

## مقاله پژوهشی

## تأثیر روش‌های استخراج قلیایی و فراصوت بر روی برخی از خواص ایزوله پروتئین کینوآ

مهديه صفررضوی زاده<sup>۱</sup>، محمدحسین آق خانی<sup>۲\*</sup>، محمد حسین عباسپورفرد<sup>۲</sup>، فرشته حسینی<sup>۳</sup>

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲. استاد گروه مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۳. استادیار گروه پژوهشی افزودنی‌های غذایی، جهاد دانشگاهی خراسان رضوی

(تاریخ دریافت: ۹۶/۸/۲، تاریخ آخرین بازنگری: ۹۷/۵/۱، تاریخ پذیرش: ۹۷/۸/۱۴)

## چکیده

دانه کینوآ به دلیل دارا بودن خواص عملکردی متنوع، ارزش تغذیه‌ای بالا و ویژگی فاقد گلوتن بودن نسبت به سایر دانه‌های پروتئینی در سال‌های اخیر توجه پژوهشگران زیادی را به خود جلب کرده است. پروتئین کینوآ می‌تواند به عنوان یک مکمل غذایی کاربردی و منبع غذایی ارزشمند برای نوزادان، کودکان و بزرگسالان در فرمولاسیون انواع محصولات غذایی نظیر سس، سوسیس و سوپ استفاده شود. هدف از این مطالعه مقایسه تأثیر دو روش استخراج قلیایی و فراصوت بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و عملکردی ایزوله پروتئین کینوآ بود. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی شامل درصد رطوبت، چربی، پروتئین، کربوهیدرات، خاکستر، راندمان وزنی و رنگ ( $b^*$ ,  $a^*$ ,  $L^*$ ) و خواص عملکردی شامل ظرفیت جذب آب و روغن، ظرفیت تولید کف و دوام آن و ظرفیت ایجاد امولسیون و ثبات آن مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آزمایشات نشان داد که در بین دو روش مورد بررسی، استخراج با امواج فراصوت بدون این که تأثیری بر مقدار کمی پروتئین داشته باشد، بازده استحصال بیش‌تری را به‌دست آورد، هم‌چنین ظرفیت جذب آب  $2/76 \text{ ml/g}$  و چربی  $4/63 \text{ ml/g}$  بیش‌تری نسبت به روش قلیایی نشان داد. در حالی که روش قلیایی ویژگی کف‌کنندگی، ظرفیت تولید کف  $10/08\%$  و پایداری  $38/88\%$  و خصوصیات امولسیونی، ظرفیت امولسیون  $17/57\%$  و دوام  $62/04\%$  بهتری را دارا بود. نتایج نشان داد ایزوله‌های پروتئینی تولید شده دارای ویژگی‌های عملکردی مناسب هستند و می‌توان جایگزینی برای سایر منابع پروتئینی باشند.

واژه‌های کلیدی: کف، ظرفیت ایجاد امولسیون، ویژگی‌های رنگی، بازدهی استخراج.

## ۱. مقدمه

افزایش بازدهی استخراج و سرعت استخراج است [۱۲، ۱۳]. تاکنون پژوهش‌های مختلفی در خصوص استخراج پروتئین از منابع گیاهی مختلف و بررسی ویژگی‌های کاربردی ایزوله‌های حاصل انجام شده است از جمله: مونگ گارم و همکاران، میلانی و همکاران و السومی و همکاران [۱۷-۱۴]. از آنجا که اطلاعاتی مبنی بر تاثیر تیمار فراصوت بر خواص عملکردی و شیمیایی ایزوله پروتئین کینوا موجود نیست، در این پژوهش استخراج به دو روش قلیایی و با کمک فراصوت انجام شد و تاثیر روش استخراج بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و عملکردی ایزوله پروتئینی حاصل مورد بررسی قرار گرفت. تلاش بر این بوده که با بررسی خصوصیات عملکردی ایزوله پروتئین کینوا نظیر ظرفیت جذب آب و روغن، ظرفیت کف‌کنندگی و پایداری کف، ظرفیت امولسیون‌کنندگی و پایداری امولسیون شرایط استفاده از این منبع مفید به عنوان مکمل غذایی و جایگزین منابع پروتئین حیوانی در فرمولاسیون فرآورده‌های غذایی معرفی گردد.

## ۲. مواد و روش‌ها

## ۱.۲. مواد

دانه کینوا از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر در کرج تهیه شد. کلیه حلال‌ها و مواد شیمیایی با درجه آزمایشگاهی شامل حلال هگزان برای چربی‌گیری از آرد، هیدروکسید سدیم، اسیدکلریدریک از شرکت مرک تهیه شد. استخراج ایزوله پروتئین به روش قلیایی- استخراج پروتئین از دانه کینوا بر اساس روش رویز و همکاران با اندکی تغییر به صورت ذیل انجام شد: دانه کینوا پس از تهیه به منظور حذف گرد و خاک و ترکیبات محلول در آب چندین بار با آب سرد شسته و سپس در هوای آزاد خشک شد. سپس جهت استخراج بهتر و افزایش راندمان، دانه‌ها توسط آسیاب برقی مدل PX-MFC 90 D ساخت شرکت Kinematia سوئیس کاملاً به پودر تبدیل و از الک با مش ۶۰ عبور داده شد. پودر حاصل به منظور حذف ترکیبات روغنی به مدت ۲ h با حلال هگزان، با نسبت ۱ به ۵ چربی‌گیری و از کاغذ صافی عبور داده شد. پودر چربی‌گیری شده تا هنگام استخراج پروتئین در دمای  $4^{\circ}\text{C}$  نگهداری شد. براساس این روش به پودر حاصل به نسبت ۱ به ۱۰ وزنی-حجمی آب مقطر اضافه شد و با استفاده از محلول قلیایی هیدروکسید سدیم ۲ نرمال pH معادل ۱۱ رسانیده شد. مخلوط حاصل در دمای اتاق به مدت ۱

