



## بررسی تاثیر پيش تیمار آب نمک و دمای خشک کردن بر خصوصیات عملکردی ایزوله

### پروتئین استخراجی از کنجاله کنجد

مریم رضایی<sup>۱</sup>، لیلا نوری<sup>۱\*</sup>، محمد دانشی<sup>۲،۳</sup>، عبدالرضا محمدی نافچی<sup>۴</sup>، فریبرز ناهیدی<sup>۱</sup>

۱- گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد دامغان، دانشگاه آزاد اسلامی، دامغان، ایران.

۲- گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده فنی و مهندسی، واحد یزد، دانشگاه آزاد اسلامی، یزد، ایران.

۳- مرکز تحقیقات غذا و شیرینی، واحد یزد، دانشگاه آزاد اسلامی، یزد، ایران.

۴- گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده تکنولوژیهای صنعتی، دانشگاه علوم مالزی (USM)، پی نانگ، مالزی.

#### چکیده

#### اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۰۲

با افزایش تقاضا برای منابع پروتئینی جدید، تحقیقات در جهت استخراج و توسعه ایزوله‌های پروتئینی با خصوصیات عملکردی مطلوب ضروری است. پروتئین کنجد به دلیل دارا بودن مقادیر بالای آمینواسید می‌تواند به عنوان یک منبع پروتئینی گیاهی جدید مورد استفاده قرار بگیرد. در این مطالعه تاثیر غلظت نمک سدیم کلرید (۰، ۱۸ و ۲۲٪ وزنی/حجمی) و دمای خشک کردن (۲۵، ۴۵ و ۱۸۰ درجه سانتیگراد) به عنوان دو پارامتر مهم تاثیرگذار بر خصوصیات عملکردی ایزوله پروتئین استخراج شده از کنجد مورد بررسی قرار گرفت. آزمون‌های اندازه گیری حلالیت پروتئین در pHهای ۴، ۵، ۷، ۹ و ۱۱، پایداری کف و پایداری امولسیون در pH برابر ۱۱ و ظرفیت نگهداری آب و روغن انجام شد. کمترین حلالیت پروتئین در pH برابر ۵ مشاهده شد و با افزایش pH، حلالیت پروتئین افزایش یافت. با افزایش دما از ۴۵ تا ۱۸۰ درجه سانتیگراد در غلظت نمک ثابت، حلالیت پروتئین و پایداری کف و امولسیون افزایش و ظرفیت نگهداری آب و روغن کاهش یافت. با افزایش غلظت نمک از ۱۸ تا ۲۲ درصد در دمای ثابت، حلالیت پروتئین افزایش و ظرفیت نگهداری آب و روغن کاهش پیدا نمود. پایداری کف و امولسیون در غلظت آب نمک ۱۸٪ کمترین بود. بطور کلی بر اساس نتایج حاصل، دمای خشک کردن ۴۵ درجه سلسیوس و آب نمک ۱۸ درصد برای تهیه ایزوله پروتئینی با حداکثر ظرفیت نگهداری آب و روغن و دمای خشک کردن ۱۸۰ درجه و آب نمک ۲۲ درصد برای تولید ایزوله پروتئینی کنجد با بیشترین مقدار حلالیت، پایداری امولسیون و کف پیشنهاد می‌گردد.

#### کلمات کلیدی:

ایزوله پروتئین کنجد،

پایداری امولسیون،

پایداری کف،

حلالیت پروتئین،

ظرفیت نگهداری آب و روغن.

DOI: 10.22034/FSCT.19.127.359

DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.127.30.3

\* مسئول مکاتبات:

mo.daneshi@iau.ac.ir

nouri.le.ir@gmail.com

## ۱- مقدمه

## ۲- مواد و روش‌ها

## ۲-۱- مواد

دانه کنجد (*Sesamum indicum* L.) واریته پیکتا از بازار محلی شهر یزد تهیه شد. مواد شیمیایی مورد استفاده با درجه خلوص ۹۹٪ از شرکت مرک آلمان تهیه شدند.

