز پس از پخت نشان داد (جدول ۲)، با افزایش میزان جایگزینی تا سطح ۱۰ درصد، میزان سفتی بافت کاهش یافت، این در حالی بود که در سطوح بالاتر جایگزینی، میزان سفتی بافت افزایش پیدا

دینی^۱ و همکاران (۲۰۱۰) در مطالعه خود در زمینه دانه کینوا به این نتیجه دست یافتند که این دانه نسبت به بسیاری از غلات حتی گندم میزان چربی بیشتری دارد (۱۷). همچنین، حقایق (۱۳۹۶) نیز با بررسی خصوصیات تکنولوژیکی نان برنجی بدون گلوتن حاوی آرد شبه غله کینوا، افزایش میزان تخلخل بافت نمونه‌ها را گزارش نمود (۵). اما به احتمال زیاد علت کاهش میزان تخلخل بافت در سطوح ۲۰ درصد جایگزینی، جذب بیش از حد آب در خمیر و افزایش ضخامت دیواره سلول‌های گازی و کاهش قابلیت انبساط آن‌ها در طی فرآیند پخت می‌باشد که به موجب آن میزان تخلخل محصول نهایی کاهش یافته است. از سوی دیگر با افزایش میزان پروتئین آب پنیر در فرمولاسیون کیک یزدی، میزان تخلخل بافت افزایش پیدا کرد، به‌طوری که نمونه حاوی ۴ درصد از این افزودنی دارای بیشترین میزان تخلخل بافت در بین نمونه‌های تولیدی بود. علت افزایش میزان تخلخل نمونه‌های کیک بدون گلوتن را می‌توان به تشکیل فیلم‌های بین سطحی شبکه‌ای توسط پروتئین‌های موجود در پودر آب پنیر مشابه با شبکه

کرد. روند یاد شده برای تغییرات سفتی بافت، در مقاطع زمانی یک و دو هفته پس از پخت نیز، به همین منوال بود. به طور کلی در محصولات نانوائی بدون گلوتن عدم حضور پروتئین گلوتن در آرد مورد استفاده، سبب تسهیل مهاجرت رطوبت از مغز به پوسته می شود و در نتیجه آن سفتی بافت نان افزایش می یابد اما با کاربرد انواع مختلفی از ترکیبات

که قابلیت نگهداری رطوبت محصول تولیدی را در حین پخت و پس از پخت داشته باشد، می تواند تا حدودی از این فرآیند (سفت شدن بافت) جلوگیری نمود. با توجه به نتایج به دست آمده از بخش ارزیابی رطوبت محصول چنین نتیجه ای دور از انتظار نبود. زیرا آرد کینوآ در افزایش میزان رطوبت محصول نهایی نقش داشت.

جدول ۲- تأثیر سطوح مختلف جایگزینی آرد برنج با آرد دانه کینوآ و افزودن پروتئین آب پنیر بر میزان سفتی بافت کیک یزدی بدون گلوتن طی سه بازه زمانی یک، هفت و چهارده روز پس از پخت

سفتی بافت (نیوتن)	پودر آب پنیر (درصد)		آرد دانه کینوآ (درصد)
	یک روز پس از پخت	هفت روز پس از پخت	
۷/۵۳±۰/۷۲ ^{aB}	۷/۹۱±۰/۰۳ ^{aB}	۲۳/۷۵±۱/۲۱ ^{aA}	۰
۶/۲۵±۰/۲۱ ^{bB}	۶/۸۰±۰/۳۳ ^{abB}	۲۰/۱۲±۰/۲۳ ^{bA}	۲
۴/۸۵±۰/۲۲ ^{cC}	۶/۰۰±۰/۵۲ ^{bB}	۱۷/۸۴±۰/۴۰ ^{cA}	۴
۵/۴۱±۰/۲۳ ^{bcC}	۷/۴۲±۰/۴۳ ^{aB}	۱۷/۴۰±۰/۶۱ ^{cA}	۰
۴/۸۷±۰/۵۰ ^{cC}	۶/۸۷±۰/۲۵ ^{abB}	۱۵/۵۳±۰/۱۳ ^{dA}	۲
۳/۸۱±۰/۰۸ ^{dC}	۵/۰۵±۰/۲۲ ^{cB}	۱۴/۲۲±۰/۲۸ ^{eA}	۴
۵/۹۰±۰/۷۳ ^{bC}	۷/۹۱±۰/۰۳ ^{aB}	۱۷/۹۲±۰/۳۳ ^{cA}	۰
۴/۸۴±۰/۴۳ ^{cC}	۶/۸۰±۰/۳۳ ^{abB}	۱۶/۶۳±۰/۲۵ ^{cdA}	۲
۴/۰۷±۰/۰۲ ^{cdC}	۶/۰۰±۰/۵۲ ^{bB}	۱۵/۲۴±۰/۰۶ ^{dA}	۴