با توجه به روند افزایش جمعیت در جهان و کمبود منابع پروتئین حیوانی، استفاده از پروتئین‌های گیاهی نقش مهمی در تغذیه انسان ایفا می‌کنند [۱]. به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه که متوسط میزان دریافت پروتئین آن‌ها کم‌تر از نیاز طبیعی بدن می‌باشد. لذا تلاشی بی‌وقفه در جهت یافتن منابع پروتئینی جدید با صرفه از لحاظ اقتصادی و برخوردار از هر دو ویژگی خواص عملکردی و ارزش تغذیه‌ای مناسب در حال انجام است [۲، ۳]. از میان پروتئین‌های گیاهی، دانه کینوا به علت درصد پروتئین و ارزش غذایی بالای آن مورد توجه می‌باشد. کینوا متعلق به خانواده *Amarantaceae* و زیر خانواده *Chenodiaceae* است، این گیاه بومی کوه‌های آند در بولیوی، شیلی و پرو می‌باشد [۴]. دانه کینوا کم حجم و بسیار خوش هضم بوده و منبع غنی از پروتئین، آهن، منیزیم، فیبر، فسفر و ویتامین B2 می‌باشد. این شبه غله حاوی ۱۲ تا ۲۳٪ پروتئین بوده و به‌طور متوسط مقدار پروتئین بیش‌تری نسبت به برنج، ذرت و جو دارد. از نظر میزان اسیدهای آمینه تعادل بهتری برای تغذیه انسان و دام داشته و تمام اسیدهای آمینه ضروری برای بدن انسان را دارا است. سازمان ملل با توجه به ویژگی‌های این گیاه و کاربرد آن برای مقابله با گرسنگی و سوء تغذیه، سال ۲۰۱۳ را به نام این گیاه نامگذاری نموده است. علاوه بر خصوصیات تغذیه‌ای، پروتئین کینوا به عنوان ماده‌ای عملگر نقش مهمی در فرمولاسیون فرآورده‌های غذایی دارد [۵-۷]. خواص عملکردی پروتئین‌ها که رفتار پروتئین در غذاها را کنترل می‌کند به خواص فیزیکی و شیمیایی دانه مربوط می‌شود. برخی خصوصیات عملکردی شامل ظرفیت جذب آب و چربی، خاصیت امولسیفایری و تولید کف می‌باشد [۶]. مطالعات متعددی بر روی روش‌های استخراج پروتئین کینوا انجام شده است، استخراج قلیایی و ترسیب در نقطه ایزوالکتریک متداول‌ترین راه برای آماده‌سازی ایزوله‌های پروتئینی در صنعت غذاست [۸]. انتخاب شرایط و تکنولوژی مناسب برای استخراج پروتئین می‌تواند در کارایی و ویژگی‌های تغذیه‌ای فرآورده نهایی موثر باشد. در سال‌های اخیر استفاده از امواج فراصوت با قدرت بالا، کاربرد گسترده‌ای در استخراج ترکیبات ارزشمند از منابع گیاهی پیدا کرده است [۹-۱۱]. تکنولوژی فراصوت با ایجاد پدیده کاویتاسیون باعث تخریب ذرات می‌شود. فواید اصلی استفاده از فراصوت در استخراج شامل

رنگ \*L بیانگر روشنی، مولفه رنگ \*a نشان‌دهنده سبزی و قرمزی و مولفه \*b نشانگر میزان آبی و زردی می‌باشد.

#### ۴.۲. ظرفیت جذب آب و روغن

اندازه‌گیری ظرفیت جذب آب و روغن ایزوله پروتئین براساس روش بوجات انجام گرفت [۲۰]. یک گرم (W) ایزوله پروتئین داخل یک لوله سانتریفیوژ ریخته و سپس ۱۰ ml (V<sub>0</sub>) روغن زیتون یا آب مقطر به ایزوله اضافه گردید و با استفاده از ورتکس، به مدت ۲ min مخلوط شد. پس از این مرحله نمونه‌ها به مدت ۳۰ min در دمای اتاق قرار گرفتند و در مرحله بعد به مدت ۲۰ min با سرعت ۳۷۵۸ rpm سانتریفیوژ شدند و فاز رویی (V<sub>1</sub>) (آب یا روغن) جدا شد. ظرفیت جذب آب و روغن به صورت حجم آب یا روغن جذب شده (میلی لیتر) توسط هر گرم ایزوله پروتئین، از طریق رابطه (۱) محاسبه گردید:

$$(1) \quad \text{ظرفیت جذب آب (روغن)} = (V_0 - V_1) / W$$

#### ۵.۲. تعیین ظرفیت کف‌کنندگی و پایداری کف

کف در واقع حباب‌های گازی می‌باشد که با لایه نازکی از مایع حاوی پروتئین احاطه شده است. بر این اساس، یک گرم ایزوله پروتئین با ۵۰ mL آب مقطر به مدت ۳ min در دمای محیط توسط هموژنایزر التراتوراکس با سرعت ۳۰۰۰ rpm مخلوط شد. حجم کف تولید شده بعد از ۳۰ min به عنوان ظرفیت کف (FC) با استفاده از رابطه (۲) محاسبه شد [۱۴]:

$$(2) \quad \text{ظرفیت کف‌کنندگی (درصد)} = (V_1 - V_0) / V_0 \times 100$$

و ثبات کف (FS) با کنترل حجم کف با گذشت زمان ۲۰ min نگهداری، تعیین شد.