## ۲-۲- روش‌ها

## ۲-۲-۱- تهیه کنجاله کنجد

دانه‌های کنجد بصورت دستی تمیز و مواد خارجی آن‌ها جدا شدند. در مرحله بعد بوسیله دستگاه پوست کن (*Himora, Japan*) پوست دانه‌های کنجد جدا شد. سپس جهت جدا سازی پوسته از مغز دانه‌های کنجد، به مدت ۱۰ دقیقه در محلول آب نمک در سه غلظت ۰، ۱۸ و ۲۲ درصد وزنی/حجمی غوطه ور شدند. سپس دو مرتبه با آب مقطر شستشو شده و نمونه‌ها در دماهای ۲۵، ۴۵ و ۱۸۰ درجه سانتی گراد به ترتیب به مدت یک شبانه روز، ۴۸ ساعت و ۵ دقیقه در آن (*VO200, Memmert, Germany*) خشک شدند. دانه‌های کنجد حرارت دیده وارد آسیاب (*B.G 300P, Pars-Khazar, Iran*) شدند و آرد کامل از نمونه‌ها تهیه شد. روغن کشی به وسیله هگزان در نسبت دانه به حلال برابر ۱ به ۱۰ وزنی/حجمی در حالیکه دانه و حلال در دمای اتاق در حال هم زدن بودند و به مدت ۲ ساعت انجام گرفت. کنجاله‌های بدست آمده جهت کاهش چربی مجدداً دو مرتبه روغن گیری شدند و یک شبانه روز در دمای اتاق خشک گردیدند. برای استخراج ایزوله پروتئین، کنجاله کنجد روغن گیری شده ابتدا خرد و از الک با مش ۸۰ عبور داده شد.

## ۲-۲-۲- تولید ایزوله پروتئین از کنجاله کنجد

ایزوله پروتئینی کنجد با روش قلیایی و مطابق با روش شرح داده شده توسط شارما و همکاران (۲۰۱۶) تهیه شد. کنجاله کنجد روغن گیری شده با نسبت ۱ به ۱۰ وزنی/حجمی با آب مخلوط و pH آن به وسیله NaOH یک مولار روی ۱۱ تنظیم و سپس به مدت ۱ ساعت در دمای ۳۵ درجه سانتیگراد توسط همزن مغناطیسی به هم زده شد. مخلوط تهیه شده به مدت ۲۰ دقیقه در ۴۵۰۰ rpm سانتریفیوژ (*z200A, Hermle, Germany*) گردید. بعد از سانتریفیوژ کردن سوپرناتانت جمع آوری و توسط HCl یک مولار، pH آن روی ۴/۵ تنظیم و سوسپانسیون به مدت

در سال‌های اخیر استفاده از پروتئین‌های گیاهی به عنوان جایگزین برای پروتئین‌های حیوانی افزایش یافته است که به دلیل سالم بودن، مسائل اخلاقی و مزیت‌های مذهبی است [۱]. پروتئین‌های گیاهی نقش به‌سزایی در رژیم غذایی انسان دارند. به ویژه در کشورهای در حال توسعه که میانگین مصرف پروتئین کمتر از حد مجاز مصرف پروتئین توصیه شده است. به دلیل منابع ناکافی پروتئین‌های حیوانی با مزایای تغذیه‌ای و عملکردی برابر در سیستم‌های غذایی، علاقه زیادی به تهیه منابع جدید پروتئین-های گیاهی وجود دارد [۲]. از سوی دیگر هزینه تولید پروتئین-های گیاهی پائین است و همچنین این پروتئین‌ها توسط گیاه‌خواران پذیرفته شده هستند [۳].

کنجد (*Sesamum indicum* L) که با نام‌های دیگر *sesamum* یا *benniseed* شناخته می‌شود، عضوی از خانواده *Pedaliaceae* یکی از قدیمی‌ترین دانه‌های روغنی شناخته شده برای بشر است. کنجد عمدتاً به دلیل اینکه یک دانه غنی از روغن است کشت می‌شود. این دانه سرشار از پروتئین است و پروتئین آن دارای مشخصات اسید آمینه با ارزش غذایی مناسب است [۴]. محصول فرعی حاصل از استخراج روغن کنجد، کنجاله نامیده می‌شود و حاوی حدود ۵۰٪ پروتئین است. مقادیر بالای اسیدهای آمینه متیونین و تریپتوفان در کنجد، این دانه را از سایر دانه‌های روغنی متمایز ساخته است. اسیدهای آمینه ضروری در رژیم تغذیه‌ای انسان و کاربردهای غذایی نقش مهمی دارند [۱، ۵].

ایزوله و کنسانتره پروتئینی کنجد عموماً با استفاده از روش ترسیب ایزوالکتریک تهیه می‌شود و به عنوان مکمل تغذیه‌ای در آبمیوه‌ها، فرآورده‌های پخت و محصولات از این دست مورد استفاده قرار می‌گیرد. رفتار پروتئین‌های غذایی طی فرآیند، نگهداری، آماده سازی و ساخت تحت تاثیر خصوصیات فیزیکیوشیمیایی و ذاتی پروتئین است [۶]. از آنجائیکه خصوصیات فیزیکیوشیمیایی مخصوص هر پروتئین به شرایط استخراج پروتئین نظیر دما، زمان، pH و تعادل یونی بستگی دارد، این پژوهش با هدف بررسی تاثیر برخی متغیرهای فراوری شامل غلظت نمک و دمای خشک کردن بر خصوصیات ایزوله پروتئین کنجد انجام شد.

در این رابطه A حجم پروتئین قبل از هوادهی بر حسب میلی لیتر و C حجم پروتئین پس از گذشت زمان یک ساعت است.

