



مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی-پژوهشی

بررسی ویژگی‌های تغذیه‌ای، تکنولوژیکی و حسی قالب غذایی فشرده حاوی کینوای خام و فراوری شده

آتوسا نوروزیان^۱، معصومه مهربان سنگ آتش^۲، بهاره صحرائیان^{۳*}

۱- کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، مؤسسه آموزش عالی جهاد دانشگاهی کاشمر، کاشمر، ایران.

۲- گروه پژوهشی کیفیت و ایمنی مواد غذایی، پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی، جهاد دانشگاهی خراسان رضوی، مشهد، ایران.

اطلاعات مقاله	چکیده
تاریخ‌های مقاله: تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱/۲۱	قالب‌های غذایی فشرده به انتخاب اول مصرف‌کنندگان به عنوان جایگزینی برای میان‌وعده‌های ناسالم یا منابع انرژی سریع قبل از تمرین تبدیل شده‌اند. با توجه به نیاز روزافزون جامعه به این قبیل فراورده‌ها، هدف از این پژوهش، بررسی تأثیر استفاده از آرد کینوا به صورت خام و فراوری شده (پرک و برشته) و سطوح متفاوت آرد برنج (صفر، ۱۵ و ۳۰ درصد) بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی (رطوبت، چربی، پروتئین، خاکستر، کربوهیدرات، کالری، حجم مخصوص، رنگ، فعالیت آبی و بافت) و حسی قالب غذایی فشرده بود. نتایج نشان داد که آرد کینوای فراوری شده ضمن بهبود کیفیت فراورده تولیدی منجر به کاهش رطوبت، چربی و فعالیت آبی (بیشترین مقدار بدست آمده ۰/۶ و کمترین مقدار بدست آمده ۰/۳۶ بود) و افزایش خاکستر و سفتی بافت شد و نمونه‌های حاوی آرد پرک کینوا بیشترین مقدار پروتئین (۵/۷۴-۷/۴۶) را داشتند. به علاوه فرآیند پرک کردن موجب کاهش کربوهیدرات و حجم مخصوص و برشته کردن موجب افزایش آن‌ها شد و تأثیر قابل توجهی بر تغییرات رنگ نمونه‌ها داشت. ارزیابی حسی نمونه‌ها نشان داد حضور آرد کینوای فراوری شده در فرمولاسیون در مقایسه با آرد خام در افزایش پذیرش کلی فراورده های تولیدی موثر بود. در نهایت نمونه‌ی تولید شده با آرد پرک کینوا و حاوی ۳۰ درصد آرد برنج با رطوبت ۸/۱۰ درصد، چربی ۵/۹۰ درصد، پروتئین ۵/۷۴ درصد، خاکستر ۰/۷۸ درصد، کربوهیدرات ۷۹/۴۷ درصد و کالری ۳۹۳/۹۷ کیلوکالری در ۱۰۰ گرم ضمن کسب بیشترین امتیاز پذیرش کلی، به عنوان بهترین فرمول انتخاب شد.
کلمات کلیدی: آرد برنج، آرد کینوا، برشته کردن، پرک کردن.	
DOI:10.22034/FSCT.21.153.174. * مسئول مکاتبات: Baharehsahraian@yahoo.com	

۱-مقدمه

قالب‌های غذایی فشرده (CFBs^۱) فراورده‌هایی هستند که با فشردن چندین ماده مانند غلات، میوه‌های خشک، آجیل و حبوبات همراه با شربت اتصال‌دهنده، معمولاً شربت گلوکز یا عسل تولید می‌شوند و به تأمین ترکیبات مغذی ضروری مانند کربوهیدرات، پروتئین و فیبر که معمولاً از وعده‌های غذایی اصلی به دست می‌آیند، کمک می‌کنند [۱]. چنوپودیوم کینوا^۲ یک نوع شبه غله و دارای ویژگی‌های تکنولوژیکی-عملکردی مانند حلالیت، ظرفیت نگهداری آب، ژلاتینه شدن، توانایی امولسیون‌کنندگی و کف‌کنندگی است و جایگزینی مناسب برای گندم، چاودار و جو از لحاظ تغذیه‌ای می‌باشد [۲]. محتوای کل پروتئین کینوا (۲۳-۱۲ درصد) است که به طور متوسط بیشتر از برنج، ذرت، جو، چاودار و سورگوم بوده و سرشار از لیزین، متیونین و سیستئین، اسیدهای آمینه محدود کننده در غلات و حبوبات است. همچنین دارای تمام اسیدهای آمینه ضروری و ویتامین‌ها (B6، فولات، ریبوفلاوین و نیاسین) می‌باشد [۳]. فیتواستروژن موجود در آن، مانع بروز سرطان، بیماری‌های قلبی و عروقی و پوکی استخوان می‌شود [۴]. در حال حاضر کینوا به یکی از امیدوارکننده‌ترین محصولات غذایی در قرن بیست و یکم تبدیل شده است. شورای ملی تحقیقات و سازمان ملی هوانوردی و فضایی (ناسا) نیز ارزش غذایی دانه‌های کینوا را با گنجاندن آن به عنوان بخشی از سیستم کنترل شده حمایت از حیات اکولوژیکی^۳ تأیید می‌کند [۵]. در پژوهش‌های مختلف از کینوا به شکل خام و یا فرآوری شده مانند برشته، اکستروود، آماده شده با بخار، مالت شده، تخمیر شده و... استفاده شده است. فراوری کینوا این امکان را مهیا می‌کند تا ترکیبات تغذیه‌ای افزایش، ترکیبات ضدتغذیه‌ای کاهش و ویژگی‌های حسی بهبود یابد [۶]. برشته کردن یک عملیات معمولی پردازش مواد غذایی شامل حرارت دادن خشک است که در آن هوای گرم غذا را می‌پوشاند و آن را به طور یکنواخت از همه طرف می‌پزد.

برشته کردن، با افزایش تخلخل و از بین رفتن ساختار آندوسپرم، هسته‌ها را نرم می‌کند. هنگامی که غذا در معرض هوای گرم قرار می‌گیرد، رطوبت کم هوا یک گرادیان فشار رطوبت-بخار ایجاد می‌کند. این گرادیان باعث تبخیر رطوبت از سطح غذا می‌شود و رطوبت داخلی غذا را به سطح می‌رساند. افزایش فشار ایجاد شده باعث انبساط سلول‌های داخلی، تغییر شکل دیواره‌های نانو متخلخل سلولی و سهولت جریان گاز می‌شود. میزان تغییرات ایجاد شده در این فرآیند بستگی به روش برشته کردن و پارامترهای در نظر گرفته شده دارد [۷]. فرآیند پرک کردن نیز نه تنها ویژگی‌های تغذیه‌ای و عملکردی را بهبود می‌بخشد، بلکه موجب بهبود طعم محصولات می‌شود و به صورت تجاری برای تولید غلات صبحانه و اسنک‌های آماده برای مصرف و آماده برای طبخ استفاده می‌شود. فناوری معمولی پرک کردن به طور گسترده برای تولید دانه‌های غلات شامل برنج، گندم، جو، ذرت و ارزن استفاده شده است که به دلیل تردی، طعم و مزه آن در بین مصرف‌کنندگان بسیار محبوب است [۸]. این فرآیند به طور معمول از طریق فشرده‌سازی دانه‌های از قبل پخته شده یا اکستروود شده با رول انجام می‌شود [۹]. در این راستا مطالعات مختلفی انجام شده است. رادا^۴ و همکاران (۲۰۱۸) مطالعه‌ای بر روی فرمولاسیون بار مغذی حاوی چندین دانه مختلف انجام و پذیرش حسی، کیفیت فیزیکوشیمیایی و مواد مغذی بارها را مورد ارزیابی قرار دادند. دانه های گندم، سورگوم، باجرا، ارزن و آرد درشت ماش سبز، آرد سویا، بادام زمینی و دانه کنجد و نیز شکر زرد و کره به عنوان شربت اتصال دهنده برای فرمولاسیون بارها استفاده شدند. دانه‌ها تحت چهار فرآیند مختلف شامل برشته کردن، آسیاب کردن، بخارپز کردن و خیساندن قرار گرفتند. طبق یافته‌های آن‌ها، آرد سویا، حبوبات و دانه‌های روغنی استفاده شده در فرمولاسیون منجر به افزایش مقدار پروتئین گردید. همچنین جایگزینی ارزن به جای جو در تهیه بارها

3-Controlled Ecological Life Support System (CELSS)
4-Radhai

1- Compact Food Bars
2 -Chenopodium quinoa

۱-۲- مواد

پرک و آرد کینوای سفید تی تی کاکا^۷ برند دانیما از شرکت توسعه تجارت سبز ایلینا (رطوبت ۸/۳۶ درصد، چربی ۳/۹ درصد، پروتئین ۱۳/۱۱ درصد و خاکستر ۲/۲۵۱ درصد)، آرد برنج سفید ایرانی برند آبگینه از شرکت گوکرن (رطوبت ۹/۱۶ درصد، چربی ۲/۲ درصد، پروتئین ۸/۷۳۶ درصد و خاکستر ۰/۳۷۶ درصد)، روغن آفتابگردان برند غنچه، مالتودکسترین از شرکت به تام پودر، لسیتین سویا برند کشاو هند از شرکت پیشگامان شیمی، شربت گلوکز از شرکت زرفروکتوز (هشتگرد، پالایشگاه غلات زر)، شکر سفید برند بارگاه از شرکت مینا تجارت پاژ و گلاب برند گلچکان زمانی از فروشگاه‌های در شهر مشهد و نیز کلیه مواد شیمیایی از شرکت‌های معتبر تهیه شدند. آب مورد نیاز نیز از طریق آب تصفیه شده تأمین گردید.

۲-۲- فراوری کینوا

پرک کینوا به صورت آماده تهیه و با استفاده از دستگاه آسیاب نیمه صنعتی (مدل PX-MFC90D ساخت کشور آلمان) به آرد (رطوبت ۸/۰۶ درصد، چربی ۳/۶۷ درصد، پروتئین ۱۷/۱ درصد و خاکستر ۱/۹۵۳ درصد) تبدیل شد. برای تهیه آرد برشته کینوا و برنج نیز نمونه‌ی آرد خام خریداری شده، در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۲ دقیقه در یک ظرف چدنی در فر آزمایشگاهی حرارت داده شد. آرد برشته‌ی کینوا دارای رطوبت ۶/۵۶ درصد، چربی ۳/۴۶ درصد، پروتئین ۶/۸۲۶ درصد و خاکستر ۲/۴۷ درصد بود [۱۳].