$$(3) \quad \text{پایداری کف (درصد)} = (V_2 - V_1) / (V_1 - V_0) \times 100$$

#### ۶.۲. ظرفیت امولسیون‌کنندگی و پایداری امولسیون

امولسیون یک سیستم دوفازی متشکل از دو مایع مخلوط نشدنی که یکی از آن‌ها به صورت قطرات مایع در فاز دیگر پراکنده شده، است. ظرفیت و قدرت امولسیون‌کنندگی با استفاده از روش پالمپرو و همکاران همراه با کمی تغییرات ارزیابی گردید [۱۵]. برای تهیه امولسیون محلول شفاف ۱٪ از ایزوله پروتئین تهیه شد، به طوری که قسمت اعظم آن در آب حل

ساعت با استفاده از همزن مغناطیسی هم‌زده شد تا پروتئین به صورت کاملاً محلول درآمده و از ترکیبات غیر پروتئینی جدا شود. جهت رسوب ترکیبات غیر پروتئینی و افزایش راندمان استخراج پروتئین، مخلوط یک شبانه روز در یخچال ۴ °C نگه‌داری شد. پس از آن با استفاده از سانتریفیوژ مدل FUNKE GERBER ساخت کشور آلمان در ۷۵۱۶ rpm به مدت ۱۰ min، مخلوط دو فاز شده و فاز رویی که به صورت مایع شفاف بود، جدا شد. سپس با استفاده از محلول اسید کلریدریک ۲ نرمال pH آن روی ۴/۵ که pH ایزوالکتریک کینوآ است، تنظیم و محلول دوباره به مدت ۱۰ min در ۷۵۱۶ rpm سانتریفیوژ شد. این بار فاز رویی که مایعی شفاف بود دور ریخته شد و رسوب به جا مانده داخل ظروف تفلون پخش شدند. برای جداسازی رطوبت و محلول‌های باقی‌مانده موجود در توده پروتئینی و تبدیل آن به پودر از دستگاه خشک‌کن انجمادی مدل FD 10 ساخت شرکت تجهیزات سازان پیش‌تاز به مدت ۴۸ ساعت استفاده شد [۱۸].

#### ۲.۲. استخراج ایزوله پروتئین با کمک فراصوت

در این روش از امواج فراصوت در استخراج پروتئین با حلال استفاده شد. به این منظور امواج فراصوت توسط دستگاه فراصوت پروبی مدل TI-H-20 ساخت شرکت ELMA آلمان با حداکثر توان ۱۰۰ W به مدت ۲ min در دمای ۲۰ °C بر مخلوط دانه‌های آسیاب شده و حلال اعمال گردید. ادامه فرایند استخراج همانند روش استخراج با حلال پیش رفت.

#### ۳.۲. تعیین ترکیبات شیمیایی

ترکیب شیمیایی ایزوله پروتئین کینوآ با استفاده از روش‌های استاندارد AOAC سال ۱۹۹۰ اندازه‌گیری شد. برای تعیین رطوبت از آون ۱۰۵ °C، تعیین چربی از روش سوکسله، تعیین پروتئین از روش کج‌لدال تعیین و خاکستر از کوره ۵۵۰ °C استفاده گردید [۱۹]. محاسبه میزان کربوهیدرات نیز از طریق کسر درصد کلیه ترکیبات از ۱۰۰ انجام شد. کلیه آزمون‌ها با ۳ تکرار انجام گرفت.

#### ۳.۲. بررسی پارامترهای رنگ

برای تعیین پارامترهای رنگ (\*L, \*a و \*b) نمونه‌ها از رنگ-سنج دیجیتال مدل Colorflex ساخت آمریکا استفاده شد. مولفه

می‌شود که این حباب‌ها در ادامه رشد نموده و در نهایت متلاشی می‌شوند و سبب متلاشی شدن سلول‌ها و انتشار سریع ترکیبات به فاز حلال می‌شوند [۲۲].

در پژوهش انجام شده توسط آبوگوج و همکاران، که به بررسی pH قلیایی ۹ و ۱۱ بر خواص شیمیایی و عملکردی ایزوله پروتئین کینوا پرداختند، مقدار استخراج پروتئین در PH معادل ۱۱ (۰/۸۳/۵) بیش‌تر از pH برابر ۹ (۰/۷۷/۲) گزارش شد که مشابه نتایج این پژوهش بود. در تحقیق مشابه دیگری والنزولا و همکاران به بررسی تاثیر استخراج قلیایی در pH های ۸ تا ۱۲ پرداختند. نتایج نشان داد، pH بالای ۱۰ دارای ساختار و خواص عملکردی قابل توجهی است [۲۳]. در مقایسه نتایج به‌دست آمده در این پژوهش با سایر پژوهش‌های انجام شده در خصوص تعیین ترکیبات موجود در غلات، مشاهده می‌شود که میزان پروتئین موجود در دانه کینوا در مقایسه با غلات، بیش‌تر از جو (۰/۱۱)، برنج (۰/۷/۵) و ذرت (۰/۱۳/۴) است [۲۴]. لذا این گیاه می‌تواند به عنوان یک مکمل غذایی پروتئینی در صنایع غذایی مورد توجه ویژه قرار گیرد.