### ۲-۲-۵- پایداری امولسیون

پایداری امولسیون بر اساس روش السوهایمی و همکاران (۲۰۱۵) تعیین گردید [۱۰]. ۴۵ میلی لیتر از محلول ۰/۲ درصد وزنی/حجمی ایزوله پروتئین کنجد در pH برابر ۱۱ به ۱۵ میلی لیتر روغن سویا افزوده شد و با بالاترین سرعت (۲۰۰۰ rpm) هموژنایزر به مدت ۱ دقیقه مخلوط گردید. در ادامه ۵۰ میکرولیتر از امولسیون برداشته و با ۵ میلی لیتر SDS ۰/۱ درصد وزنی/حجمی مخلوط کرده و جذب آن در زمان های صفر و ده دقیقه در طول موج ۵۰۰ نانومتر خوانده شد. پایداری امولسیون (ESI)<sup>۱</sup> از طریق رابطه ۳ محاسبه گردید:

$$ESI (min) = \frac{(A_0 \times 10)}{(A_0 - A_{10})} \quad (3)$$

در این رابطه  $A_0$  = جذب در دقیقه ۰ و  $A_{10}$  = جذب در دقیقه ۱۰ می باشد.

### ۲-۲-۶- ظرفیت نگهداری آب و روغن

یک گرم نمونه ایزوله پروتئین کنجد در ۱۰ میلی لیتر آب مقطر برای اندازه گیری ظرفیت نگهداری آب و همچنین در روغن سویا برای اندازه گیری ظرفیت نگهداری روغن ریخته شد و به مدت ۱ دقیقه مخلوط شد. سپس به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق نگهداری شد در ادامه به مدت ۲۵ دقیقه در ۷۰۰۰ سانتریفیوژ گردید. مایع رویی دور ریخته شد. مقدار آب یا روغن در هر گرم نمونه به عنوان ظرفیت نگهداری آب یا روغن در نظر گرفته شد [۱۰].

### ۲-۳- تجزیه و تحلیل آماری داده ها

کلیه آزمایشات با استفاده از طرح کاملاً تصادفی در قالب آزمایش فاکتوریل و در سه تکرار انجام شد. مقایسه میانگین آزمون ها، بر اساس آنالیز واریانس یک طرفه<sup>۲</sup> در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت و برای تعیین تفاوت میانگین ها از آزمون دانکن<sup>۳</sup> استفاده شد. نتایج حاصل با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و نمودارها توسط نرم افزار اکسل ۲۰۱۳ ترسیم شدند.

۲۰ دقیقه در ۴۵۰۰ rpm سانتریفیوژ شد. در ادامه سوپرناتانت دور ریخته شد و رسوبات جمع آوری شده با استفاده از NaOH یک مولار به pH برابر ۷ رسید. سپس با آب مقطر به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۴ درجه سانتیگراد دیالیز گردید و با استفاده از آون تحت خلاء (VO200, Memmert, Germany) خشک شد. پس از عبور از الک مش ۸۰، مقدار پروتئین نمونه ها با روش کلدال اندازه گیری شد [۷].

### ۲-۲-۳- حلالیت پروتئین

حلالیت پروتئین در pH های (۴، ۵، ۷، ۹، ۱۱) با استفاده از روش برادفورد (۱۹۷۶) اندازه گیری شد. محلول های ۱ درصد وزنی/حجمی با پراکنده نمودن پودر پروتئین در آب تهیه شدند و بوسیله HCl و NaOH ۱ مولار pH آنها در محدوده ۴ تا ۱۱ تنظیم گردید. سپس به مدت ۲ ساعت در دمای اتاق همزن مغناطیسی به هم زده شدند و در ادامه به مدت ۳۰ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ g سانتریفیوژ شدند. محتوای پروتئین سوپرناتانت تعیین گردید. استاندارد سرم آلبومین گاوی در غلظت ۰ تا ۱۰۰۰ میکروگرم/ میلی لیتر به عنوان پروتئین استاندارد در نظر گرفته شد. بعد از حل کردن در نمونه ها با استفاده از سدیم کلرید ۰/۵ نرمال، محتوای پروتئین کل نمونه ها محاسبه گردید. مقدار حلالیت پروتئین با استفاده از رابطه ۱ محاسبه گردید [۸].

$$PS (\%) = 100 \times PS/PT \quad (1)$$

در این رابطه PS محتوای پروتئین موجود در سوپرناتانت بعد از سانتریفیوژ و فیلتراسیون و PT محتوای پروتئین کل موجود در نمونه است.