۲-۳- روش تهیه نمونه‌ها

ترکیبات خشک فرمولاسیون (نمونه شاهد) شامل آرد کینوا و ترکیبات شربت اتصال‌دهنده شامل روغن آفتابگردان، شکر، آب، مالتودکسترین، لسیتین، شربت گلوکز و گلاب در جدول ۱ آورده شده است. پس از توزین تمام مواد، ترکیبات شربت اتصال‌دهنده با هم مخلوط شدند و با هم زدن مداوم تحت حرارت قرار گرفتند تا جرمی الاستیک بدست آمد. در مرحله‌ی بعد مواد خشک به این شربت اتصال‌دهنده در دمای

موجب بهبود ویژگی‌های حسی شد [۱۰]. شارما^۵ و همکاران (۲۰۲۲) در مطالعه‌ی خود تأثیر فرآیندهای حرارتی مختلف شامل فرآیندهای مرطوب جوشاندن و اتوکلاو و فرآیندهای خشک برشته کردن و پردازش ماکروویو را بر محتوای فنل کل و فلاونوئید، فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی، ضد مغذی‌ها و خواص عملکردی کینوا، بررسی نمودند. طبق یافته‌های آن‌ها، کینوای فراوری شده حرارتی کاهش قابل توجهی در خواص امولسیون‌سازی و پراکندگی آرد نشان داد. همچنین فرآیند حرارتی خشک به ویژه پردازش مایکروویو باعث بهبود عملکرد زیستی و تکنولوژیکی کینوا شد [۱۱]. پراوالیکا^۶ و همکاران (۲۰۲۲) مطالعه‌ای بر روی تولید نوترابار مغذی کم هزینه و پایدار برای افراد دارای اضافه وزن انجام دادند. به این منظور آن‌ها چهار فرمولاسیون مختلف حاوی کینوا، دانه کتان، دانه چیا، آجیل و میوه‌های خشک را با نسبت‌های متفاوتی از کینوا و دانه کتان تولید و مورد ارزیابی قرار دادند. همچنین پارامترهای حسی نمونه‌ها را در طول مدت زمان ۶۰ روز بررسی نمودند و مشاهده کردند که سختی بارها به طور قابل توجهی در طول ذخیره‌سازی کاهش یافت. از طرفی مشخص شد که استفاده از دانه کتان و دانه چیا ترکیبی مکمل برای بهبود اسید چرب امگا ۳ و همچنین کمیت و کیفیت پروتئین در محصول نوترابار است [۱۲].

بنابراین ضمن مطالعه و بررسی پژوهش‌های مشابه انجام شده توسط سایر محققان و مقبولیت و بازارپسندی رو به رشد و روزافزون این فراورده‌ها و نیاز جامعه به بهره‌مندی از فراورده‌های با کیفیت و با ارزش غذایی بالا و نیز آماده برای مصرف، هدف از این مطالعه فرمولاسیون قالب غذایی فشرده حاوی آرد کینوا به صورت خام و یا فراوری شده به روش‌های پرک کردن و برشته کردن و جایگزینی صفر، ۱۵ و ۳۰ درصد از آرد کینوا با آرد برنج و بررسی تأثیر این روش‌های فراوری و نسبت‌های مختلف آرد کینوا و آرد برنج بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی نمونه‌ها بود.

۲- مواد و روش‌ها

اتاق برای انجام آزمایشات فیزیکوشیمیایی و ارزیابی حسی و نیز در انکوباتور ۳۷ درجه سانتی‌گراد (مدل VELP ساخت کشور ایتالیا) برای سنجش فعالیت آبی و بافت به مدت چهار هفته، نگهداری شدند. در این پژوهش نوع آرد کینوا (آرد خام، پرک و برشته) و نسبت آرد کینوا و برنج، مطابق با جدول ۲ متغیر بود. لازم به ذکر است که آرد برنج پیش از تهیه نمونه‌ها، در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۸ تا ۱۲ دقیقه تحت عملیات حرارتی خشک قرار گرفت [۱۴].

تقریبی ۹۵ درجه سانتی‌گراد اضافه و به خوبی با آن مخلوط شد تا توده‌ای همگن شکل گرفت. سپس در یک قالب فولادی ضد زنگ به ضخامت ۱ سانتی‌متر ریخته شد و در فر پخت آزمایشگاهی دیجیتال سیرکولاسیون (مدل Binder ساخت کشور آلمان) با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۰ دقیقه قرار داده شد. پس از آن نمونه به صورت قالب‌های مستطیلی به وزن ۲۵ گرم و اندازه (۹×۳×۱ سانتی‌متر) برش داده شد. در نهایت نمونه‌های برش داده شده در یک فیلم انعطاف‌پذیر از جنس پلی‌اتیلن زیپ‌دار، بسته‌بندی و در دمای

Table 1- The percentage of compounds used in the preparation of samples (control sample).

Samples ingredients		Each one's percentage	Total percentage
Dry ingredient (%)	Quinoa flour	45	45
	Glucose syrup	26	
	Crystal sugar	14	
Agglutination syrup ingredients (%)	Maltodextrin	5	
	Sunflower oil	4	55
	Soybean lecithin	2.5	
	Water	2.5	
	Rose water	1	

Table 2- Treatments obtained from different proportions of quinoa flour and rice flour (dry ingredients of samples)

Treatments	Type of quinoa flour	Quinoa flour (%) - Rice flour (%)
1	Raw	100-0
2		85-15
3		70-30
4	Flaked	100-0
5		85-15
6		70-30
7	Roasted	100-0
8		85-15
9		70-30

۴-۲- رطوبت

تعیین رطوبت با استفاده از ترازوی رطوبت سنج (مدل Sartorius ساخت کشور آلمان) انجام شد. به این منظور مقدار ۱ تا ۲ گرم از نمونه‌ی خرد و همگن شده، درون ظرف مخصوص دستگاه توزین شد و درون دستگاه قرار گرفت و پس از گذشت ۱۰ تا ۲۰ دقیقه، درصد رطوبت نمونه‌ها بدست آمد [۱۵].

۵-۲- چربی

درصد چربی با استفاده از روش استاندارد ۱۰-۳۰، AACC (۲۰۰۳)-سوکسله اندازه‌گیری شد [۱۶]. ابتدا بالن‌ها به مدت یک ساعت در آون ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند سپس در دسیکاتور قرار داده شده و توزین شدند. ۲ تا ۳ گرم از نمونه توزین و به کاغذ صافی منتقل شدند. سپس داخل ظروف سوکسله قرار داده شدند. در مرحله بعد با پترولیوم اتر تقطیر و چربی استخراجی به مدت ۳۰ دقیقه در آون ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند تا حلال احتمالی همراه آن تبخیر شود. در نهایت بالن‌ها در دسیکاتور، سرد و توزین شدند و درصد چربی با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد:

$$\text{رابطه ۱)} = 100 \times$$

اختلاف وزن اولیه و وزن نهایی بالن حاوی نمونه
وزن نمونه خشک

درصد چربی

۶-۲- پروتئین

ارزیابی پروتئین نمونه‌های تولیدی با استفاده از روش استاندارد ۱۰-۴۶، AACC (۲۰۰۳)-کجلدال انجام شد [۱۶]. ابتدا یک گرم نمونه توزین شده داخل ظرف هضم ریخته و ۱۰ گرم کاتالیزور به آن افزوده شد. سپس ۲۵ میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ به آن اضافه شده و روی دستگاه مخصوص هضم کلدال بسته و به آرامی حرارت داده شد. در مرحله تقطیر حدود ۳۰ میلی‌لیتر آب و ۱۲۵ میلی‌لیتر سود ۵۰ درصد افزوده و داخل نمونه بخار تزریق شد. در یک ارلن ۵۰ میلی‌لیتر اسید بوریک ۴ درصد و چند قطره متیل رد ریخته شد تا محلولی به رنگ صورتی ارغوانی بدست آید. عمل بخاردهی تا رسیدن به حجم ۲۰۰ میلی‌لیتر ادامه یافت. در مرحله بعد محلول داخل ارلن با محلول اسید

کلریدریک ۰/۱ مولار استاندارد شده تیترا شد. درصد پروتئین با استفاده از رابطه ۲ محاسبه شد که در آن N ضریب مخصوص تبدیل ازت به پروتئین است و برای نمونه‌های آرد کینوا، ۵/۷ و برای آرد برنج، ۵/۹۵ می‌باشد:

$$\text{رابطه ۲)} = 100 \times$$

$$N \times 0.014 \times \text{نرمالیت اسید مصرفی} \times \text{حجم اسید مصرفی برای نمونه}$$

وزن نمونه

درصد پروتئین

۷-۲- خاکستر

خاکستر با استفاده از استاندارد ملی ایران به شماره ۱۳۵۷۷ اندازه‌گیری شد [۱۷]. حدود ۴ گرم از نمونه در یک کپسول چینی که قبلاً به وزن ثابت رسیده توزین شد. کپسول چینی روی شعله حرارت داده و سوزانده شد تا نمونه زغال شود. سپس کپسول حاوی باقیمانده سوخته‌ی نمونه به کوره الکتریکی (مدل Atbin ساخت کشور ایران) که دمای آن در 550 ± 5 درجه سانتی‌گراد تنظیم شده، منتقل و تا سفید شدن کامل محتویات در کوره نگهداری شد. در نهایت کپسول از کوره خارج، در دسیکاتور قرار داده و سپس وزن شد. میزان خاکستر کل موجود در ۱۰۰ گرم نمونه با استفاده از رابطه ۳ بدست آمد:

$$\text{رابطه ۳)} = 100 \times \frac{\text{اختلاف وزن اولیه و وزن نهایی کروزه حاوی نمونه}}{\text{وزن نمونه مرطوب}}$$

درصد خاکستر

۸-۲- کربوهیدرات

میزان کربوهیدرات از طریق کسر درصد کلیه ترکیبات از ۱۰۰ بدست آمد [۱۸].