حروف کوچک انگلیسی متفاوت در هر ستون از نظر آماری در $P < 0.05$ تفاوت معنی داری دارند

حروف بزرگ انگلیسی متفاوت در هر سطر از نظر آماری در $P < 0.05$ تفاوت معنی داری دارند

افزایش میزان سفتی بافت نان در طی مدت زمان نگهداری، بیانگر فرآیند بیاتی است که عوامل متعددی نظیر رتروگراداسیون^۱ آمیلوپکتین، آرایش مجدد پلیمرها در ناحیه آمورف، کاهش میزان رطوبت و یا توزیع رطوبت بین ناحیه آمورف و کریستالی در آن دخیل است (۱، ۱۳) و هر عاملی که بتواند بر افزایش محتوای رطوبتی محصول نهایی مؤثر باشد، بالطبع در طول مدت زمان نگهداری بر کند شدن روند بیاتی تأثیر خواهد داشت که نتایج پژوهش پیش رو این امر را ثابت نمود. در زمینه افزایش میزان نرمی بافت محصولات صنایع پخت حاوی آرد شبه غلات

البته افزایش میزان حجم مخصوص و تخلخل نمونه های حاوی آرد این شبه غله در افزایش نرمی بافت بی تأثیر نبود چون این امر به نوبه خود از فشردگی بیش از اندازه بافت ممانعت می کند و در نتیجه آن نیروی لازم برای پاره شدن محصول توسط پروب دستگاه بافت سنج کاهش می یابد. از طرفی به وضوح مشاهده گردید که تمام نمونه های تولیدی در بازه زمانی یک و دو هفته، نسبت به بازه زمانی یک روز پس از پخت از سفتی بیشتری برخوردار بودند. این در حالی بود که این روند افزایش سفتی در نمونه های حاوی آرد دانه کینوآ و پروتئین آب پنیر به مراتب از شدت کمتری در مقایسه با نمونه شاهد (فاقد افزودنی) بر خوردار بودند.

مطالعات چندی صورت گرفته است. به‌طور مثال، الگتی^۱ و همکاران (۲۰۱۴) از آرد کینوآ در سطوح ۴۰-۱۰۰ درصد به‌عنوان جایگزین آرد برنج و ذرت در نان بدون گلوتن استفاده نمودند (۱۸). نتایج نشان داد که آرد کینوآ با افزایش میزان فعالیت آلفا گلیکوزیداز و میزان رطوبت محصول تولیدی سبب نرم‌تر شدن بافت گردید. همچنین آلوارز^۲ و همکاران (۲۰۱۰) با جایگزینی نشاسته سیب‌زمینی با آرد شبه غلات، عنوان داشتند که علاوه بر بهبود ارزش تغذیه‌ای نان در اثر افزودن آرد کینوآ، میزان نرمی و مطلوبیت بافت نیز بهبود یافت (۱۴). اسچونلچنر^۳ و همکاران (۲۰۰۸) نیز در تحقیقی که روی تولید فرآورده‌های خمیری بدون گلوتن با استفاده از شبه غلات انجام دادند، گزارش نمودند که در محصول نهایی ثبات و استحکام بافت بهبود یافت و وزن مطلوب پخت مشاهده گردید و نمونه‌های حاوی آرد دانه کینوآ از چسبندگی خوبی برخوردار بودند (۳۴). از سوی دیگر در هر سه بازه زمانی مورد ارزیابی، میزان سفتی بافت نمونه‌های تولیدی با افزایش میزان پروتئین آب پنیر تا سطح ۴ درصد، کاهش پیدا کرد. در این زمینه آنتون^۴ و لوسیانو^۵ (۲۰۰۷) بیان نمود که پروتئین‌های آب پنیر به علت تشکیل ژل، قابلیت ایجاد شبکه‌ای به‌هم پیوسته را دارد و می‌تواند از وارفتگی و از هم پاشیدن محصول به‌خصوص در محصولات فاقد گلوتن جلوگیری نمود (۱۵).