مطابق جدول (۱)، میزان چربی در ایزوله پروتئین قلیایی و فراصوت اختلاف معنی‌داری داشتند، به‌طوری‌که در روش قلیایی میزان چربی در ایزوله حاصل به کم‌تر از ۱٪ کاهش یافت. در استخراج به روش فراصوت مقدار چربی در مقایسه با آرد کامل کاهش معنی‌دار نشان داد اما نسبت به روش قلیایی بیش‌تر بود. علت این امر خروج بیش‌تر ترکیبات چربی از سلول‌ها در حین فرایند استخراج با تیمار فراصوت می‌باشد.

میزان خاکستر و کربوهیدرات ایزوله‌های پروتئین کم‌تر از آرد کامل بود. علت این امر حذف بخشی از پوسته و اندوسپرم به عنوان جزء سنگین آرد، در مرحله حذف حلال چربی‌گیری از آرد می‌باشد. پوسته و اندوسپرم حاوی بخش عمده‌ای از ترکیبات کربوهیدراتی هستند، هم‌چنین بخش عمده خاکستر دانه‌ها در پوسته آن‌ها وجود دارد. بر اساس مطالعات، بخش عمده کربوهیدرات کینوا نشاسته بوده که حدود ۶۹/۲-۳۲ درصد را شامل می‌شود [۵].

## ۲.۲. ویژگی‌های رنگی

شاخص \*L نشان‌دهنده درجه روشنی می‌باشد که مقادیر بین ۰ تا ۱۰۰ را می‌تواند به خود اختصاص دهد [۲۵].

شده باشد. امولسیون روغن در آب با افزودن ۱۰ ml روغن به ۹۰ ml محلول ایزوله ۱٪ با pH برابر با ۷ در حالی که نمونه توسط همزن مکانیکی در حال همزدن بود، تهیه و امولسیون اولیه بعد از ۱۰ min مخلوط شدن با استفاده از هموژنایزر التراتوراکس با سرعت ۳۰۰۰ rpm تحت دمای اتاق به مدت یک دقیقه هموژن گردید (H<sub>0</sub>).

امولسیون‌ها بلافاصله بعد از هموژن شدن در ۱۱۰۰ g برای ۵ min سانتریفیوژ شدند و ارتفاع لایه امولسیون شده بعد از سانتریفیوژ اندازه‌گیری شد (H<sub>1</sub>). ظرفیت امولسیون‌کنندگی با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید:

$$(۴) \quad \text{ظرفیت امولسیون‌کنندگی} = H_1/H_0 \times 100$$

به منظور بررسی پایداری امولسیون، نمونه‌ها دقیقاً قبل از سانتریفیوژ به مدت ۳۰ min در بن‌ماری ۸۰ °C قرار گرفت (H<sub>2</sub>).  
(۵)  $\text{پایداری امولسیون} = H_1/H_0 \times 100$

## ۷.۲. تجزیه و تحلیل داده‌ها

کلیه آزمون‌ها در سه تکرار و تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از طرح کاملاً تصادفی و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ (p < 0.05) صورت گرفت. نتایج به‌دست آمده با استفاده از نرم‌افزار spss نسخه ۱۶ آنالیز و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار اکسل ۲۰۰۷ استفاده شد.

## ۳. نتایج و بحث

### ۱.۳. تعیین ترکیبات شیمیایی

در جدول (۱) نتایج تعیین ترکیبات شیمیایی آرد و نمونه‌های ایزوله پروتئین کینوا برحسب درصد ماده خشک بیان شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود در ایزوله‌های استخراج شده حدود ۷۰٪ ترکیبات را پروتئین تشکیل می‌دهد. بین درصد پروتئین در دو روش استخراج، اختلاف معنی‌داری مشاهده شد، به‌طوری‌که در روش قلیایی درصد پروتئین بالاتر بود (۰/۷۴/۷۳). از سوی دیگر می‌توان مشاهده نمود که کاربرد فراصوت سبب افزایش معنی‌دار میزان راندمان وزنی ایزوله پروتئین در مقایسه با روش استخراج قلیایی شده است. این امر را می‌توان به نقش امواج فراصوت در ایجاد پدیده کاویتاسیون نسبت داد که در واقع در اثر انتشار امواج صوتی در فاز جامد- مایع، حباب‌هایی تشکیل

جدول (۱) نتایج تعیین ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آرد و ایزوله پروتئین کینوا.

Table 1 Chemical components analysis of flour and the quinoa protein isolate in percentage by weight

ایزوله پروتئین فراصوت ultrasound protein isolate	ایزوله پروتئین قلیایی alkaline protein isolate	آرد کامل کینوا Full flour	پارامتر/نمونه Sample/Parameter
5.75±0.353 <sup>a</sup>	6/16±0/288 <sup>a</sup>	7/16±0/288 <sup>a</sup>	رطوبت(%) Moisture (%)
69.28±1.195 <sup>c</sup>	74.73±1.442 <sup>b</sup>	12.615±0.466 <sup>a</sup>	پروتئین(%) Crude protein (%)
7.77±0.19 <sup>c</sup>	1.165±0.233 <sup>b</sup>	9.16±1.647 <sup>a</sup>	چربی(%) Crude fat (%)
2.03±0.05 <sup>a</sup>	1.66±0.577 <sup>a</sup>	2.5±0.2 <sup>a</sup>	خاکستر(%) Ash (%)
20.91±1.247 <sup>a</sup>	19.82±5.433 <sup>a</sup>	77.78±2.662 <sup>b</sup>	کربوهیدرات(%) Carbohydrates (%)
14.66 <sup>b</sup>	6.303 <sup>a</sup>	-	راندمان وزنی(%) Efficiency (%)
89.17±0.017 <sup>b</sup>	86.06±0.038 <sup>a</sup>	85.615±0.005 <sup>a</sup>	L*
-0.48±0.011 <sup>b</sup>	-0.12±0.009 <sup>a</sup>	-0.13±0.005 <sup>a</sup>	a*
13.62±0.035 <sup>a</sup>	11.23±0.020 <sup>a</sup>	14.25±0.005 <sup>a</sup>	b*

\*اعداد در ردیف‌های مشابه با حروف نشانگر متفاوت بیانگر وجود تفاوت آماری معنی‌دار می‌باشد (p < 0.05).