۹-۲- کالری

کالری با استفاده از فاکتورهای تبدیل Atwater طبق رابطه ۴ محاسبه شد [۱۹].

$$\text{رابطه ۴)} = (4 \times \text{درصد پروتئین}) + (9 \times \text{درصد چربی})$$

$$\text{کالری (Kcal/100g)} = (4 \times \text{درصد کربوهیدرات}) + (9 \times \text{درصد چربی})$$

۱۰-۲- حجم مخصوص

برای بدست آوردن حجم مخصوص نمونه‌ها، ابتدا حجم آن‌ها با اندازه‌گیری طول، عرض و ضخامت توسط کولیس

حداکثر برش در ۱۰ میلی‌متر و سرعت آزمون ۱ میلی‌متر بر ثانیه انجام شد [۱۳ و ۲۲].

۱۴-۲- ویژگی حسی

به منظور ارزیابی ویژگی‌های حسی، ۱۰ داور از مؤسسه علوم و فناوری مواد غذایی جهاد دانشگاهی مشهد انتخاب شدند. خصوصیات حسی نمونه‌ها از قبیل فرم و شکل، سطح (سوخستگی، رنگ غیرطبیعی، چین و چروک، ترک خوردگی و سطح غیر عادی)، سفتی و نرمی بافت، قابلیت جویدن و بو، طعم و مزه، برای همه نمونه‌ها با استفاده از روش امتیاز بندی کلی حاصل از ضرب امتیازات داده شده به شاخص‌های حسی در ضرایب مربوط به هر یک از ویژگی‌ها (فرم و شکل (۴)، سطح (۲)، سفتی و نرمی بافت (۲)، قابلیت جویدن (۳) و بو و مزه (۳)) و مقیاس هدونیک ۵ نقطه‌ای (۱: بسیار بد، ۲: بد، ۳: متوسط، ۴: خوب، ۵: بسیار خوب) ارزیابی گردید. در انتها با داشتن این معلومات، امتیاز پذیرش کلی با استفاده از رابطه ۶ محاسبه شد که در آن Q پذیرش کلی، P ضریب مربوط به هر ویژگی و G امتیاز کسب شده از داوران مربوط به آن ویژگی است [۲۱]:

$$Q = \frac{\sum(P \times G)}{\sum P} \quad (\text{رابطه ۶})$$

۱۵-۲- آنالیز آماری

آنالیز آماری داده‌ها در قالب یک طرح کاملاً تصادفی بر پایه فاکتوریل ۲ عامله (عامل اول: نوع آرد کینوا، عامل دوم: سطوح متفاوت آرد برنج) انجام شد. تجزیه و تحلیل نتایج با استفاده از نرم‌افزار Mini-Tab نسخه ۲۱ در سطح معنی داری ۵ درصد، مقایسه میانگین‌ها با روش توکی و ترسیم شکل‌ها با نرم‌افزار MS-Office Excel نسخه ۲۰۱۳ صورت گرفت. همه آزمون‌ها در دو تکرار انجام شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- ویژگی‌های تغذیه‌ای

در این بخش رطوبت، چربی، پروتئین، خاکستر، کربوهیدرات و کالری نمونه‌ها بررسی شده است و جدول ۳، تأثیر نوع آرد کینوا (خام، پرک و برشته) و سطوح متفاوت آرد برنج (صفر، ۱۵ و ۳۰ درصد) استفاده شده در

اندازه‌گیری شد. سپس با تقسیم حجم (سانتی‌متر مکعب) بر وزن نمونه (گرم)، مقدار حجم مخصوص محاسبه شد [۱۵].

۱۱-۲- رنگ

رنگ نمونه‌ها با استفاده از دستگاه هانتربل (مدل HUNTERLAB کشور آمریکا) ارزیابی شد و شاخص‌های رنگی L^* ، a^* و b^* بدست آمد [۲۰]. شاخص L^* (معرف میزان روشنی نمونه و دامنه آن از صفر یعنی سیاه خالص تا ۱۰۰ یعنی سفید خالص متغیر است)، a^* (معرف میزان نزدیکی رنگ نمونه به سبز و قرمز و دامنه‌ی آن از ۱۲۰- یعنی سبز خالص تا ۱۲۰+ به معنی قرمز خالص متغیر است) و b^* (معرف میزان نزدیکی رنگ نمونه به آبی و زرد و دامنه تغییرات آن از ۱۲۰- به معنی آبی خالص تا ۱۲۰+ به معنی زرد خالص است) می‌باشند. به منظور توصیف تغییرات رنگ طی فرآوری آرد کینوا و افزودن آرد برنج به فرمولاسیون، از شاخص ΔE (اختلاف رنگ نمونه‌ها نسبت به نمونه‌ی شاهد) استفاده شد که به صورت رابطه ۵ تعریف می‌شود: (رابطه ۵)

$$\Delta E = \sqrt{(L - L_0)^2 + (a - a_0)^2 + (b - b_0)^2}$$

در این رابطه L_0 ، a_0 و b_0 مقادیر پارامترهای رنگی نمونه شاهد (تیمار ۱ حاوی آرد خام کینوا و فاقد آرد برنج) و L ، a و b مقادیر پارامترهای رنگی سایر نمونه‌ها می‌باشند.

۱۲-۲- فعالیت آبی

فعالیت آبی با استفاده از دستگاه سنجش فعالیت آبی برای نمونه‌های نگهداری شده در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، یک روز و یک ماه پس از تولید اندازه‌گیری شد [۲۱].

۱۳-۲- بافت

بافت نمونه‌ها با استفاده از دستگاه Texture Analyzer (مدل TA PLUS کشور آمریکا) برای نمونه‌های نگهداری شده در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، یک روز پس از تولید و یک ماه پس از تولید اندازه‌گیری شد. به منظور ارزیابی میزان سفتی بافت نمونه‌ها، آزمون برش (Cutting/Shearing) با استفاده از پروب تیغه‌ای دستگاه بافت‌سنج (HDP/BSK) و مشخصات لودسل ۱۰۰ نیوتن،

فرمولاسیون، بر این ویژگی‌های تغذیه‌ای را نشان می‌دهد که در ادامه به بررسی هر یک از پارامترها پرداخته شده است.

Table 3- The effect of different types of quinoa flour and rice flour levels on nutritional values of produced samples

Treatments	Type of Quinoa Flour	Rice Flour (%)	Moisture (%)	Fat (%)	Protein (%)
1	Raw	0	7.99±0.81 ^a	6.18±0.04 ^a	3.31±0.03 ^c
2	Raw	15	8.03±0.59 ^a	6.06±0.01 ^{ab}	3.34±0.09 ^c
3	Raw	30	8.55±0.35 ^a	5.99±0.02 ^{abc}	3.25±0.19 ^c
4	Flaked	0	7.38±0.12 ^a	6.10±0.04 ^{ab}	7.46±0.33 ^a
5	Flaked	15	7.72±0.29 ^a	5.96±0.03 ^{abc}	6.95±0.36 ^a
6	Flaked	30	8.10±0.04 ^a	5.90±0.02 ^{bc}	5.74±0.23 ^b
7	Roasted	0	6.30±0.38 ^a	5.96±0.02 ^{abc}	3.02±0.00 ^c
8	Roasted	15	6.96±0.63 ^a	5.95±0.01 ^{bc}	3.22±0.17 ^c
9	Roasted	30	7.10±1.27 ^a	5.78±0.08 ^c	3.08±0.12 ^c
Treatments	Type of Quinoa Flour	Rice Flour (%)	Ash (%)	Carbohydrate (%)	Calorie (Kcal/100g)
1	Raw	0	0.99±0.02 ^a	81.50±0.75 ^{abcd}	394.98±3.57 ^a
2	Raw	15	0.89±0.00 ^{bcde}	81.65±0.66 ^{abc}	394.62±2.39 ^a
3	Raw	30	0.81±0.00 ^{de}	81.38±0.18 ^{abcd}	392.51±1.30 ^a
4	Flaked	0	0.96±0.00 ^{bc}	78.08±0.49 ^d	397.14±0.22 ^a
5	Flaked	15	0.85±0.01 ^{cde}	78.50±0.02 ^{cd}	395.52±1.05 ^a
6	Flaked	30	0.78±0.03 ^e	79.47±0.26 ^{bcd}	393.97±0.08 ^a
7	Roasted	0	1.17±0.01 ^a	83.53±0.40 ^a	399.95±1.34 ^a
8	Roasted	15	0.94±0.05 ^{bcd}	82.90±0.77 ^{ab}	398.10±2.23 ^a
9	Roasted	30	0.89±0.01 ^{bcde}	83.12±1.22 ^a	396.92±4.61 ^a

Different letters in each column represent significant difference from one another ($p < 0.05$).

شده است. در پژوهش کائور^۸ و همکاران (۲۰۱۸) بر روی تولید نوتراباری حاوی آرد کینوا و آرد برنج، مشخص شد که فرآیند حرارتی خشک منجر به کاهش رطوبت کینوا، برنج قهوه‌ای و بذر کتان شد [۱۳].

۳-۱-۲- چربی

بررسی مقادیر چربی بدست آمده (جدول ۳) نشان داد، نمونه‌های تولید شده با آرد خام کینوا دارای مقدار چربی بیشتری نسبت به نمونه‌های حاوی آرد پرک و برشته شده کینوا بودند. کمتر بودن میزان چربی نمونه‌های حاوی آرد کینوای فراوری شده در مقایسه با نمونه‌های حاوی آرد خام، تجزیه و اکسید شدن مقداری از چربی طی عملیات حرارتی خشک است که موجب کاسته شدن از مقدار چربی در محصول نهایی شده است. کائور و همکاران (۲۰۱۸) نیز در

۳-۱-۱- رطوبت

طبق نتایج بدست آمده (جدول ۳)، نمونه‌های تولید شده با آرد خام کینوا بیشترین و نمونه‌های حاوی آرد برشته کینوا کمترین مقادیر رطوبت را به خود اختصاص دادند اما این اختلاف معنی‌دار نبود ($p < 0.05$). از طرفی افزایش درصد آرد برنج در فرمولاسیون منجر به افزایش مقدار رطوبت شد اما این اختلاف نیز معنی‌دار نبود ($p < 0.05$). دلیل رطوبت بیشتر نمونه‌های حاوی آرد خام را می‌توان به محتوای بالاتر رطوبت آرد خام و تأثیر فرآیند حرارتی بر کاهش میزان رطوبت آرد برشته کینوا نسبت داد. همچنین دلیل افزایش رطوبت در نمونه‌های حاوی درصد بیشتری از آرد برنج، رطوبت بیشتر این آرد نسبت به آرد کینوای خام و فراوری

می‌توان به محتوای بالاتر پروتئین در آرد کینوا در مقایسه با آرد برنج نسبت داد. پنجه (۱۳۹۸) نیز در پژوهش خود به نتایج مشابهی دست یافت و گزارش نمود که افزایش سطح آرد کینوا در فرمولاسیون نان ویفر بدون گلوتن در مقایسه با آرد گندم سیاه، آمارانت و برنج سبب افزایش بیشتر محتوای پروتئینی نمونه‌ها شد [۲۶]. جلدانی و همکاران (۱۳۹۶) نیز با بررسی تأثیر افزودن آرد کامل کینوا و صمغ زانتان به فرمولاسیون نان بربری به این نتیجه رسیدند که میزان پروتئین نمونه‌ها به طور معنی‌داری ($p < 0.05$) افزایش یافت [۲۷].