۳-۵- رنگ پوسته

همانگونه که در جدول ۳ ارائه شده است، با افزایش میزان جایگزینی آرد برنج با آرد دانه کینوآ، مؤلفه a^* و L^* پوسته نمونه‌های کیک تولیدی به ترتیب کاهش و افزایش یافتند. این امر به احتمال زیاد به دلیل وجود رنگدانه‌های موجود در آرد دانه کینوآ می‌باشد که از شدت رنگ بیشتری در

مقایسه با آرد برنج برخوردار بودند. در همین راستا، قاسمی‌زاده و همکاران (۱۳۹۶) نیز با بررسی تغییرات رنگی نمونه‌های نان بدون گلوتن حاوی آرد دانه کینوآ، کاهش میزان مؤلفه‌های L^* و b^* و افزایش میزان مؤلفه a^* را گزارش نمودند که این امر به دلیل حضور رنگدانه بتالاین در دانه کینوآ می‌باشد (۹). همچنین دانه کینوآ به صورت کامل (همراه با سبوس) مورد استفاده قرار گرفت که این امر خود باعث تیرگی رنگ محصول نهایی گردید. از سوی دیگر، حضور قند احیاء‌کننده و اسید آمینه‌ای نظیر لیزین در کینوآ باعث می‌شود تا در طی فرایند پخت، قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی رخ دهد که خود سبب تیرگی رنگ نان‌ها می‌شود (۹). در پژوهش حاضر، با افزایش میزان پودر آب پنیر تا سطح ۴ درصد نیز، میزان روشنایی پوسته کاهش یافت. از طرفی، این انتظار وجود داشت که میزان مؤلفه رنگی a^* پوسته کیک بدون گلوتن با افزودن پودر پنیر به فرمولاسیون اولیه افزایش یابد زیرا پودر آب پنیر به واسطه مقادیر قابل توجه لاکتوز و پروتئین در آن می‌تواند در واکنش‌های قهوه‌ای شدن شرکت نماید و از این رو سبب تیره‌تر شدن رنگ محصول شود. در همین راستا، گالاگر^۶ و همکاران (۲۰۰۳) عنوان داشتند که نمونه‌های حاوی پودرهای لبنی، مغزی روشن‌تر و پوسته‌ای تیره‌تر تیره‌تری نسبت به نمونه فاقد پودر لبنی داشتند (۲۴). از سوی دیگر، در پژوهش حاضر ملاحظه گردید که جایگزینی آرد برنج با آرد دانه کینوآ و همچنین افزودن پروتئین آب پنیر تأثیری بر میزان مؤلفه b^* (زردی) پوسته نمونه‌های کیک تولیدی نداشت. در کل می‌توان گفت که سطوح بالای جایگزینی آرد برنج با آرد دانه کینوآ و افزودن پروتئین آب پنیر تأثیر منفی بر رنگ ظاهری نمونه‌ها داشته و سبب کدورت آن‌ها می‌گردد که از نظر بازارپسندی پارامتری منفی تلقی می‌گردد.