\*Values within the same row with the different superscript meant significant difference (p < 0.05).

ایزوله پروتئین بستگی دارد. از سوی دیگر ایزوله‌های با حلالیت بهتر جذب آب کم‌تری را نشان می‌دهد. زیرا بخش نامحلول پروتئینی کم‌تری دارند. مقدار جذب آب تعیین شده در این پژوهش مشابه مقدار جذب آب گزارش شده برای ایزوله پروتئین سویا بود [۲۶].

نتایج تجزیه و تحلیل واریانس نشان داد نوع روش به کارگرفته شده جهت استخراج ایزوله پروتئین کینوا اثر معنی‌داری بر ظرفیت جذب آب ایزوله پروتئینی نداشت. اما ایزوله تهیه شده به روش فراصوت نسبت به روش قلیایی ظرفیت جذب آب بالاتری داشت (شکل ۲). می‌توان گفت دنا تورا سیون ایجاد شده در روش فراصوت سبب به سطح آمدن بیش‌تر گروه‌های آب دوست در ساختار ایزوله پروتئین شده و به افزایش ظرفیت جذب آب آن کمک کرده است [۲۷].

#### ۴.۳. ظرفیت جذب چربی

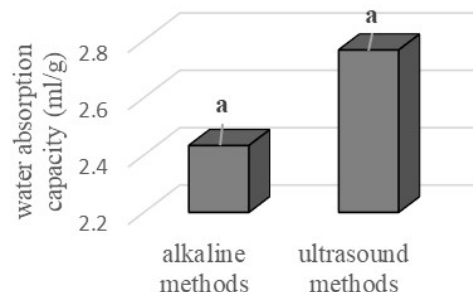
ظرفیت جذب چربی یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های عملکردی است که باعث بهبود و حفظ مزه و طعم غذا می‌شود. پژوهشگران بسیاری ظرفیت جذب چربی را حاصل تعامل بین زنجیره‌های غیرقطبی پروتئین با زنجیره‌های جانبی هیدروکربنی چربی عنوان نموده‌اند [۲۸]. همان‌طور که در شکل (۲) مشاهده می‌شود مقدار جذب چربی ایزوله

نمونه آرد نسبت به ایزوله‌های پروتئینی میزان L\* کم‌تری نشان داد. که علت آن می‌تواند ناشی از مرحله چربی‌گیری دانست که بخشی از پوسته دانه را در خود حل کرده است. ویژگی a\* از مقادیر منفی (نشان دهنده رنگ سبز) تا مقادیر مثبت (بیانگر رنگ قرمز) متغیر است. هر چه مقدار a\* کم‌تر باشد، نمونه‌ها دارای ته رنگ سبزتر می‌باشند. علت سبزتر بودن نمونه فراصوت می‌تواند ناشی از تاثیر امواج فراصوت بر استخراج بیش‌تر ذرات دانست.

ویژگی b\* نیز از مقادیر منفی (رنگ آبی) تا مقادیر مثبت (رنگ زرد) متغیر می‌باشند. همان‌طور که مشاهده می‌شود ویژگی b\* در دو نوع ایزوله تفاوت معنی‌داری نداشت اما در آرد کینوا میزان b\* به‌طور معنی‌دار بالاتر از ایزوله پروتئینی بود. این امر را می‌توان به حضور ترکیبات چربی در آرد و کاهش میزان آن‌ها در ایزوله‌ها نسبت داد [۲۶].

#### ۳.۳. ظرفیت جذب آب

میزان جذب آب ایزوله‌های پروتئینی در شکل (۱) نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود ایزوله پروتئینی تولید شده به روش فراصوت دارای جذب آب بالاتری نسبت به ایزوله استخراج شده روش قلیایی بود. جذب آب عمدتاً وابسته به میزان آب‌گریزی و آب دوستی و هم‌چنین وجود بخش نامحلول در



شکل (۱) ظرفیت جذب آب ایزوله‌های تهیه شده با دو روش استخراج قلیایی و فراصوت

Fig 1. Effects of alkaline extraction and ultrasound methods on water absorption capacity of quinoa protein isolate

(شکل ۴). افزایش میزان پروتئین سبب نفوذ سریع‌تر آن به فواصل بین هوا و آب شده و تولید کف را بهبود می‌دهد. از مقایسه نتایج به‌دست آمده برای ایزوله پروتئین کینوا با نتایج گزارش شده در خصوص آلومین تخم مرغ و سویا توسط سایر محققان، مشاهده می‌شود که ایزوله پروتئین کینوا ظرفیت تشکیل کف کم‌تری و پایداری کف مشابه با آلومین تخم مرغ دارد. اما در مقایسه با پروتئین سویا پایداری کف ایزوله پروتئین کینوا بالاتر است [۲۴].