۴-۱-۳- خاکستر

یافته‌ها (جدول ۳) نشان دادند نوع آرد کینوا تأثیر معنی‌داری ($p < 0.05$) بر میزان خاکستر نمونه‌ها داشت به طوری که نمونه‌های حاوی آرد برشته بیشترین و نمونه‌های حاوی آرد خام کمترین میزان خاکستر را داشتند. این تفاوت ناشی از خاکستر بیشتر آرد برشته شده کینوا بود. شیخعلی‌پور (۱۳۹۴) در پژوهش خود با مقایسه‌ی خاکستر دانه‌ی ماشک خام، پرک، برشته و ماکروویو شده به این نتیجه رسید که بین خاکستر نمونه‌ها اختلاف معنی‌داری وجود ندارد با این حال براساس اندک تغییرات مشاهده شده گزارش نمود ابتدا دانه‌های ماکروویو شده، سپس دانه‌های برشته و خام و پس از آن دانه‌های پرک شده بیشترین مقدار خاکستر را داشتند [۲۳]. افزایش جایگزینی آرد برنج با آرد کینوا به طور معنی‌داری ($p < 0.05$) منجر به کاهش خاکستر نمونه‌ها شد.

علت این امر را می‌توان به میزان خاکستر بیشتر آرد کینوا در مقایسه با آرد برنج نسبت داد. طبق نتایج، نمونه‌ی حاوی آرد برشته کینوا در غیاب آرد برنج، بیشترین مقدار و نمونه‌ی حاوی آرد پرک کینوا و ۳۰ درصد آرد برنج کمترین مقدار خاکستر را داشتند. بر اساس یافته‌های پژوهش جلدانی و همکاران (۱۳۹۷) که به بررسی بهینه‌یابی فرمول کیک بدون گلوتن حاوی آرد برنج، کینوا و برگ گیاه خرفه، مشخص شد که استفاده از آرد کامل کینوا موجب افزایش میزان خاکستر در محصول می‌شود. آن‌ها علت این امر را وجود املاح معدنی بیشتر در سبوس نسبت به سایر قسمت‌های دانه

تحقیق خود که در مورد بررسی اثر فرآیند حرارتی بر نوتربار تهیه شده با کینوا، برنج قهوه‌ای و تخم کتان بود، به نتایج مشابهی دست یافتند [۱۳]. شیخعلی‌پور (۱۳۹۴) با مقایسه‌ی ترکیبات دانه‌های ماشک خام و عمل‌آوری شده به این نتیجه رسید که بین چربی ماشک خام و ماشک ماکروویو شده و برشته شده تفاوت معنی‌داری وجود داشت و ماشک خام دارای چربی بیشتری بود. این محقق علت را خروج چربی در نتیجه‌ی عملیات حرارتی اعمال شده عنوان کرد [۲۳]. از طرفی افزایش مقدار آرد برنج در فرمولاسیون موجب کاهش معنی‌داری ($p < 0.05$) در مقدار چربی نمونه‌ها گردید که این نتیجه با توجه به مقدار بیشتر چربی دانه کینوا نسبت به برنج توجیه پذیر است. نتایج بدست آمده از تحقیق جواهری‌پور و همکاران (۱۴۰۰) نیز حاکی از افزایش میزان چربی کیک اسفنجی در نتیجه‌ی افزودن آرد کینوا و آرد گندم جوانه زده به فرمولاسیون بود [۴]. جانکورووا^۹ و همکاران (۲۰۰۹)، در پژوهش خود میزان چربی دانه‌ی کینوا را بین ۲ تا ۱۰ درصد گزارش نمودند که مشابه با دانه حبوباتی مانند سویا بوده و بسیار بالاتر از چربی غلات است. آن‌ها بیان کردند که کینوا منبعی غنی از چربی به خصوص اسیدهای چرب ضروری است [۲۴]. اسیدهای چرب امگا-۶ و امگا-۳ اسیدهای چرب ضروری هستند که توسط انسان سنتز نمی‌شوند از این رو باید مستقیماً از مواد غذایی دریافت شوند [۲۵].

۴-۱-۳- پروتئین

ارزیابی میزان پروتئین نمونه‌ها (جدول ۳) نشان‌دهنده بیشتر بودن میزان پروتئین نمونه‌های حاوی آرد پرک و فاقد آرد برنج (تیمار ۴) نسبت به سایر تیمارها بود. به علاوه آرد پرک بیش از دو نوع دیگر آرد کینوا (خام و برشته) دارای پروتئین بود. همچنین یافته‌ها نشان داد تیمارهای حاوی آرد کینوای برشته شده کمترین میزان پروتئین را داشتند که علت آن از بین رفتن مقداری از محتوای غیرپروتئینی و داناتوره شدن پروتئین در اثر عملیات حرارتی خشک است [۱۳]. از طرفی با افزایش جایگزینی آرد کینوا با آرد برنج از میزان پروتئین به طور معنی‌داری ($p < 0.05$) کاسته شد که علت آن را

^۹ Jancurová

دانستند [۲۸]. حقایق و صالحی (۱۳۹۶) نیز با بررسی تولید کلوچه‌ی بدون گلوتن با افزودن مقادیر مختلفی از آرد گندم سیاه، آمارانت و کینوا به نتایج مشابهی دست یافتند و گزارش کردند که افزایش در مقدار هر سه شبه‌غله سبب افزایش میزان خاکستر نمونه‌ها شد [۲۹].

۵-۱-۳- کربوهیدرات

براساس نتایج بدست آمده از مقادیر کربوهیدرات نمونه‌ها (جدول ۳)، نوع آرد و سطوح متفاوت آرد برنج به کار رفته در فرمولاسیون تأثیر معنی‌داری ($p < 0.05$) بر میزان کربوهیدرات نمونه‌ها داشت به گونه‌ای که نمونه‌های تولید شده با آرد برشته و در غیاب آرد برنج، بیشترین و نمونه‌های تولید شده با آرد پرک، کمترین میزان کربوهیدرات را به خود اختصاص دادند (جدول ۳). میزان کربوهیدرات دانه‌ی کینوا قابل قیاس با برنج و جو است و به دلیل دارا بودن اثرات مفید هاپیوگلاسمیک و کاهش اسیدهای چرب آزاد، ماده‌ی غذایی مفیدی محسوب می‌شود [۲۵].

۶-۱-۳- کالری

بررسی مقادیر بدست آمده از کالری نمونه‌ها (جدول ۳) مشخص شد که نمونه حاوی آرد برشته کینوا و فاقد آرد برنج (تیمار ۷)، دارای بیشترین میزان کالری و نمونه حاوی آرد خام کینوا و ۳۰ درصد آرد برنج (تیمار ۳)، دارای کمترین میزان کالری بودند (جدول ۳). با این وجود مقادیر بدست آمده در این جدول اختلاف معنی‌داری ($p < 0.05$) را با یکدیگر نشان ندادند.

۲-۳- حجم مخصوص

جدول ۴ مقادیر طول، عرض، ضخامت و وزن هر تیمار و تأثیر نوع آرد کینوا (خام، پرک و برشته) و سطوح متفاوت آرد برنج (صفر، ۱۵ و ۳۰ درصد) استفاده شده در

فرمولاسیون بر حجم مخصوص بدست آمده برای هر تیمار را نشان می‌دهد. طبق نتایج بدست آمده، فرآوری آرد کینوا تأثیر معناداری ($p < 0.05$) بر حجم مخصوص نمونه‌ها نداشت اما نمونه‌های تولید شده با آرد برشته بیشترین میزان حجم مخصوص را داشتند. دنا توره شدن پروتئین‌ها و نشاسته‌ی آرد در اثر فرآیند حرارتی، موجب انبساط حباب‌های هوا به واسطه‌ی وجود دی‌اکسیدکربن و بخار آب شده و منجر به افزایش حجم محصول می‌شود [۳۰]. مارستون^۱ و همکاران (۲۰۱۶) طی بررسی تیمار حرارتی آرد سورگوم بر کیفیت کیک و نان، متوجه شدند که در اثر اعمال حرارت، حجم کیک افزایش یافت [۳۱]. از سوی دیگر، افزودن آرد برنج نیز تأثیر معناداری ($p < 0.05$) بر حجم مخصوص نمونه‌ها نداشت با این حال با افزایش آرد برنج از حجم مخصوص نمونه‌ها کاسته شد. در پژوهش انجام شده توسط مؤذنی اسفنجانی (۱۳۹۶) که بر روی تولید نان بدون گلوتن بر پایه‌ی آرد برنج و کینوا انجام شده بود، نتایج مشابهی به دست آمد و علت افزایش حجم در نتیجه‌ی افزایش آرد کینوا در فرمول، ایجاد گرانشی بیشتر توسط آرد کینوا و بهبود توزیع آب و گاز در خمیر عنوان شد که مقدار بیشتری حباب گاز را به دام انداخته و منجر به افزایش حجم محصول گردیده است [۲]. پنجه (۱۳۹۸) در پژوهش خود علت افزایش حجم مخصوص نان‌های ویفر بدون گلوتن را به محتوای بالای فیبر در ساختار آرد شبه غلاتی چون کینوا در مقایسه با آرد برنج نسبت داد [۲۶]. الگتی^{۱۱} و همکاران (۲۰۱۴) با جایگزینی آرد کینوا به جای آرد برنج و ذرت در نان بدون گلوتن، گزارش دادند که آرد کینوا با افزایش فعالیت آنزیم آلفاگلوکوزیداز سبب بهبود حجم نان‌های تولیدی شد [۳۲].