1-Elgeti
2-Alvarez
3-Schoenlechner
4-Anton
5-Luciano

6-Gallagher

جدول ۳- تأثیر سطوح مختلف جایگزینی آرد برنج با آرد دانه کینوا و افزودن پروتئین آب پنیر بر میزان مؤلفه‌های رنگی پوسته کیک یزدی بدون گلوتن یک روز پس از پخت

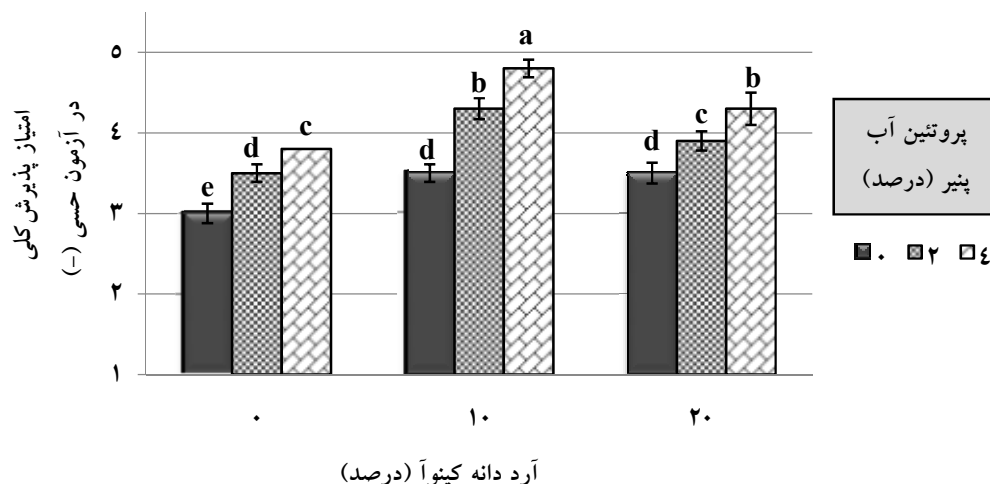
مؤلفه b*	مؤلفه a*	مؤلفه L*	پودر آب پنیر (درصد)	آرد دانه کینوا (درصد)
۲۷/۲۳±۰/۵۱ ^a	۸/۰۰±۰/۳۰ ^f	۵۰/۲۴±۱/۸۲ ^a	۰	۰
۲۶/۶۲±۰/۶۶ ^a	۱۰/۱۰±۰/۲۱ ^{ef}	۴۷/۲۱±۰/۶۷ ^b	۲	۰
۲۷/۱۲±۰/۴۷ ^a	۱۱/۱۲±۰/۳۵ ^{de}	۴۵/۳۵±۰/۵۶ ^c	۴	۰
۲۶/۸۲±۰/۴۱ ^a	۱۰/۳۱±۰/۲۰ ^c	۴۵/۴۷±۰/۶۳ ^c	۰	۱۰
۲۶/۹۲±۰/۵۳ ^a	۱۳/۰۸±۰/۱۲ ^d	۴۱/۵۲±۰/۶۵ ^d	۲	۱۰
۲۶/۷۱±۰/۴۹ ^a	۱۵/۲۵±۰/۴۲ ^c	۳۸/۲۲±۰/۲۸ ^{de}	۴	۱۰
۲۷/۴۲±۰/۶۲ ^a	۱۴/۳۳±۰/۱۵ ^{cd}	۴۰/۲۲±۰/۸۹ ^d	۰	۲۰
۲۷/۱۲±۰/۵۵ ^a	۱۷/۲۸±۰/۱۲ ^b	۳۵/۰۸±۰/۲۳ ^e	۲	۲۰
۲۶/۸۴±۰/۵۶ ^a	۱۹/۶۷±۰/۲۶ ^a	۳۲/۱۱±۰/۱۷ ^f	۴	۲۰

حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری در $P < 0.05$ تفاوت معنی‌داری ندارند