### ۲-۲-۴- پایداری کف

پایداری کف مطابق با روش فتح الهی و همکاران (۲۰۲۱) تعیین گردید [۹]. محلول ایزوله پروتئینی (۲/۵ گرم بر لیتر) در ۱۰ میلی لیتر آب مقطر با pH برابر ۱۱ حل گردید و با استفاده از هموژنایزر (T-25, IKA, India) به مدت ۱۰ دقیقه در بالاترین سرعت (۲۰۰۰ rpm) بهم زده شد. ایزوله پروتئینی هوادهی شده به داخل یک استوانه مدرج ۵۰ میلی لیتری ریخته شد. حجم کل آن اندازه گیری شد. به نمونه ها اجازه داده شد تا به مدت ۶۰ دقیقه در دمای اتاق ساکن باقی بمانند و سپس حجم آن ها قرائت شد. پایداری کف با استفاده از رابطه ۲ محاسبه گردید:

$$FS (\%) = [(C-A)/A] \times 100 \quad (2)$$

1. Emulsion Stability Index  
2. One-way ANOVA  
3. Duncan

## ۳- نتایج و بحث

کنجاله کنجد پرداخته می‌شود.

## ۳-۱- حلالیت پروتئین

نتایج تجزیه واریانس داده های مربوط به تاثیر غلظت آب نمک و دمای خشک کردن بر میزان حلالیت ایزوله پروتئین کنجد که در pHهای ۴ تا ۱۱ اندازه گیری شده است، در جدول ۱ نشان داده شده است.

خصوصیات عملکردی بر رفتار پروتئین‌ها در سیستم های غذایی طی فرآیند، نگهداری، آماده‌سازی و مصرف تاثیر می‌گذارند. مهمترین خصوصیات قابل توجه پروتئین‌ها برای کاربردهای غذایی شامل حلالیت، ظرفیت نگهداری آب و روغن، خصوصیات کف‌کنندگی و تولید امولسیون است. در این بخش به بررسی خصوصیات عملکردی ایزوله پروتئینی استخراج شده از

**Table 1** Analysis of variance of the effect of salt concentration and drying temperature on protein isolate solubility

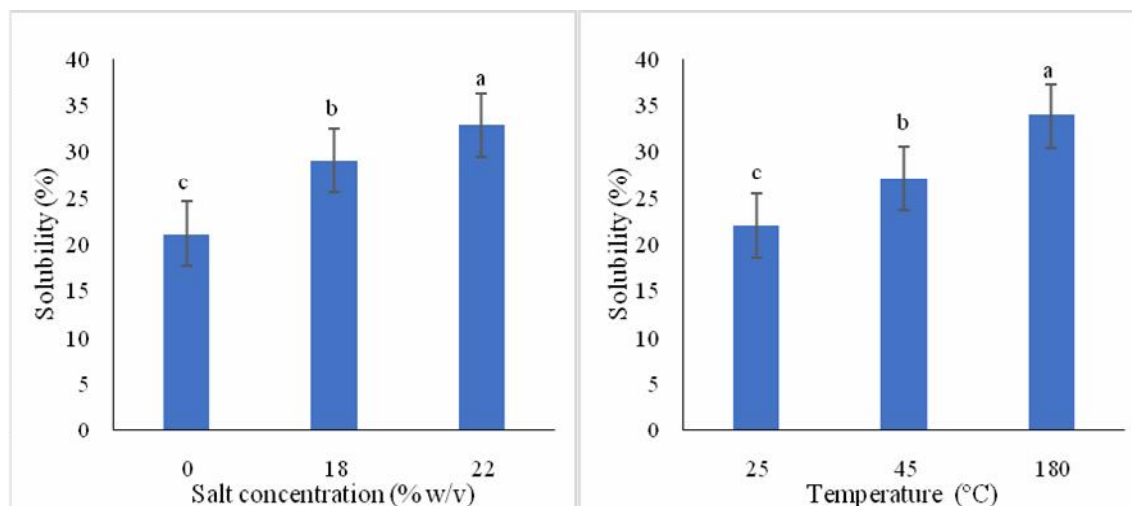
| Source             | Sum of Squares | df  | Mean Square | F       | Sig.  |
|--------------------|----------------|-----|-------------|---------|-------|
| Corrected Model    |                | 8   | 9.004       | 5.489   | 0.000 |
| Intercept          | 1032.036       | 1   | 1032.036    | 629.089 | 0.000 |
| Salt * temperature | 7.312          | 4   | 1.828       | 1.114   | 0.353 |
| salt               | 32.610         | 2   | 16.305      | 9.939   | 0.000 |
| Temperature        | 32.112         | 2   | 16.056      | 9.787   | 0.000 |
| Error              | 206.706        | 126 | 1.641       |         |       |
| Total              | 1310.777       | 135 |             |         |       |
| Corrected Total    | 278.741        | 134 |             |         |       |