Table 4- The effect of different types of quinoa flour and rice flour levels on specific volume of produced samples

Treatments	Type of Quinoa Flour	Rice Flour (%)	Weight (g)	Volume (cm ³)			Specific Volume (cm ³ /g)
				Length (cm)	Width (cm)	Thickness (cm)	
1	Raw	0	23.12±1.61	9.11±0.32	3.10±0.02	0.79±0.08	0.84±0.12 ^a

2	Raw	15	25.93±0.56	9.50±0.00	3.25±0.00	0.66±0.02	0.78±0.00 ^a
3	Raw	30	23.63±0.97	9.23±0.01	3.27±0.04	0.60±0.02	0.77±0.01 ^a
4	Flaked	0	21.81±2.06	9.20±0.06	3.45±0.15	0.61±0.01	0.80±0.07 ^a
5	Flaked	15	25.21±0.56	9.31±0.16	3.40±0.14	0.64±0.01	0.75±0.04 ^a
6	Flaked	30	23.38±1.03	9.30±0.00	3.25±0.03	0.57±0.02	0.73±0.00 ^a
7	Roasted	0	26.11±0.31	9.96±0.29	3.70±0.23	0.62±0.05	0.86±0.01 ^a
8	Roasted	15	21.84±3.74	9.40±0.03	3.15±0.07	0.60±0.04	0.80±0.00 ^a
9	Roasted	30	25.02±0.08	9.28±0.25	3.29±0.03	0.59±0.00	0.79±0.01 ^a

Different letters represent significant difference from one another ($p < 0.05$).

فعالیت آبی و سفتی بافت نمونه‌های تولیدی نگهداری شده

۳-۳-۳ فعالیت آبی و بافت

جدول ۵ بیانگر تأثیر نوع آرد کینوا (خام، پرک و برشته) و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد است که یک روز و یک ماه سطوح متفاوت آرد برنج (صفر، ۱۵ و ۳۰ درصد) بر مقدار پس از تولید، ارزیابی شده است.

Table 5- The effect of different types of quinoa flour and rice flour levels on water activity and texture of produced samples during storage them at 25°C one day and One month after production.

Treatments	Type of Quinoa Flour	Rice Flour (%)	Water activity		Texture (N)	
			One day after production	One month after production	One day after production	One month after production
1	Raw	0	0.60±0.00 ^a	0.59±0.01 ^a	2.28±0.62 ^a	5.05±0.58 ^b
2	Raw	15	0.59±0.01 ^a	0.57±0.01 ^a	6.42±3.62 ^a	7.55±0.59 ^{ab}
3	Raw	30	0.59±0.02 ^a	0.52±0.00 ^a	9.31±2.13 ^a	8.04±1.31 ^{ab}
4	Flaked	0	0.60±0.01 ^a	0.58±0.01 ^a	3.77±0.61 ^a	5.93±0.02 ^{ab}
5	Flaked	15	0.57±0.00 ^a	0.56±0.04 ^a	7.80±0.45 ^a	8.23±1.24 ^{ab}
6	Flaked	30	0.57±0.02 ^a	0.50±0.01 ^a	9.67±0.84 ^a	11.11±2.00 ^{ab}
7	Roasted	0	0.54±0.02 ^a	0.51±0.01 ^a	9.02±0.30 ^a	9.54±2.28 ^{ab}
8	Roasted	15	0.54±0.01 ^a	0.49±0.19 ^a	11.11±3.08 ^a	12.71±2.87 ^{ab}
9	Roasted	30	0.53±0.01 ^a	0.48±0.03 ^a	11.97±1.93 ^a	14.26±0.58 ^a

Different letters in each column represent significant difference from one another ($p < 0.05$).

کینوا مرتبط دانست. همان‌طور که رطوبت آرد خام بیشتر و

رطوبت آرد پرک و برشته به علت فراوری انجام شده،

پایین‌تر بود، فعالیت آبی تیمارهای تهیه شده هم متناظر با نوع

آرد به کار رفته تغییر کرد. از طرفی نتایج نشان دادند که

جایگزینی آرد برنج با آرد کینوا در طی هر دو بازه‌ی زمانی

اندازه‌گیری در دمای محیط، موجب کاهش مقدار فعالیت آبی

نمونه‌ها شده است. به این ترتیب بیشترین مقدار فعالیت آبی

برای تیمار ۱ پس از یک روز نگهداری در دمای ۲۵ درجه

۳-۳-۱ فعالیت آبی

نتایج نشان داد که نوع آرد کینوای به کار رفته در فرمولاسیون

در طول مدت زمان یک ماه نگهداری، موجب کاهش فعالیت

آبی نمونه‌ها گردید به گونه‌ای که نمونه‌های تولید شده با آرد

خام کینوا، بیشترین و نمونه‌های تولید شده با آرد برشته کینوا

کمترین مقدار فعالیت آبی را داشتند (جدول ۵). این اختلاف

در مقدار فعالیت آبی نمونه‌ها را می‌توان با مقدار رطوبت آرد

سانتی‌گراد، که حاوی آرد خام کینوا و فاقد آرد برنج است و کمترین مقدار فعالیت آبی برای تیمار ۹ نگهداری شده در این دما به مدت یک ماه که حاوی آرد برشته کینوا و ۳۰ درصد آرد برنج است، بدست آمد. ثنائی‌فرد (۱۳۸۸) در پژوهش خود بر روی جیره‌های غذایی انرژی‌زا، اثر زمان نگهداری بر فعالیت آبی نمونه‌ها را بررسی نمود و به نتایج مشابهی دست یافت. او علت کاهش فعالیت آبی را در طول زمان علاوه بر تبدلات رطوبتی نمونه با محیط داخل بسته، واکنش‌های مربوط به ترکیبات تشکیل‌دهنده‌ی نمونه‌ها عنوان کرد. به عنوان مثال جذب آب توسط ترکیبات جاذب رطوبت و گسترش آب تک‌لایه و یا تغییر در خاصیت جذب آب به علت تبدیل فرم‌های کریستالی اجزای تشکیل‌دهنده به یکدیگر را از جمله عوامل مؤثر بر کاهش فعالیت آبی نمونه‌ها برشمرد [۳۳].

قهوه‌ای شدن آنزیمی و غیرآنزیمی، رشد میکروبی، اکسیداسیون چربی و خواص فیزیکی مانند بافت، تحت تأثیر فعالیت آبی ماده غذایی هستند. در فعالیت آبی کمتر از ۰/۶ ماده غذایی در برابر رشد میکروب‌ها مقاوم است [۳۴]. معمولاً حداکثر قهوه‌ای شدن در فعالیت آبی بین ۰/۶ تا ۰/۷ و حداکثر اکسیداسیون چربی‌ها در فعالیت آبی ۰/۱ تا ۰/۳ صورت می‌گیرد. علاوه بر آن اکثر آنزیم‌ها در فعالیت آبی کمتر از ۰/۸۵ بی‌اثر هستند. در صورتی که لیپازها می‌توانند تا فعالیت آبی ۰/۳ یا حتی ۰/۱ فعال باشند [۳۵]. بیشترین مقدار فعالیت آبی نمونه‌ها در این پژوهش ۰/۶ بدست آمد که با توجه به آنچه ذکر شد، واکنش‌های آنزیمی، قهوه‌ای شدن و اکسیداسیون در نمونه‌های تولید شده حداقل است.

۲-۳-۳- بافت

بافت از خصوصیات فیزیکی مهم در مواد غذایی است که نقش قابل توجهی در میزان پذیرش محصول دارد. نتایج بدست آمده از بررسی سفتی بافت نمونه‌ها نشان می‌دهد که نمونه‌های تولید شده با آرد خام کمترین و نمونه‌های تولید شده با آرد برشته بیشترین میزان سفتی بافت را داشتند (جدول ۵). محتوای پایین‌تر رطوبت در آرد برشته نسبت به

آرد پرک و خام کینوا در نتیجه‌ی فرآیند حرارتی برشته کردن را می‌توان علت این اختلاف در نظر گرفت. روتشیلد^{۱۲} و همکاران (۲۰۱۵) در پژوهش خود افزایش سفتی بافت در نمونه‌های کیک را در نتیجه‌ی فرآیند برشته کردن کینوا در دمای ۱۷۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۵ دقیقه و به دنبال آن کاهش رطوبت نمونه‌ها عنوان کردند [۳۶]. از طرفی افزایش جایگزینی آرد برنج با آرد کینوا منجر به افزایش سفتی بافت نمونه‌ها طی مدت زمان چهار هفته نگهداری در دمای محیط شد. استفاده از آرد برنج در فرمولاسیون به دلیل عملکرد نشاسته آن است که با ژلاتینه شدن به عنوان پرکننده عمل می‌کند. حداکثر ژلاتینه شدن نشاسته برنج در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد رخ می‌دهد که موجب انسجام بافت در محصول نهایی می‌گردد و در این پژوهش در مرحله پخت نمونه‌ها در فر اتفاق افتاده است [۳۵]. همچنین آرد کینوا به دلیل ظرفیت اتصال آب موجب نرمی بافت می‌شود. تعداد زیاد گروه‌های هیدروکسیل موجود در مولکول‌های فیبر موجب افزایش جذب آب شده و اجازه‌ی تعامل بیشتر به آب از طریق پیوندهای هیدروژنی را می‌دهد [۲]. بورسوا^{۱۳} و همکاران (۲۰۱۷) در پژوهش خود به نتایج مشابهی دست یافتند. آن‌ها در مطالعه بر روی نان بدون گلوتن بر پایه‌ی آرد برنج متوجه شدند که با افزایش میزان کینوا بافت نان به طور معنی‌داری نرم‌تر شد [۳۷]. در پژوهش مینارو و همکاران (۲۰۱۲) مشخص شد که بین حجم و سفتی بافت رابطه‌ی منفی وجود دارد به طوری که با کاهش حجم سفتی بافت افزایش می‌یابد [۳۸]. این نتیجه با نتایج بدست آمده از این تحقیق مطابقت دارد چرا که افزودن مقدار بیشتر آرد برنج در فرمولاسیون موجب کاهش حجم مخصوص نمونه‌ها و افزایش سفتی بافت آن‌ها شده است. مقادیر سفتی بافت نمونه‌ها در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد با گذشت چهار هفته پس از تولید افزایش یافته است که علت آن را می‌توان به واکنش‌های آنزیمی، تغییر در رطوبت نمونه‌ها و یا واکنش‌هایی در پلیمرهای غذایی که موجب پیوند عرضی و سخت‌تر شدن بافت می‌شوند، نسبت داد [۳۴].