۳-۶- پذیرش کلی در ارزیابی حسی

همانگونه که در شکل ۴ می‌توان دید، با افزایش جایگزینی آرد برنج با آرد دانه کینوا تا سطح ۱۰ درصد، میزان پذیرش کلی نمونه‌های کیک افزایش یافته است. این در حالی بود که ارزیابان حسی، امتیاز بالاتری به خصوصیات حسی نمونه حاوی ۴ درصد پروتئین آب پنیر اختصاص دادند. در همین راستا، انریکوئیز^۱ و همکاران (۲۰۰۳) با بررسی تأثیر استفاده از آرد ترکیبی (گندم و کینوا) بر خصوصیات خمیر و نان، عنوان داشتند که سطوح بالای جایگزینی سبب کاهش مقبولیت حسی نمونه‌های تولیدی گردید که به احتمال زیاد این امر در ارتباط با افت خصوصیات بافتی محصول نهایی می‌باشد. زیرا بافت در ایجاد طعم مطلوب در ماده غذایی و قابلیت جویدن آن نقش مهمی دارد (۲۰). همچنین قربانخانی و همکاران (۱۳۹۴) نیز با بررسی تأثیر افزودن

کنسانتره پروتئین آب پنیر در کیک نیز روند مشابهی را گزارش نمودند و بیان کردند که افزودن این ترکیب تا سطح ۶ درصد سبب افزایش مقبولیت کلی نمونه‌های کیک تولیدی می‌گردد (۱۰). این محققان عنوان داشتند که کنسانتره پروتئینی آب پنیر در تهیه بسیاری از محصولات غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرد که سبب ایجاد بافت دهانی مطلوب می‌شود و از مقبولیت بالاتری نسبت به شیر خشک برخوردار است. رستمیان و همکاران (۱۳۹۱) در پژوهشی در ارتباط با تولید نان بدون گلوتن با استفاده از آرد ذرت و نخودچی، عنوان داشتند که با افزایش میزان آرد نخودچی، اندیس شکل (نسبت بیشترین ارتفاع به قطر) افزایش می‌یابد که احتمالاً به دلیل بالا بودن میزان پروتئین نخودچی و به دنبال آن، ایجاد یک شبکه پروتئینی در نان بدون گلوتن می‌باشد (۷).



شکل ۴- تأثیر سطوح مختلف جایگزینی آرد برنج با آرد دانه کینوآ و افزودن پروتئین آب پنیر بر میزان امتیاز پذیرش کلی کیک یزدی بدون گلوتن یک روز پس از پخت (حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری در $P < 0.05$ تفاوت معنی‌داری ندارند)

۴- نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر، امکان استفاده از آرد دانه کینوآ و پروتئین آب پنیر به‌عنوان جایگزین پروتئین گلوتن در فرمولاسیون کیک برنجی مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که افزودن آرد دانه کینوآ در تمامی سطوح سبب افزایش میزان رطوبت گردید، این در حالی بود که جایگزینی ۱۰ درصد آرد برنج با آرد دانه کینوآ، بیشترین تأثیر را در بهبود حجم مخصوص، تخلخل و میزان سفتی بافت طی بازه زمانی یک روز پس از پخت داشت. جایگزینی این ترکیب تا سطح ۲۰ درصد، سبب کاهش میزان سفتی بافت طی بازه‌های زمانی یک و دو هفته پس از پخت گردید. از سوی دیگر، نتایج گویای آن بود که افزودن پروتئین آب پنیر در تمامی سطوح سبب بهبود خصوصیات کیفی از جمله حجم مخصوص، تخلخل و سفتی گردید. از سوی دیگر با ارزیابی رنگ پوسته نیز مشاهده گردید که با افزایش میزان آرد دانه کینوآ در فرمولاسیون کیک یزدی بدون گلوتن و افزودن پروتئین آب پنیر تا سطح ۴ درصد، میزان مؤلفه L^* کاهش و میزان مؤلفه a^* افزایش یافت، این در حالی بود که در میزان