نیز مطابقت دارد [۱۴]. نتایج مشابه در مورد حلالیت پروتئین‌های بادام زمینی [۱۵]، بادام هندی [۱۶، ۱۷]، نخود درختی [۱۸]، کیک نارگیل [۱۹]، دانه چیا استرالیایی [۲۰]، دانه کدو حلوائی [۲۱] و نخود سیاه هندی [۲۲] مشاهده شد. حلالیت نسبتاً کم پروتئین در نزدیکی مقادیر pH ایزوالکتریک را می‌توان به این واقعیت نسبت داد که در این pH دارای بارخالص کمتری هستند، به طوریکه دافعه الکترواستاتیک کمی بین آنها وجود دارد. علاوه بر این، حتی ممکن است بین بخش‌های با بار مثبت روی یک مولکول پروتئین و بخش‌های با بار منفی روی دیگری، یک جاذبه الکترواستاتیکی وجود داشته باشد. در مقادیر pH بالاتر یا پایین‌تر از pH ایزوالکتریک، پروتئین دارای بارمنفی یا مثبت خالص است و بنابراین یک دافعه الکترواستاتیک قوی و نیروهای هیدراتاسیون یونی بین مولکول‌های پروتئین وجود دارد که از تجمع آنها جلوگیری می‌کند و منجر به حلالیت بیشتر پروتئین می‌شود. این تفاوت در حلالیت می‌تواند به دلیل تفاوت در نوع پروتئین‌های موجود، ویژگی‌های ذاتی حلالیت این پروتئین‌ها، حالت‌های دناتوره شدن پروتئین‌ها و وجود هرگونه ناخالصی که می‌تواند بر حلالیت تأثیر بگذارد (مانند مواد معدنی یا لیپیدهای قطبی) باشد [۱۱، ۱۳]. با افزایش دما و غلظت نمک، حلالیت پروتئین افزایش

همانطور که مشاهده می‌شود اثر جداگانه غلظت و دما بر حلالیت پروتئین از نظر آماری معنی دار ( $p < 0.05$ ) است. در حالیکه تاثیر متقابل غلظت و دما بر میزان حلالیت پروتئین معنی دار نیست ( $p > 0.05$ ). در شکل ۱ مشاهده می‌شود که با افزایش pH از ۵ تا ۱۱ میزان حلالیت پروتئین افزایش یافت و در pH برابر ۵ کمترین حلالیت پروتئین مشاهده شد که این pH به نقطه ایزوالکتریک پروتئین کنجد بسیار نزدیک است. ردثمران و سوسورویت (۲۰۱۸) نیز حلالیت پروتئین‌های سوپرناتانت و رسوب پودر پروتئین نارگیل را در نقطه ایزوالکتریک کاهشی اعلام نمودند [۱۱]. شان و همکاران (۲۰۰۷) حلالیت ایزوله های پروتئینی سویا و نخود فرنگی را در pHهای مختلف اندازه گیری نمودند. نتایج آن‌ها نشان داد که در pH برابر ۴/۵ مقدار حلالیت کاهش یافتولی با افزایش pH تا ۱۰ میزان حلالیت افزایش نشان داد که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد [۱۲]. اونسارد و همکاران (۲۰۱۰) خصوصیات عملکردی کنسانتره پروتئینی کنجاله کنجد را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد با افزایش pH از ۶ تا ۱۱، میزان حلالیت پروتئین افزایش می‌یابد و دلیل کاهش حلالیت در pHهای ۴ تا ۵ مرتبط با pH ایزوالکتریک پروتئین می‌باشد [۱۳]. این نتایج با نتایج لوپز و همکاران (۲۰۰۳)

یافت. اطلاع از حلالیت پروتئین‌ها در فرمولاسیون نوشیدنی یا محصول غذایی که قرار است پروتئین در آن استفاده شود کمک

شایانی می‌نماید.



**Fig 1** The effect of salt concentration (a) and drying temperature (b) on protein isolate solubility. Values are presented as mean.

سطحی مولکول‌های پروتئینی انعطاف پذیر مرتبط باشد. از طرف دیگر، پایداری کف پایین می‌تواند مربوط به پروتئین‌های کروی بسیار باشد که در برابر دنا توره شدن سطح مقاومت می‌کنند. توانایی جذب سریع در حد فاصل هوا و آب طی تولید حباب، تغییر ساختاری سریع و بازآرایی در سطح مشترک و تشکیل لایه ویسکوالاستیک منسجم از طریق برهمکنش‌های بین مولکولی از مهمترین عوامل تاثیر گذار بر پایداری کف است. دو عامل اول برای تشکیل کف ضروری هستند درحالی‌که عامل سوم برای پایداری کف مهم است. خواص تولید کف پروتئین‌ها تحت تاثیر نوع منبع پروتئینی، روش‌ها و پارامترهای حرارتی طی فرآوری از جمله جداسازی پروتئین، دما، pH، غلظت پروتئین، زمان اختلاط، و روش تولید کف متفاوت است [۲۳].