۳-۴- تغییرات رنگ (ΔE)

تغییرات رنگ نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد، در شکل ۱ نشان داده شده است. نتایج بدست آمده حاکی از آن بود که نمونه حاوی آرد برشته کینوا و فاقد آرد برنج (تیمار ۷)، بیشترین اختلاف رنگ و تیمار ۲ حاوی آرد خام کینوا و ۱۵ درصد آرد برنج، کمترین اختلاف رنگ را با نمونه شاهد (تیمار ۱ حاوی آرد خام کینوا و فاقد آرد برنج) داشته‌اند. استفاده از آرد برشته کینوا به طور معناداری ($p < 0.05$) موجب تیره‌تر شدن رنگ نمونه‌ها گشته است (جدول ۶). بر اساس نتایج کریمی عبدالملکی و همکاران (۱۳۹۷) در زمینه بررسی تأثیر استفاده از آرد نخود خام و حرارت دیده بر ویژگی‌های کیفی کیک، مشخص شد با اعمال حرارت، شاخص L^* کاهش یافت و با افزایش دما و زمان از شدت روشنایی کیک کاسته شد [۳۹]. از طرفی با افزایش جایگزینی آرد برنج با آرد کینوا، رنگ محصول روشن‌تر شد. تیره‌تر بودن نمونه‌های دارای درصد بیشتر آرد کینوا به دلیل حضور قند احیا نظیر گلوکز و نیز اسیدهای آمینه‌ای همچون لیزین در آرد کینوا است که در طی فرآیند پخت موجب واکنش قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی شده و رنگ را تیره می‌کند. به علاوه حضور رنگدانه‌ی بتالانین در آرد کینوا موجب تیره شدن رنگ محصول می‌شود [۲۱]. مؤذنی اسفنجانی (۱۳۹۶) در پژوهش خود به نتایج مشابهی دست یافت و این تیرگی را ناشی از وجود فیبر و سبوس زیاد در آرد کینوا دانسته است. طی بررسی‌های انجام شده، نمونه‌ی حاوی آرد پرک کینوا و ۳۰ درصد آرد برنج بیشترین میزان روشنایی و نمونه‌ی حاوی آرد برشته کینوا در غیاب آرد برنج، کمترین میزان روشنایی را به خود اختصاص دادند [۲].

بررسی شاخص رنگی a^* نشان داد که نوع آرد کینوا و درصد استفاده از آرد برنج در فرمولاسیون به طور معناداری ($p < 0.05$) بر میزان این شاخص مؤثر بود. تیمارهای تهیه شده با آرد برشته‌ی کینوا دارای بیشترین میزان a^* بودند و با افزایش جایگزینی آرد برنج با آرد کینوا، از میزان قرمزی نمونه‌ها کاسته شد. در مطالعه‌ی انجام شده توسط کریمی عبدالملکی و همکاران (۱۳۹۷)، مشخص شد که با اعمال تیمار حرارتی بر آرد نخود، شاخص a^* افزایش معنی‌داری نسبت به نمونه تیمار نشده نشان داده است [۳۹]. کاهش قرمزی در نمونه‌ها با افزایش آرد برنج و کاهش آرد کینوا، به دلیل حضور رنگدانه‌ی بتالانین در آرد کینوا و وقوع واکنش میلارد است [۴۰]. نتایج نشان دادند که تیمار ۷ (حاوی آرد برشته‌ی کینوا و فاقد آرد برنج) بیشترین و تیمار ۳ (حاوی آرد خام کینوا و ۳۰ درصد آرد برنج) کمترین مقدار قرمزی را در بین نمونه‌ها داشتند.

با توجه به بررسی‌های انجام شده، نوع آرد کینوای استفاده شده در فرمولاسیون، تأثیر معناداری ($p < 0.05$) بر اندیس b^* نمونه‌ها داشت و تیمارهای تهیه شده با آرد خام کینوا، بیشترین و تیمارهای تهیه شده با آرد برشته کینوا، کمترین مقدار را داشتند. همچنین افزایش میزان جایگزینی آرد برنج با آرد کینوا، موجب افزایش این شاخص رنگی شد که علت آن را می‌توان با ماهیت زرد رنگ آرد کینوا نسبت به آرد برنج (دارای رنگ سفید) مرتبط دانست. به طور کلی بیشترین مقدار مولفه‌ی رنگی b^* بدست آمده مربوط به نمونه‌ی حاوی آرد خام کینوا و ۳۰ درصد آرد برنج و کمترین آن، مربوط به نمونه‌ی حاوی آرد برشته کینوا و فاقد آرد برنج بود.

Table 6- The effect of different types of quinoa flour and rice flour levels on color of produced samples

Treatments	Type of Quinoa Flour	Rice Flour (%)	L^*	a^*	b^*
1	Raw	0	32.99 ± 0.46^b	7.58 ± 0.04^c	27.51 ± 0.38^{ab}
2	Raw	15	34.55 ± 0.21^{ab}	7.43 ± 0.07^c	27.98 ± 0.87^{ab}
3	Raw	30	36.21 ± 0.55^{ab}	7.21 ± 0.02^c	31.54 ± 0.10^a
4	Flaked	0	34.09 ± 1.23^{ab}	7.87 ± 0.04^{bc}	25.51 ± 0.70^{ab}
5	Flaked	15	35.77 ± 0.06^{ab}	7.60 ± 0.32^c	25.54 ± 1.49^{ab}
6	Flaked	30	37.48 ± 0.13^a	7.30 ± 0.13^c	27.76 ± 0.66^{ab}
7	Roasted	0	27.60 ± 1.21^c	9.33 ± 0.05^a	22.06 ± 0.72^b

8	Roasted	15	32.63±0.27 ^b	8.89±0.025 ^a	24.11±2.61 ^b
9	Roasted	30	33.50±0.61 ^b	8.73±0.29 ^{ab}	27.35±0.95 ^{ab}

Different letters in each column represent significant difference from one another ($p<0.05$).

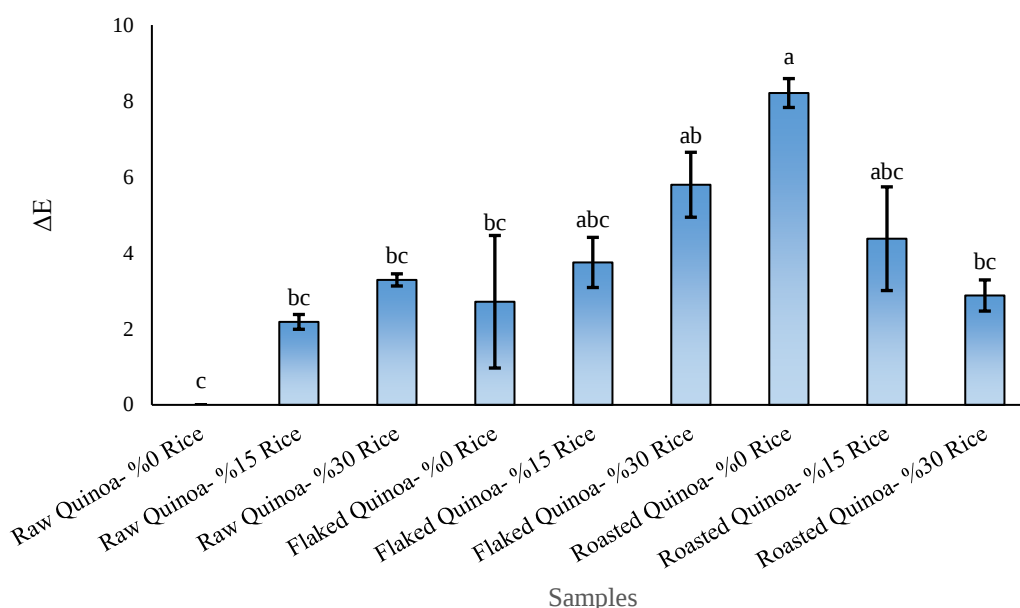


Figure 1 - The effect of different types of quinoa flour and rice flour levels on ΔE of produced samples. Different letters represent significant difference from one another ($p<0.05$).

فرمولاسیون تأثیر معناداری ($p<0.05$) بر پذیرش نمونه‌ها نداشت. بررسی امتیازات بدست آمده از سطح نمونه‌ها نشان داد که تیمارهای تهیه شده با آرد پرک کینوا بیشترین و تیمارهای تهیه شده با آرد خام کینوا کمترین امتیاز را کسب کردند. همچنین مقادیر متفاوت آرد برنج استفاده شده در فرمولاسیون بر سطح نمونه‌ها، از دیدگاه داوران، تأثیر معنی‌داری ($p<0.05$) نداشت. طبق نظر سنجی انجام شده در مورد سفتی و نرمی بافت، تفاوت در نوع آرد کینوای به کار رفته در نمونه‌ها تأثیر معنی‌داری ($p<0.05$) بر میزان پذیرش آن‌ها از این جنبه داشت و نمونه‌های تولید شده با آرد پرک کینوا بیشترین امتیاز را کسب کردند. در حالی که سطوح متفاوت آرد برنج به کار رفته در فرمول نمونه‌ها تأثیر معنی‌داری ($p<0.05$) بر میزان پذیرش از نظر سفتی و نرمی بافت نداشت. با توجه به ارزیابی دستگاهی بافت نمونه‌های نگهداری شده در دمای محیط (۲۵ درجه سانتی‌گراد) و مقایسه با نتایج ارزیابی حسی، مشخص شد که نمونه‌ها با سفتی بافت متوسط (حاوی آرد پرک کینوا و ۳۰ درصد آرد

۳-۵- پذیرش کلی

ویژگی‌های حسی نمونه‌های تولید شده در این پژوهش از جنبه‌های مختلفی همچون فرم و شکل، سطح، بافت، قابلیت جویدن و بو و مزه توسط ۱۰ داور، بررسی و نتایج آن‌ها در جدول ۷ و نتایج پذیرش کلی بدست آمده نیز در شکل ۲ نشان داده شده است. طبق این نتایج فراوری آرد کینوا نقش مؤثری در پذیرش و افزایش مقبولیت نمونه‌ها داشت. نمونه‌های تهیه شده از آرد پرک کینوا امتیاز فرم و شکل بالاتری نسبت به سایر نمونه‌ها در ارزیابی حسی کسب نمودند و نمونه‌های حاوی آرد خام کمترین میزان پذیرش از نظر فرم و شکل را به خود اختصاص دادند. فرم و شکل ماده غذایی ارتباط تنگاتنگی با بافت آن دارد. نمونه‌های تهیه شده با آرد خام طبق نتایج بدست آمده از این پژوهش بافت نرم‌تری داشتند و هنگام برش نسبت به سایر تیمارها، اندکی دچار تغییر شکل شدند که موجب کاهش امتیاز فرم و شکل آن‌ها شد. از طرفی میزان آرد برنج استفاده شده در

حرارت، امتیاز طعم افزایش یافت و حرارت موجب افزایش ترکیبات مولد عطر و آرومای ایجاد شده طی واکنش میلارد شد [۳۹]. همچنین نتایج نشان داد که با افزایش درصد آرد برنج و جایگزینی آن با انواع آرد کینوا، بو و مزه بیشتر مورد تأیید و پذیرش داوران قرار گرفته است. علت این امر را می‌توان به عطر و طعم خاص کینوا نسبت داد. مؤذنی اسفنجانی (۱۳۹۶) در پژوهش خود بر روی تولید نان بدون گلوتن فراسودمند بر پایه‌ی آرد برنج و کینوا، به نتایج مشابهی دست یافت [۲].