مؤلفه b^* پوسته نمونه‌های تولیدی اختلاف معنی‌داری ملاحظه نگردید ($P \leq 0.05$). در واقع می‌توان گفت که این ترکیبات در کنار هم دارای اثر هم‌افزایی در بهبود خصوصیات کمی و کیفی کیک بدون گلوتن می‌باشند. یافته‌های این پژوهش نشان داد که با جایگزینی ۱۰ درصد از آرد برنج با آرد دانه کینوآ به همراه استفاده از ۴ درصد پروتئین آب پنیر در فرمولاسیون کیک یزدی، می‌توان به محصولی بدون گلوتن با ویژگی‌های مطلوب کیفی و حسی دست یافت.

۵- منابع

۱. ابراهیم‌پور، ن.، پیغمبردوست، ه.، آزاد مرد دمیرچی، ص. و قنبرزاده، ب. ۱۳۸۹. تأثیر افزودن هیدروکلوئیدهای مختلف روی ویژگی‌های حسی و بیاتی نان بدون گلوتن. مجله پژوهش‌های صنایع غذایی، ۲۰(۱): ۱۰۰-۱۱۵.
۲. ایوبی، ا.، حبیبی نجفی، م. ب. و کریمی، م. ۱۳۹۰. بررسی اثر سطوح مختلف کنسانتره

- با کنسانتره پروتئین آب پنیر و اینولین. نشریه نوآوری در علوم و فناوری غذایی، ۷ (۴): ۴۹-۶۱.
۱۱. نقی پور، ف.، صحرائیان، ب.، حبیبی نجفی، م.ب.، کریمی، م.، حداد خداپرست، ح. و شیخ الاسلامی، ز. ۱۳۹۵. بررسی اثر پودر شیر سویا به عنوان یک افزودنی طبیعی بر بهبود خصوصیات تکنولوژیکی و حسی کیک روغنی بدون گلوتن بر پایه آرد سورگوم. مجله علوم و صنایع غذایی ایران، ۱۳ (۶۱): ۷۷-۸۶.
12. AACC. 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 10th Ed., Vol. 2. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN.
13. Ahlborn, G.J., Pike, O.A., Hendrix, S.B, Hess, W.M., and Huber, C,S. 2005. Sensory, mechanical and microscopic evaluation of staling in low protein and gluten free bread. *Cereal Chemistry*, 82: 328-335.
14. Alvarez Jubete, L., Arendent, E.K. and Gallagher, E. 2010. Nutritional value of pseudocereal and their increasing use as functional gluten-free ingredients. *Trend in Science and Technology*, 21: 106-113.
15. Anton, A.A. and Luciano, F.B. 2007. Instrumental textural evaluation of extruded snack foods. *Ciencia y Tecnologia Alimentaria*, 54: 245-251.
16. Belitz, H. D., and Grosch, W. 1987. *Food Chemistry*. Springer Verlag: New York, pp. 305-310.
17. Dini, I., Tenore, G.C. and Dini, A. 2010. Antioxidant compound contents and antioxidant activity before and after cooking in sweet and bitter *Chenopodium quinoa* seeds. *LWT - Food Science and Technology*, 43(3): 447-451.
18. Elgeti, D., Nordlohne, S.D., Föste, M., Besl, M., Linden, M., Heinz, V., Jekle, M. and Becker, T. 2014. Volume and texture improvement of gluten-free bread using quinoa white flour. *Journal of Cereal Science*, 59(1): 41-47.
- پروتئین آب پنیر (WPC) بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی کیک روغنی. مجله علوم و صنایع غذایی ایران، ۸ (۲۹): ۸۱-۸۸.
۳. بی تقصیر، م.، کدیور، م. و شاهدی، م. ۱۳۹۳. بررسی امکان تولید کیک فنجانی کم کالری حاوی موسیلاژ بزرک به عنوان جایگزین چربی. مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، ۹ (۳): ۷۳-۸۲.
۴. پایان رسول، ۱۳۸۱، تکنولوژی فرآورده های غلات، انتشارات نوپردازان. تهران، ۳۱۳-۳۲۶.
۵. حقایق، غ. ۱۳۹۶. بررسی خصوصیات تغذیه ای، تکنولوژیکی و حسی نان برنجی بدون گلوتن حاوی آرد شبه غلات. مجله علوم صنایع غذایی، ۱۴ (۶۹): ۲۸۳-۲۹۴.
۶. رجب زاده، ن. ۱۳۷۰. ارزیابی نان های مسطح ایرانی. انتشارات موسسه پژوهش های نان و غلات ایران، تهران، ۱-۵۰.
۷. رستمیان، م.، میلانی، ج. و ملکی، گ. ۱۳۹۱. استفاده از ترکیب آرد ذرت و نخودچی در تهیه نان فاقد گلوتن. نشریه پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی، ۱ (۲): ۱۱۷-۱۲۸.
۸. طالبی، ه. ۱۳۹۵. بررسی تأثیر امواج فراصوت و پروتئین ایزوله سویا بر بهبود خصوصیات فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی کیک اسفنجی بدون گلوتن. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قوچان.
۹. قاسمی زاده، س.، ناصحی، ب. و نوشاد، م. ۱۳۹۶. بهینه سازی فرمول نان بدون گلوتن حاصل از آرد کینوا، ذرت و برنج. مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، ۱۲ (۱): ۵۹-۶۸.
۱۰. قربانخانی، م.، عیوض زاده، ا.، عطای صالحی، ا. و جلالی، م. ۱۳۹۴. ارزیابی خواص فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی کیک غنی شده