### ۲-۳- پایداری کف

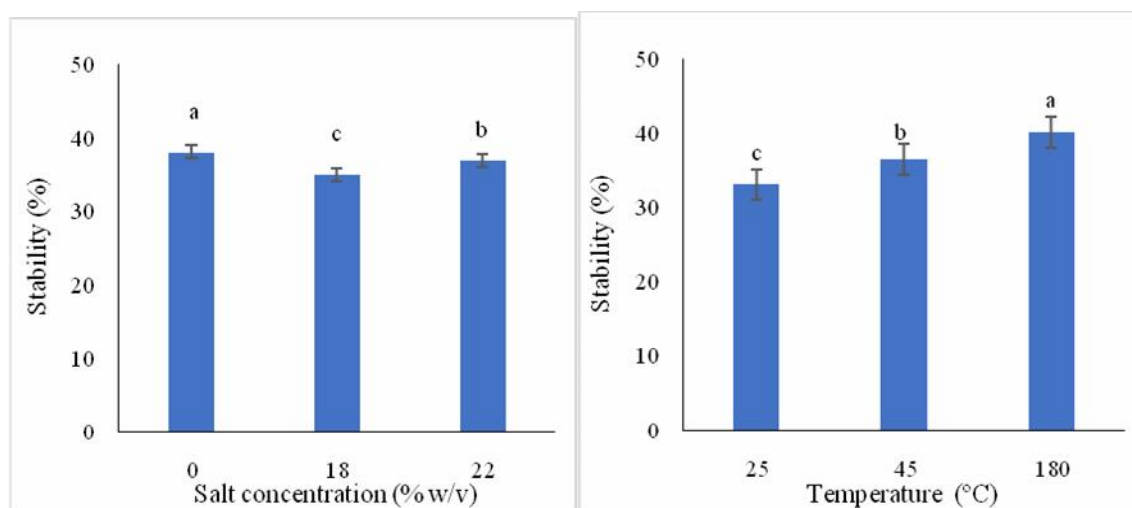
خواص کف کنندگی نشان دهنده توانایی ایجاد یک لایه سطحی با توانایی معلق نگه داشتن حبابهای هوا و جلوگیری از فروپاشی آنها زمانی که پروتئین باز است، می‌باشد [۲۲]. نتایج تجزیه واریانس داده های مربوط به تاثیر غلظت آب نمک و دمای خشک کردن بر پایداری کف در pH برابر ۱۱ در جدول ۲ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود تاثیر جداگانه غلظت آب نمک و دما بر پایداری کف معنی دار است ( $p < 0.05$ ). در حالیکه اثر متقابل غلظت آب نمک و دما بر پایداری کف معنی دار ( $p > 0.05$ ) نیست. اساساً عملکرد کف به میزان کاهش کشش سطحی سطح مشترک هوا/آب ناشی از جذب مولکولهای پروتئین مربوط می‌شود. همچنین پایداری کف می‌تواند با کاهش کشش

**Table 2** Analysis of variance of the effect of salt concentration and drying temperature on foam stability of protein isolate

| Source             | Sum of Squares | df | Mean Square | F       | Sig.  |
|--------------------|----------------|----|-------------|---------|-------|
| Corrected Model    |                | 8  | 125.985     | 7.331   | 0.000 |
| Intercept          | 8337.080       | 1  | 8337.080    | 485.132 | 0.000 |
| Salt * temperature | 51.215         | 4  | 12.804      | 0.745   | 0.574 |
| salt               | 133.919        | 2  | 66.960      | 3.896   | 0.039 |
| Temperature        | 624.760        | 2  | 312.380     | 18.177  | 0.000 |
| Error              | 309.333        | 18 | 17.185      |         |       |
| Total              | 13340.000      | 27 |             |         |       |
| Corrected Total    | 1317.215       | 26 |             |         |       |

کنندگی پروتئین سیب زمینی در pHها و غلظت‌های مختلف نمک را اندازه گیری نمودند. نتایج آنها نشان داد افزایش غلظت آب نمک منجر به افزایش پایداری کف می‌شود [۲۴] و دلیل اختلاف با نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر می‌تواند تفاوت در غلظت آب نمک استفاده شده و یا نوع ترکیب پروتئینی باشد. به طور کلی استفاده از نمک با کاهش جذب آب و هوا در لایه بین سطحی پروتئین‌ها و همچنین تغییر در دافعه الکترواستاتیک بین مولکول‌ها بر پایداری کف تاثیر دارد [۲۵].

در شکل ۲ مشاهده می‌شود که با افزایش دما، پایداری کف افزایش یافته است. علت افزایش خاصیت کف‌کنندگی با افزایش دما می‌تواند مرتبط با دناتوراسیون پروتئین‌ها در دمای بالا باشد که منجر به باز شدن ساختار پروتئین و در نتیجه برهمکنش بیشتر بین سطوح مشترک هوا و آب می‌شود. در نتیجه پایداری پروتئین را برای شکل دهی کف پایدار با کاهش کشش سطحی فراهم می‌کند. کمترین پایداری کف در غلظت نمک ۱۸ درصد مشاهده شد (شکل ۲). داچامن و همکاران (۲۰۲۰) خصوصیات کف



**Fig 2** The effect of salt concentration (a) and drying temperature (b) on protein isolate foam stability. Values are presented as mean.