### ۶.۳. ظرفیت امولسیون‌کنندگی و پایداری امولسیون

نتایج نشان داد به‌کارگیری روش قلیایی ایزوله‌هایی با ظرفیت امولسیون‌کنندگی و پایداری بیش‌تری نسبت به روش فراصوت تولید می‌نماید (شکل‌های ۵ و ۶) که از دلایل این امر، می‌توان به تأثیرات نامطلوب دنا‌توراسیون ناشی از اعمال تیمار فراصوت و میزان پروتئین بالاتر تولید شده در روش قلیایی اشاره نمود. حلالیت در تشکیل امولسیون نقش مهمی را ایفا می‌کند، پروتئین‌هایی که حلالیت کم‌تری دارند امولسیفایرهای خوبی نیستند و باعث لخته شدن امولسیون می‌شوند [۳۱]. در این پژوهش پایداری امولسیون ایزوله‌هایی که به روش قلیایی تهیه شده بالاتر از پایداری امولسیون ایزوله تولید شده به روش فراصوت بود، از آن‌جا که تغییرات حین فرایند می‌تواند منجر به تغییر نسبت گروه‌های آب دوست و آب گریز سطحی گردد فرایند قلیایی اثری مثبت بر پایداری امولسیون داشته است، پایداری امولسیون بیش‌تر تابع نسبت گروه‌های آب گریز و آب دوست است، این پایداری توسط روش قلیایی بهبود بخشیده است [۲۷].

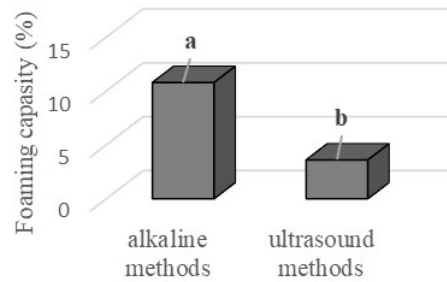
تولید شده به روش فراصوت ۴/۶۳ ml به ازای هر گرم ایزوله بود که نسبت به جذب به‌دست آمده به روش قلیایی بیش‌تر بود و می‌توان آن را ناشی از تغییرات حاصل از دنا‌توراسیون ساختار پروتئین در روش فراصوت دانست.

در تحقیقات دیگر نیز پتانسیل خوب ایزوله پروتئین کینوا در جذب آب و روغن برای کاربردهای غذایی مانند نان مورد تأکید قرار گرفته است [۶].

### ۵.۳. ظرفیت تولید کف و پایداری کف

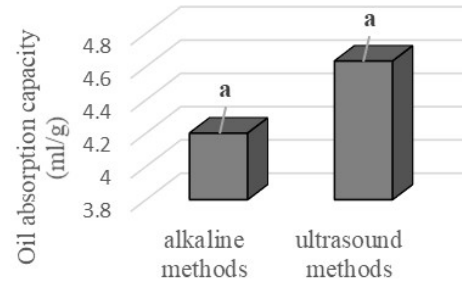
ظرفیت و پایداری کف یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های عملکردی است که در ایجاد خصوصیات رئولوژیکی مطلوب در مواد غذایی نظیر بافت نان نقش اساسی دارد. کف در مواد غذایی شامل پراکندگی حباب‌های گاز داخل یک فاز مایع و یک فاز نیمه جامد پیوسته است [۲۹]. نتایج تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که در ایزوله تهیه شده به روش قلیایی نسبت به روش فراصوت ظرفیت ایجاد کف به‌طور معنی‌دار بالاتر است (شکل ۳). از آن‌جایی که ظرفیت کف‌کنندگی وابسته به غلظت پروتئین است، با افزایش غلظت پروتئین، ظرفیت تشکیل کف افزایش می‌یابد [۶]. بنابراین می‌توان گفت ایزوله پروتئین قلیایی به دلیل میزان پروتئین بالاتر (جدول ۱) دارای خاصیت کف‌کنندگی بیش‌تری است. پروتئین‌ها برای ایجاد کف بایستی در فاز مایع محلول بوده تا در سطح مشترک آب و گاز تجمع یابند [۳۰].

پایداری کف بعد از گذشت زمان ۲۰ min برای روش قلیایی و فراصوت به‌ترتیب برابر ۳۸/۸۸ و ۳۳/۳۳٪ به‌دست آمد. ایزوله تولید شده به روش قلیایی دارای پایداری کف بیش‌تری بود



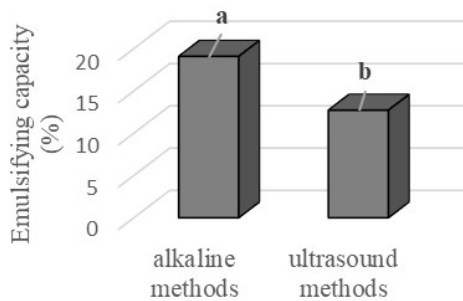
شکل (۳) ظرفیت تولید کف ایزوله‌های تولید شده به روش قلیایی و فراصوت

Fig. 3 Effects of alkaline extraction and ultrasound methods on foaming capacity of quinoa protein isolate



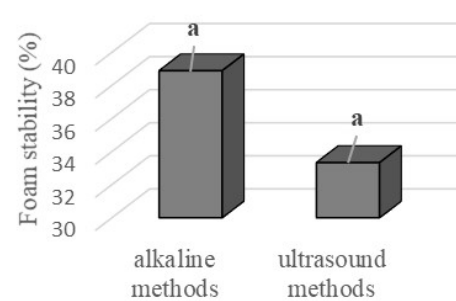
شکل (۲) ظرفیت جذب چربی ایزوله‌های پروتئینی تولید شده با دو روش استخراج قلیایی و فراصوت