در نهایت با محاسبه امتیازات حسی بدست آمده، میزان پذیرش کلی نمونه‌ها بدست آمد و مشخص شد که فراوری آرد کینوا موجب افزایش پذیرش کلی شده است. به طوری که نمونه‌های تولید شده با آرد پرک بیشترین امتیاز پذیرش کلی را دریافت کردند. در عین حال سطوح متفاوت آرد برنج استفاده شده در فرمولاسیون تأثیر معنی‌داری ($p < 0.05$) بر پذیرش کلی نداشت. با این حال نمونه‌های دارای ۳۰ درصد آرد برنج امتیاز بیشتری نشان دادند. به طور کلی نتایج حاکی از آن بود که تیمار حاوی آرد پرک کینوا و ۳۰ درصد آرد برنج بیشترین و تیمار حاوی آرد خام کینوا و فاقد آرد برنج کمترین امتیازات را به خود اختصاص دادند.

برنج) امتیاز پذیرش حسی بیشتری کسب کردند. نتایج بدست آمده از ویژگی قابلیت جویدن حاکی از آن بود که نمونه‌های تولید شده با آرد پرک کینوا امتیاز بالاتری از نمونه‌های تولید شده با آرد برشته و آن‌ها نیز بالاتر از نمونه‌های حاوی آرد خام کینوا کسب کردند. سطوح متفاوت آرد برنج استفاده شده در فرمول تأثیر معنی‌داری ($p < 0.05$) بر میزان پذیرش محصول از نظر قابلیت جویدن نداشت با این حال نمونه‌های دارای ۳۰ درصد آرد برنج بیشترین امتیاز را به خود اختصاص دادند. قابلیت جویدن ارتباط نزدیکی با ویژگی سفتی و نرمی بافت دارد و همان طور که نتایج ارزیابی حسی نشان می‌دهد، تیمار حاوی آرد پرک کینوا و ۳۰ درصد آرد برنج، هم از نظر بافت و هم از نظر قابلیت جویدن، بیشترین امتیاز را از ارزیابان حسی کسب کرده است. طی بررسی‌های انجام شده بر روی امتیازات بو و مزه‌ی نمونه‌ها، مشخص شد که نوع آرد کینوای استفاده شده تأثیر معنی‌داری ($p < 0.05$) بر این ویژگی داشته است. به طوری که نمونه‌های تهیه شده با آرد خام کینوا کمترین و نمونه‌های تهیه شده با آرد برشته کینوا بیشترین امتیاز را به خود اختصاص دادند. کریمی عبدالملکی و همکاران (۱۳۹۷) نیز با بررسی تأثیر استفاده از آرد نخود خام و حرارت دیده بر ویژگی‌های کیک دریافتند که با اعمال

Table 7- The effect of different types of quinoa flour and rice flour levels on sensory properties of produced samples

Treatments	Type of Quinoa Flour	Rice Flour (%)	Form & Shape	Surface	Texture	Chewiness	Odor & Taste
1	Raw	0	3.90±0.70 ^a	4.20±0.60 ^a	3.70±0.78 ^a	3.60±0.91 ^a	2.90±1.22 ^b
2	Raw	15	4.00±0.63 ^a	3.90±0.53 ^a	3.60±0.01 ^a	3.60±0.91 ^a	3.10±1.13 ^{ab}
3	Raw	30	4.10±0.70 ^a	3.90±0.53 ^a	4.00±0.63 ^a	3.90±0.70 ^a	3.60±0.80 ^{ab}
4	Flaked	0	4.60±0.48 ^a	4.60±0.48 ^a	4.40±0.48 ^a	4.30±0.45 ^a	3.10±0.70 ^{ab}
5	Flaked	15	4.70±0.45 ^a	4.60±0.48 ^a	4.10±0.70 ^a	4.20±0.60 ^a	3.80±0.74 ^{ab}
6	Flaked	30	4.60±0.48 ^a	4.50±0.80 ^a	4.60±0.48 ^a	4.60±0.48 ^a	4.30±0.78 ^a
7	Roasted	0	4.50±0.50 ^a	4.40±0.48 ^a	4.30±0.45 ^a	4.30±0.45 ^a	3.70±0.90 ^{ab}
8	Roasted	15	4.50±0.50 ^a	4.40±0.48 ^a	4.20±0.74 ^a	4.10±0.70 ^a	3.90±1.04 ^{ab}
9	Roasted	30	4.30±0.64 ^a	4.20±0.60 ^a	4.10±0.70 ^a	4.00±0.77 ^a	4.30±0.64 ^a

Different letters in each column represent significant difference from one another ($p < 0.05$).

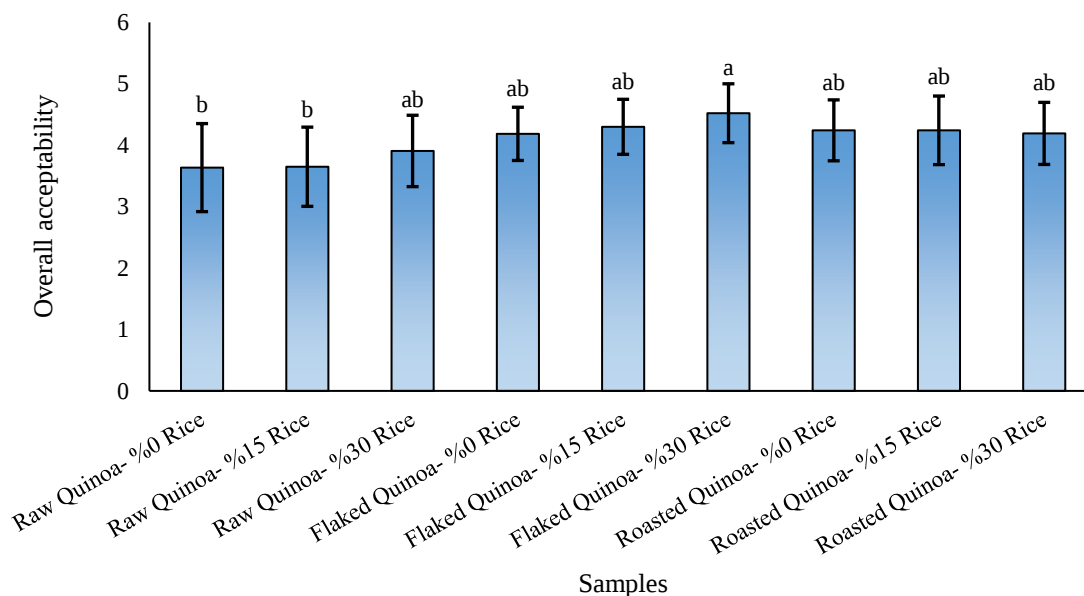


Figure 2 - The effect of different types of quinoa flour and rice flour levels on overall acceptability of produced samples.

Different letters represent significant difference from one another ($p < 0.05$).

رطوبت نمونه‌ها شد. علاوه بر آن برشته کردن موجب افزایش و پرک کردن موجب کاهش در مقدار کربوهیدرات و حجم مخصوص نمونه‌ها شد. همچنین نمونه حاوی آرد برشته کینوا در غیاب آرد برنج، بیشترین اختلاف رنگ را با نمونه‌ی شاهد نشان داد. فعالیت آبی و سفتی بافت نمونه‌ها نیز تحت تأثیر فرآیند حرارتی اعمال شده، به ترتیب کاهش و افزایش یافتند و استفاده از آرد فراوری شده‌ی کینوا به همراه آرد برنج، تأثیر مثبتی بر پذیرش کلی نمونه‌ها داشتند.

۴- نتیجه‌گیری

نتایج نشان دادند فراوری آرد کینوا موجب بهبود کیفیت و زمان ماندگاری و خصوصیات تغذیه‌ای قالب غذایی شد. آرد پرک و برشته شده کینوا در کاهش رطوبت و چربی و افزایش خاکستر نمونه‌های تولیدی نقش داشتند و نمونه‌های حاوی آرد پرک کینوا بیشترین مقدار پروتئین را داشتند. از طرفی افزایش میزان جایگزینی آرد برنج با آرد کینوا، موجب کاهش درصد چربی، پروتئین و خاکستر محصول نهایی و افزایش

۵-منابع

- wheat flour on the physicochemical, microbial and sensory properties of sponge cake. Journal of food science and technology, 18 (119): 375-392. (In Persian)
- [5] Chaudhary, N., Walia, S. and Kumar, R., (2023). Functional composition, physiological effect and agronomy of future food quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): A review. Journal of Food Composition and Analysis, 118: 105192.
- [6] Ren, G., Teng, C., Fan, X., Guo, S., Zhao, G., Zhang, L., Liang, Z. and Qin, P., (2022). Nutrient composition, functional activity and industrial applications of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Food Chemistry, 410: 135290.
- [7] Sruthi, N.U., Premjit, Y., Pandiselvam, R., Kothakota, A. and Ramesh, S.V., (2021). An
- [1] Mohd Noor, N. A., Hazahari, N. Y. and Shahidan, N., (2022). A Mini Review of Healthy Bars—Purchasing Motives and Challenges: Towards Halalan Toyyiban Approach. Halalpsphere, 2(1): 63–85.
- [2] Moazeni Esfanjani, M., (2017). Production of Functional Gluten-Free Bread Based on Rice and Quinoa Flours. Master's thesis, Food Science and Technology, Zanjan University. (In Persian)
- [3] Avila Ruiz, G., (2016). Exploring novel food proteins and processing technologies: A case study on quinoa protein and high pressure – high temperature processing. PhD thesis, Wageningen University, Wageningen, NL.
- [4] Javaheripour, N., Lida Shahsevani Mojarad, L., Mahdikhani, S., Inanloo, Y., (2021). The effect of adding quinoa flour and germinated