واریانس داده های مربوط به تاثیر غلظت آب نمک و دمای خشک کردن بر پایداری امولسیون در pH برابر ۱۱ در جدول ۳ نشان داده شده است.

### ۳-۳- پایداری امولسیون

پایداری امولسیون خاصیتی است که اغلب در رابطه با زمان ارزیابی می‌شود و به اندازه قطرات مربوط می‌شود، که در آن ذرات با اندازه کوچکتر، پایداری بیشتری دارند. نتایج تجزیه

**Table 3** Analysis of variance of the effect salt concentration and drying temperature on emulsion stability of protein isolate

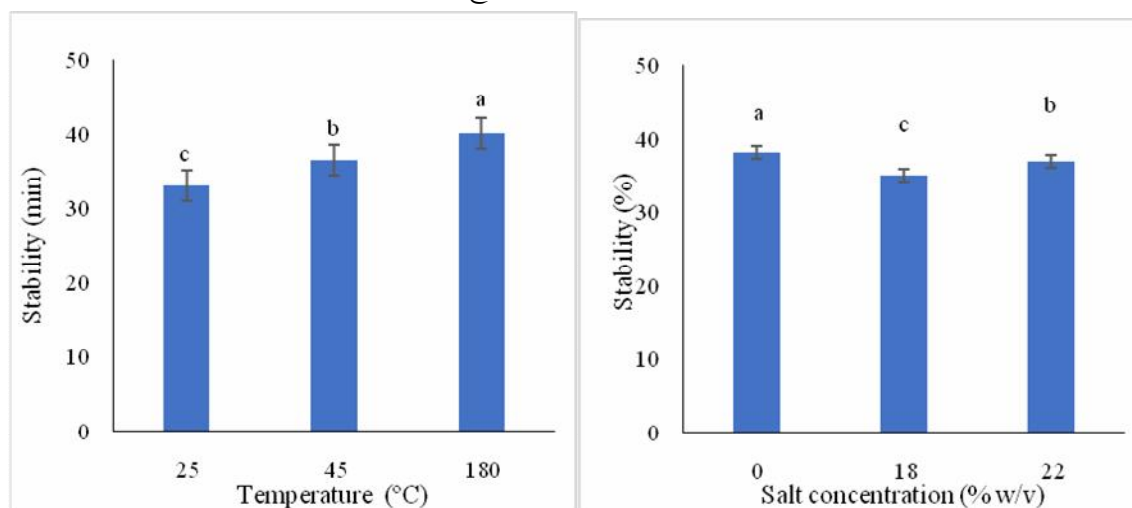
| Source             | Sum of Squares | df | Mean Square | F       | Sig.  |
|--------------------|----------------|----|-------------|---------|-------|
| Corrected Model    |                | 8  | 213.792     | 1.059   | 0.432 |
| Intercept          | 115590.908     | 1  | 115590.908  | 572.836 | 0.000 |
| Salt * temperature | 439.540        | 4  | 109.885     | 0.545   | 0.705 |
| salt               | 114.949        | 2  | 57.475      | 0.285   | 0.755 |
| Temperature        | 913.476        | 2  | 456.738     | 2.263   | 0.133 |
| Error              | 3632.167       | 18 | 201.787     |         |       |
| Total              | 200185.464     | 27 |             |         |       |
| Corrected Total    | 5342.504       | 26 |             |         |       |

همانطور که مشاهده می‌شود تاثیر جداگانه و متقابل هیچ یک از فاکتورها بر غلظت آب نمک و دما بر پایداری امولسیون معنی دار نیست. پایداری امولسیون تهیه شده از کنگد تیمار شده با آب نمک ۲۲٪ از مقادیر اعلام شده برای امولسیون

همانطور که مشاهده می‌شود تاثیر جداگانه و متقابل هیچ یک از فاکتورها بر غلظت آب نمک و دما بر پایداری امولسیون معنی دار نیست. پایداری امولسیون تهیه شده از کنگد تیمار شده با آب نمک ۲۲٪ از مقادیر اعلام شده برای امولسیون

### ۳-۴- خواص امولسیون کنندگی پروتئین

با حلالیت پروتئین، بارسطیحی، آبگریزی سطح و انعطافپذیری مولکولی مرتبط است. همانطور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود با افزایش دما میزان پایداری امولسیون افزایش یافته است. امولسیون‌های تهیه شده از پروتئین‌های دنا توره شده در دماهای بالاتر به دلیل تفکیک و باز شدن جزئی پروتئین‌های کروی در معرض گروه‌های آبگریز قرار می‌گیرند که باعث افزایش فعالیت سطحی و جذب در سطح مشترک روغن و آب می‌شود و این منجر به مقادیر بالاتر پایداری امولسیون آن‌ها می‌شود. جیانگ و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند زمانیکه کنسانتره و ایزوله پروتئینی آب پنیر حرارت دهی می‌شود، افزایش درجه حرارت از ۸۰ تا ۸۵ درجه سلسیوس منجر به افزایش پایداری امولسیون می‌شود که با نتایج پژوهش حاضر همراستا است [۲۷].