Fig. 2 Effects of alkaline extraction and ultrasound methods on fat absorption capacity of quinoa protein isolate



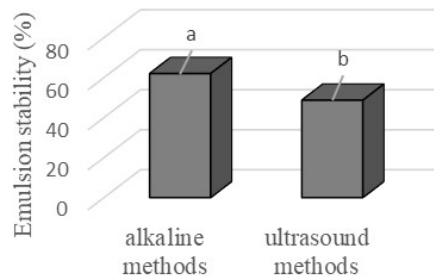
شکل (۵) ظرفیت امولسیون‌کنندگی ایزوله پروتئین کینوا به‌دست آمده با دو روش قلیایی و فراصوت

Fig. 5 Effects of alkaline extraction and ultrasound methods on emulsifying capacity of quinoa protein isolate



شکل (۴) پایداری کف ایزوله‌های تولید شده به روش قلیایی و فراصوت

Fig. 4 Effects of alkaline extraction and ultrasound methods on foaming stability of quinoa protein isolate



شکل (۶) پایداری و ثبات امولسیون ایزوله پروتئین کینوا در برابر حرارت

Fig. 6 Effects of alkaline extraction and ultrasound methods on emulsifying stability of quinoa protein isolate

امولسیون‌های بهتری از خود نشان دادند. به‌طور کلی با توجه به نتایج به‌دست آمده در این پژوهش و مقایسه آن با ایزوله‌های پروتئین از سایر منابع مانند سویا و کنجد، مشخص شد که هر دو ایزوله خواص عملکردی مناسب و مطلوبی جهت استفاده در فرآورده‌های غذایی (نوشیدنی‌ها و چاشنی‌ها) برای جایگزینی با دیگر منابع پروتئینی را دارا هستند.

#### ۴. نتیجه‌گیری

کاربرد فراصوت در استخراج ایزوله پروتئین، میزان بازده وزنی ایزوله را افزایش داد. در روش فراصوت ظرفیت جذب چربی ایزوله به علت خروج بیشتر چربی و تغییرات ناشی از دناتوراسیون نسبت به روش قلیایی، بالاتر بود در حالی که در روش قلیایی ایزوله‌ها نسبت به روش فراصوت ویژگی کف‌کنندگی و

## تشکر و قدردانی

بدین وسیله از حمایت و همکاری‌های بی‌دریغ موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر در کرج در اجرای این پژوهش سپاسگزاری می‌گردد.

## منابع

- استخراج روغن از هسته انار. فصلنامه علوم و صنایع غذایی، جلد ۸، شماره ۳۱، ص ۱۱۵-۱۲۲.
- [12] Ji, J.B., Lu, X.H., Cai, M.Q., Xu, Z.C. (2006). Improvement of leaching process of Geniposide with ultrasound. *Ultrason. Sonochem.*, 13, 455-462.
- [13] Stanisavljević, I.T., Lazić, M.L., Veljković, V.B. (2007). Ultrasonic extraction of oil from tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) seeds. *Ultrason. Sonochem.*, 14, 646-652.
- [14] Lin, M.J.Y., Humbert, E.S., Sosulski, F.W. (1974). Certain functional properties of sunflower meal products. *J. Food Sci.*, 39, 368-370.
- [15] Papalamprou, E.M., Doxastakis, G.I., Kiosseoglou, V. (2010). Chickpea protein isolates obtained by wet extraction as emulsifying agents. *J. Sci. Food Agri.*, 90, 304-313.
- [۱۶] بخشی مقدم، ف؛ میلانی، ا؛ مرتضوی، ع؛ مشکانی، م. (۱۳۹۲) تاثیر روش‌های استخراج بر ویژگی‌های عملکردی ایزوله پروتئین نخود. فصلنامه علوم و صنایع غذایی، جلد ۱۰، شماره ۳۸، ص ۲۰-۱۱.
- [17] Moongngarm, A., Sasanam, S., Pinsiri, W., Inthasoi, P., Janto, S., Pengchai, J. (2014). Functional properties of protein concentrate from black cowpea and its application. *Am. J. Appl. Sci.*, 11, 1811.
- [18] Ruiz, G.A., Xiao, W., van Boekel, M., Minor, M., Stieger, M. (2016). Effect of extraction pH on heat-induced aggregation, gelation and microstructure of protein isolate from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Food Chem.*, 209: 203-210.
- [19] AOAC (Association of official analytical chemists). (1990). Official method of analysis. Assoc Anal Chem.
- [20] Beuchat, L.R. (1977). Functional and electrophoretic characteristics of succinylated peanut flour protein. *J. Agric. Food Chem.*, 25, 258-261.
- [21] Rostagno, M.A., Palma, M., Barroso, C.G. (2003). Ultrasound-assisted extraction of soy isoflavones. *J. Chromatogr.*, 1012, 119-128.
- [22] Valenzuela, C., Abugoch, L., Tapia, C., Gamboa, A. (2013). Effect of alkaline extraction on the structure of [1] Kanu, P.J., Kerui, Z., Ming, Z.H., Haifeng, Q., Kanu, J.B., Kexue, Z. (2007). Sesame protein 11: Functional properties of sesame (*Sesamum indicum* L.) protein isolate as influenced by pH, temperature, time and ratio of flour to water during its production. *Asian J. Biochem.*, 2, 289-301.
- [2] Arogundade, L.A., Tshay, M., Shumey, D., Manazie, S. (2006). Effect of ionic strength and/or pH on extractability and physico-functional characterization of broad bean (*Vicia faba* L.) protein concentrate. *Food Hydrocoll.*, 20, 1124-1134.
- [3] Han, X.Z., Hamaker, B.R. (2002). Partial Leaching of Granule-Associated Proteins from Rice Starch during Alkaline Extraction and Subsequent Gelatinization. *Starch-Stärke.*, 54, 454-460.
- [۴] سپهوند، ن؛ سرهنگی، م. (۱۳۹۱) کینوا گیاهی ارزشمند برای امنیت غذایی و کشاورزی پایدار در ایران. ویژه نامه دوازدهمین کنگره ژنتیک ایران، ص ۵-۱.
- [5] James, L.E.A. (2009). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): composition, chemistry, nutritional, and functional properties. *Elsevier Inc.*, 58, 1-31.
- [6] Elsohaimy, S.A., Refaay, T.M., Zaytoun, M.A.M. (2015). Physicochemical and functional properties of quinoa protein isolate. *Ann Agric. Sci.*, 60, 297-305.
- [7] Nowak, V., Du, J., Charrondièrè, U.R. (2016). Assessment of the nutritional composition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Chem.*, 193, 47-54.
- [8] Vilku, K., Mawson, R., Simons, L., Bates, D. (2008). Applications and opportunities for ultrasound assisted extraction in the food industry: A review. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, 9, 161-169.
- [9] Mason, T.J., Paniwnyk, L., Lorimer, J.P. (1996). The uses of ultrasound in food technology. *Ultrason. Sonochem.*, 3, 253-260.
- [10] Carciochi, R.A., Manrique, G.D., Dimitrov, K. (2015). Optimization of antioxidant phenolic compounds extraction from quinoa (*Chenopodium quinoa*) seeds. *J. Food Sci. Technol.*, 52, 4396-4404.
- [۱۱] بصیری، ش؛ شهیدی، ف؛ کدخدایی، ر؛ فرهوش، ر. (۱۳۹۰) بررسی تاثیر امواج فراصوت و روش‌های پیش فراوری بر