29. Marti, A., Barbiroli, A., Marengo, M., Fongaro, L., Iametti, S. and Pagani, M. A. 2014. Structuring and texturing gluten-free pasta: egg albumen or whey proteins?. *European Food Research and Technology*, 238(2): 217-224.
30. Mezaize, S., Chevallier, S., Le Bail, A. and De Lamballerie, M. 2009. Optimization of Gluten-Free Formulations for French-Style Breads. *Journal of Food Science*, 74(3): E140-E146.
31. Ronda, F., Gomes, M., Blanco, C.A. and Caballero, P. A. 2005. Effects of polyols and nondigestible oligosaccharides on the quality of sugar free sponge cakes. *Food Chemistry*, 90: 549-55.
32. 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.
33. Sarabhai, S. and Prabhasankar, P. 2015. Influence of whey protein concentrate and potato starch on rheological properties and baking performance of Indian water chestnut flour based gluten free cookie dough. *LWT-Food Science and Technology*, 63(2): 1301-1308.
34. Schoenlechner, R., Siebenhandl, S. and Berghofer, E. 2008. Pseudocereals in: gluten free cereal, Ed. E. K. Arendent, F. Dal Bello. Elsevier, London, UK, pp. 265-309.
35. Sepahvand, N.A., Tavazoa, M. and Kahbazi, M. 2010. Quinoa a valuable plant for food security and sustainable agriculture in Iran. In proceedings of 11th Iranian Congress of Agronomy and Plant Breeding Sciences. Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.
36. Stathopoulos, C.E. and Okennedy, B.T. 2008. The effect of salt on the rheology and texture of casein based ingredient intended to replace gluten. *Milchwissenschaft*, 63(4):430-433.
37. Sun, D. 2008. Computer vision technology for food quality evaluation. Academic Press, New York, pp. 1-42.
38. Ying, B., Jun, L., Yunzi, F., Zhuo, C. and Zaigui, L. 2009. Applicability of
19. Elke, K. A., Dal Bello, F. 2008. The gluten-free cereal products and beverages, Elsevier Inc, pp: 1-394.
20. 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.
21. Föste, M., Besl, M., Linden, M. and Heinz, V. 2014. Impact of quinoa bran on gluten-free dough and bread characteristics. *European Food Research Technology*, 239: 767-775.
22. Gacula, J.R., and Singh. 1984. Statistical methods in food and consumer research. Academic press Inc. USA. 360-366.
23. Gallagher, E., Gormley, T.R. and Arendt, E.K. 2004. Recent advances in the formulation of gluten free cereal based. *Food Science and Technology*, 15: 143-152.
24. Gallagher, E., Kunkel, A., Gormley, T.R. and Arendt, E. 2003. The effect of dairy and rice powder addition on loaf and crumb characteristics and shelf life (intermediate and long term) of gluten – free bread stored in modified atmosphere. *Food Research Technology*, 218: 44-48.
25. Gelroth, J. and Ranhotra, G.R, M.L. Dreher, editors. 2001. Handbook of dietary fiber, New York: marcel dekkerinc, 99. 123-147.
26. Haralick, R.M., Shanmugam, K. and Dinstein, I. 1973. Textural features for image classification. *IEEE Transactions of ASAE*, 45(6): 1995-2005.
27. Huang, W., Kim, Y., Li, X. and Rayas-Duarte, P. 2008. Rheofermentometer parameters and bread specific volume of frozen sweet dough influenced by ingredients and dough mixing. *Journal of Cereal Science*, 48(3), 639-646.
28. Lieke, E., Riemsdijk, V., Atze, J., Goot, V., Rob, J. and Remko, M. 2011. Preparation of gluten-free bread using a meso-structured whey protein particle system. *Journal of Cereal Science*, 53(3): 355-361.