- [18] Taghizadeh, M., Akhoondzadeh, H., Zamani, Z., (2021). 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*, 17(1), 13-27. (In Persian)
- [19] Allai, F.M., Dar, B.N., Gul, K., Adnan, M., Ashraf, S.A., Hassan, M.I., Pasupuleti, V.R. and Azad, Z.R.A.A., (2022). Development of Protein Rich Pregelatinized Whole Grain Cereal Bar Enriched With Nontraditional Ingredient: Nutritional, Phytochemical, Textural, and Sensory Characterization. *Frontiers in Nutrition*, 9: 870819.
- [20] Takav, Z., (2016). Optimization of the Production and Shelf Life Evaluation of a Breakfast Cereal Enriched with Micro-Encapsulated Mixture of Omega-3 (ALA) and Alpha-Tocopherols. Master's thesis, Faculty of Agriculture, Food Science and Technology, Islamic Azad University-Shahr-e- Qods Branch. (In Persian)
- [21] Norouzian, A., Mehraban Sangatash, M., Sahraiyen, B., (2023). Investigation the effect of processed quinoa on physicochemical and sensory characteristics of compact food bar. *Journal of Food Science and Technology (Iran)* , 20 (138) :119-132. (In Persian)
- [22] Gibbs, G., (2015). Accelerated shelf life of a health bar contained in different bio-based packaging materials. In Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree Master of Science, Packaging Science, Clemson University.
- [23] Sheikhalipour, A., (2016). Investigation of nutritive value of untreated and treated vetch grain using nylon bag and gas production techniques. Thesis is approved for the degree of Master of Science in Animal Nutrition, Faculty of Agriculture, Department of Animal Science, University of Tabriz Campus. (In Persian)
- [24] Jancurová, M., Minarovičová, L. and Dandár, A., (2009). Quinoa—a review. *Czech Journal of Food Sciences*, 27(2): 71-79.
- [25] Madani Boroujeni, S. S., (2015). Effect of Quinoa (*Chenopodium Quinoa*) flour on physical, chemical, nutritional and rheological properties of supplemented biscuit. Master's thesis, Food Science and Technology, Islamic Azad University, Yazd branch. (In Persian)
- [26] Panjeh, Sh., (2019). Investigating the possibility of production and enrichment of Gluten-Free Wafers with buckwheat, Quinoa and Amaranth. Master's thesis, Food Science and Technology- Food Technology branch, University of Tabriz Campus. (In Persian)
- overview of conventional and emerging techniques of roasting: Effect on food bioactive signatures. *Food Chemistry*, 348: 129088.
- [8] Bepary, R. H., Wadikar, D. D. and Semwal, A. D., (2022). Optimization of temperate extrusion-assisted flaking process conditions for the production of ricebean (*Vigna umbellata*) flakes. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 81: 103124.
- [9] Consumi, M., Tamasi, G., Bonechi, C., Andreassi, M., Leone, G., Magnani, A., Rossi, C., (2022). Effect of Flaking and Precooking Procedures on Antioxidant Potential of Selected Ancient Cereal and Legume Flours. *Foods*, 11, 1592, 1-18.
- [10] Radhai Sri, S., and Thamarai Selvi, M., (2018). Quality Characteristics of Multigrain Nutri Bar. *International journal of basic and applied research*, 8(9): 560-564.
- [11] Sharma, S., Kataria, A., Singh, B., (2022). Effect of thermal processing on the bioactive compounds, antioxidative, antinutritional and functional characteristics of quinoa (*Chenopodium quinoa*). *LWT - Food Science and Technology*, 160: 113256.
- [12] Pravalika, G., Srinidhi, G., Vineeth, K.G. and Sushma, D.R., (2022). Development and standardization of quinoa based nutri-bar. *Asian Journal of Microbiology, Biotechnology & Environmental Sciences*, 24(1): 81-85.
- [13] Kaur, R., Ahluwalia, P., Sachdev, P.A., Kaur, A., (2018). Development of gluten-free cereal bar for gluten intolerant population by using quinoa as major ingredient. *J food sci technol*, 1-8.
- [14] Farinazzi-Machado, F.M.V., Barbalho, S.M., Oshiiwa, M., Goulart, R., Pessan Junior, O., (2012). Use of cereal bars with quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) to reduce risk factors related to cardiovascular diseases. *Food science and technology (Campinas)*, 32(2): 239-244.
- [15] Norouzian, A., (2023). Investigation the effect of processed quinoa on physicochemical and sensory characteristics of compact food bars. The Master Thesis in Food Technology, Higher Education Institute of Jahad Daneshgahi Kashmar. (In Persian)
- [16] AACCC (2003b). American Association of Cereal Chemists. Approved Method 08-03, 8th ed., St. Paul, MN, USA.
- [17] Iran Institute of Standards and Industrial Research, second revision (2021). Breakfast cereals - characteristics and test methods, No. 13577.

- Science and Technology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian)
- [35] Shomalnasab, S., (2009). Development of a Prototype High-Energy, Nutrient Dense Food Product for Emergency Relief. Master's thesis, Food Science and Technology, Isfahan University of Technology. (In Persian)
- [36] Rothschild, J., Rosentrater, K. A., Onwulata, C., Singh, M., Menutti, L., Jambazian, P., Omary, M. B., (2015). Influence of quinoa roasting on sensory and physicochemical properties of allergen-free, gluten-free cakes. *Int J Food Sci Tech*, 50(8):1873-81.
- [37] Burešová, I., Tokár, M., Mareček, J., Hřivna, L., Faměra, O., & Šottníková, V., (2017). The comparison of the effect of added amaranth, buckwheat, chickpea, corn, millet and quinoa flour on rice dough rheological characteristics, textural and sensory quality of bread. *Journal of Cereal Science*, 75: 158-164.
- [38] Miñarro, B., Albanell, E., Aguilar, N., Guamis, B. and Capellas, M., (2012). Effect of legume flours on baking characteristics of gluten-free bread. *Journal of cereal science*, 56(2): 476-481.
- [39] Karimi Abdolmaleki, N., Aalami, M., Ziaifar, A. M., Kashiri, M., Fathi, F., (2018). Effect of raw and heat-treated chickpea flour on quality characteristics of rice flour-based gluten-free cake. *Journal of Food Science and Technology*, 15(80), 281-292. (In Persian)
- [40] Moazeni, M., Zarringhalami, S., Ganjloo, A., (2018). Effect of barbari dough enrichment with quinoa whole flour on farinograph characteristics and bread quality. *Journal of Food Science research*, 28(4), 103-112. (In Persian)
- [27] Jaldani, Sh., Nasehi, B., Barzegar, H., Sepahvand, N., (2017). The effects of adding quinoa flour and xanthan gum on the chemical and sensory properties of Barbari bread using Response Surface Methodology. *Journal of Food Science and Technology*, 14(70), 79-89. (In Persian)
- [28] Jaldani, Sh., Nasehi, B., Anvar, A., (2019). Formulation Optimization of Gluten-free Cake Based on Rice, Quinoa Whole Flour and Portulaca oleracea Powder Using Response Surface Methodology. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 13(4), 117-127.
- [29] Haghayegh, Gh., Ataye Salehi, S., (2017). Enrichment of Gluten free Cookie by Quinoa, Amaranth and Buckwheat Flour as Semi Cereal. *Journal of Food Science and Technology*, 14(70), 47-56. (In Persian)
- [30] Poursafar, L., (2012). Effect of Flour heat treatment on the properties of Sponge Cake Quality. Master's thesis, Food Science- Food Technology, University of Tabriz, Aras International Campus. (In Persian)
- [31] Marston, K., Khouryieh, H. and Aramouni, F., (2016). Effect of heat treatment of sorghum flour on the functional properties of gluten-free bread and cake. *Journal of Food Science and Technology*, 65: 637-644.
- [32] Elgeti, D., Nordlohne, S. D., Besl, M. and Foste, M., (2014). Volume and texture improvement of gluten-free bread using quinoa white flour. *Journal of cereal science*, 59(1): 41-47.
- [33] Sanai Fard, H., (2009). Checking the quality of energy-generating food rations with long shelf life. Master's thesis, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian)
- [34] Ziabakhsh Deilami, M., (2007). Investigating the possibility of preparing rescue food rations. Master's thesis, Food

**Investigating the nutritional, technological and sensory properties of compact food bar containing raw and processed quinoa**A. Norouzian¹, M. Mehraban Sangatash², B. Sahraian^{2*}

1- Department of Food Science and Technology, ACECR Kashmar Higher Education Institute, Kashmar, Iran.

2- Department of Food Quality and Safety, Food Science and Technology Research Institute, ACECR Khorasan Razavi Branch, Mashhad, Iran

ARTICLE INFO**ABSTRACT****Article History:**

Received: 2024/2/17

Accepted: 2024/4/9

Keywords:Flaking,
Quinoa flour,
Rice flour,
Roasting.**DOI: 10.22034/FSC.21.153.174.***Corresponding Author E-
Baharehsahraian@yahoo.com

Compact food bars have become consumers' first choice as an alternative to unhealthy snacks, meal replacements or quick energy sources before exercise. Considering the increasing need of society for such products, the aim of this research is to investigate the effect of using quinoa flour in raw and processed form (flaked and roasted) and different levels of rice flour (zero, 15 and 30%) on the physicochemical (moisture, fat, protein, ash, carbohydrates, calories, specific volume, color, water activity and texture) and sensory characteristics of compact food bars. The results showed that the processing applied on quinoa, while improving the quality of the product, led to a decrease in moisture, fat and water activity, and an increase in ash and texture hardness, and the samples containing quinoa flour showed the highest amount of protein. In addition, the flaking process decreased carbohydrate and specific volume and roasting increased them and had a significant effect on the color changes of the samples. The results of the sensory analysis of the samples also showed that the processing done on quinoa and increasing the amount of rice flour in the formulation increased the overall acceptance of the product. Finally, the sample produced with quinoa flaked flour and containing 30% of rice flour (8.10% moisture, 5.90% fat, 5.74% protein, 0.78% ash, 79.47% carbohydrates and 393.97 Kcal/100g calories) was chosen as the optimal formula.