the protein of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) and its influence on film formation. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 48, 843-849.

[23] Abugoch, L. E., Romero, N., Tapia, C.A., Silva, J., Rivera, M. (2008). Study of some physicochemical and functional properties of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) protein isolates. *J. Agric. Food Chem.*, 56, 4745-4750.

[24] Wrolstad, R.E., Smith, D.E. (2010). Color analysis. *Food Anal.* 4th ed., *Springer Sci.* New York, 573-587.

[25] Jovanovich, G., Poppa, M.C., Giner, S.A., Añón, M.C. (2003). Water uptake by dehydrated soy protein isolates: Comparison of equilibrium vapour sorption and water imbibing methods. *J. Food Eng.*, 56, 331-338.

[26] Lawal, O.S. (2004). Functionality of African locust bean (*Parkia biglobossa*) protein isolate: effects of pH, ionic strength and various protein concentrations. *Food Chem.*, 86, 345-355.

[27] Kinsella, J.E. (1979). Functional properties of Soy Protein. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 56, 242-249.

[28] Oladele, A.K., Aina, J.O. (2007). Chemical composition and functional properties of flour produced from two varieties of tigernut (*Cyperus esculentus*). *African J. Biotechnol.*, 6, 2473-2476.

[29] Kaur, M., Singh, N. (2007). Characterization of protein isolates from different Indian chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. *Food Chem.*, 102, 366-372.

[30] Moure, A., Sineiro, J., Domínguez, H., Parajó, J.C. (2006). Functionality of oilseed protein products: a review. *Food Res. Int.*, 39, 945-963.

*Research Article***The effects of alkaline extraction and ultrasound methods on some of the properties of quinoa protein isolate**

**Mahdiah Safar Razavi Zade<sup>1</sup>, Mohammad Hossein Aghkhani<sup>2\*</sup>, Mohammad Hossein Abbaspour Fard<sup>2</sup>, Fereshte Hosseini<sup>3</sup>**

1. Department of Mechanical Engineering Biosystem, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad (FUM), Mashhad, Iran.
2. Professor, Department of Mechanical Engineering Biosystem, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad (FUM), Mashhad, Iran.
3. Assistant professor, Department of Food Additives, Iranian Academic Center for Education, Culture and Research (ACECR), Mashhad, Iran.

**Abstract**

In recent years much attention has been paid by researchers to quinoa due to diverse functional properties, high nutritional value and gluten-free feature rather than other protein grains. The quinoa protein can be used as a nutritional supplement and a valuable food source for babies, children and adults in formulation of sauces, sausages, soups, etc. The aim of this study has been comparing the effects of both alkaline extraction and ultrasound methods on the physicochemical and functional properties of quinoa protein isolate. Physicochemical properties includes Moisture content, fat, protein, carbohydrate, ash, weighted efficiency and color ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ), and functional properties including water and oil absorption capacity, foam production capacity and its stability, emulsifying capacity and its stability were examined. The results of the experiments showed that ultrasound assisted extraction without any effect on protein amount created higher extraction efficiency- It also showed the higher water absorption capacity 2.76 ml/g and fat absorption capacity 4.63 ml/g than the alkaline method. The alkaline method had better functions in foam ability foam production capacity 10.08% and its stability 38.88% and emulsification properties emulsifying capacity 17.57% and its stability 62.04%. The results have been showed that produced protein isolates have good functional properties and can be a substitute for other protein sources in different food formulations.

**Keywords:** Foam, Emulsifying capacity, Color properties, Extraction efficiency.

---

\* Corresponding author: aghkhani@um.ac.ir