modified starches on properties of gluten free dough and bread. Part II: Quality and staling of gluten free bread. *Food Hydrocolloids*, 29(1): 68-74.

DATEM for Chinese steamed bread made from flours of different gluten qualities. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89 (2), 227–231.

39. Ziobro, R., Korus, J., Wiczak, M. and Juszcak, L. 2012. Influence of

(Original Research Paper)

Evaluating the Synergistic Effect of Quinoa Flour and Whey Protein as Gluten Replacer in Production of Rice-Based Cup Cake

Shirin Piroti¹, Alireza Faraji^{2*}, Fariba Naghi pour³

1-MSc Student of Food Science and Technology, Faculty of Advanced Sciences and Technology, Pharmaceutical Sciences Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

2- Seed and Plant Improvement Institute, Agriculture Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran

3-Department of Food Sciences and Technology, Faculty of Advanced Sciences and Technology, Pharmaceutical Sciences Branch, Islamic Azad university, Tehran, Iran.

Received:27/01/2018

Accepted:12/06/2018

Abstract

Gluten is a structural protein in cake formulation whose absence causes fragile texture, poor color and low volume and porosity. Therefore, using gluten replacers for production of such products is necessary. The aim of this study was to evaluate synergistic effect of quinoa seed flour and whey protein as gluten substitute in formulation of gluten free rice-based cup cake. To this end, different levels of quinoa flour (0, 10 and 20%) and whey protein (0, 2 and 4%) were incorporated into the formulation of cup cake and its quantitative and qualitative properties were evaluated using a factorial design. The results showed that quinoa flour increased moisture content in all levels. However, the greatest improvements in specific volume, porosity and firmness, one day after baking, were observed at 10% rice flour substitution. On the other hand, at one or two weeks after baking, decrease in firmness was obtained at 20% replacement of rice flour with quinoa. In addition, the results indicated that adding whey protein, at all levels, increased moisture content, specific volume and porosity and decreased firmness of the final product. Evaluation of crust color showed the L* value decreased and a* value increased by increasing amount of quinoa flour and whey protein up to 4% in gluten free cake. However, the b* value of crust was not significantly affected by either whey protein or quinoa flour. Finally, the sensory panel declared that the sample containing 10% quinoa flour and 4% whey protein possessed the highest overall acceptance.

Keywords: Gluten-free Cake, Quality Attributes, Quinoa, Rice Flour, Whey Protein

*Corresponding Author: alireza_ch57@yahoo.com