**Fig 3** The effect of salt concentration (a) and drying temperature (b) on protein isolate emulsion stability. Values are presented as mean.

(۲۰۱۰) ظرفیت نگهداری آب پروتئین کنگد را ۱/۹۸ گرم آب بر گرم پروتئین گزارش نمودند که با نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر مطابقت دارد [۱۳].  
خالد و همکاران (۲۰۰۳) و گاندی و سوگی (۲۰۰۷) به ترتیب ظرفیت نگهداری آب را برای پروتئین کنگد ۲/۱ میلی لیتر آب بر گرم پروتئین و برای پروتئین سبوس برنج ۱/۹ میلی لیتر آب بر گرم پروتئین گزارش نمودند [۲۹، ۳۰].

پروتئین سویا بالاتر است که نشان دهنده این مطلب است که اگرچه پروتئین ایزوله کنگد به سرعت امولسیون تشکیل نمی‌دهد اما پایداری امولسیون بعد از شکل گیری (زمان یک ساعت) نسبتاً بالا است. در شکل ۳ مشاهده می‌شود که در غلظت ۱۸ درصد از آب نمک، کمترین پایداری امولسیون وجود دارد. پایداری فیلم پروتئینی تشکیل شده در حد فاصل امولسیون بستگی به برهمکنش پروتئین‌ها در آب و روغن دارد. علاوه بر این فاکتورهای متعددی نظیر pH، اندازه ذرات، بار خالص، کشش درونی، ویسکوزیته و کنفورماسیون پروتئین می‌توانند بر روی پایداری امولسیون تاثیرگذار باشند [۱۳]. پایداری امولسیون به دست آمده در پژوهش حاضر از پایداری امولسیون‌های پروتئین بادام زمینی [۱۵]، ایزوله پروتئین بادام زمینی [۲۶]، نخود هندی سیاه [۲۲] و پروتئین پودر نارگیل [۱۱] بالاتر بود.

### ۳-۵- ظرفیت نگهداری آب و روغن

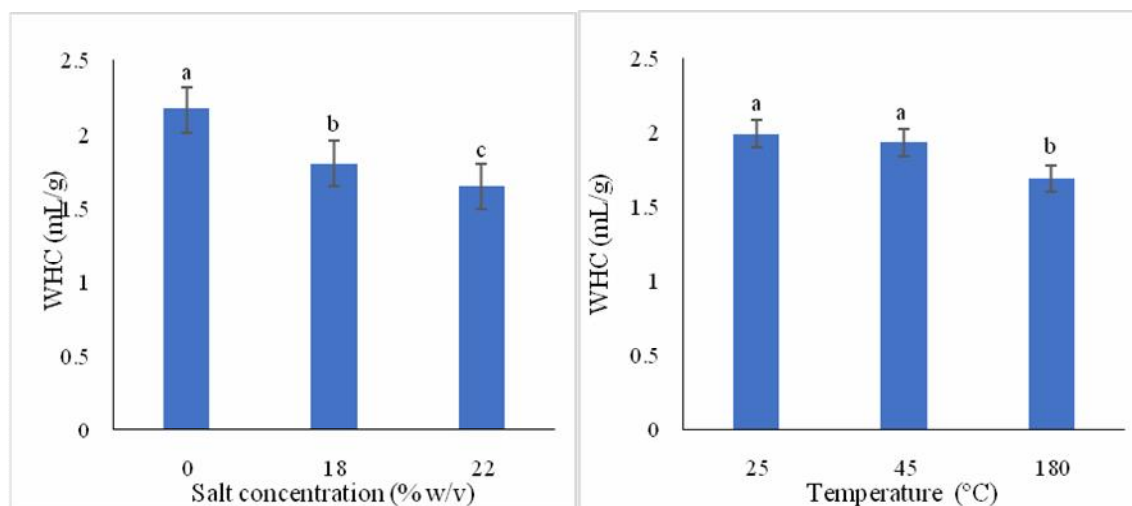
ظرفیت نگهداری آب و روغن به توانایی اتصال مولکول‌های آب و روغن در شرایط محدود آب و روغن اشاره دارد [۲۸]. نتایج مربوط به تجزیه واریانس ظرفیت نگهداری آب نمونه‌های مختلف در جدول ۱ نشان داده شده است.  
همانطور که مشاهده می‌شود تنها تاثیر غلظت نمک بر ظرفیت نگهداری آب معنی دار است و تاثیر دما و همچنین اثر متقابل دما و غلظت نمک از نظر آماری معنی دار نیست. اونسارد و همکاران

**Table 4** Analysis of variance of the effect of salt concentration and drying temperature on water holding capacity of protein isolate

| Source             | Sum of Squares | df | Mean Square | F       | Sig.  |
|--------------------|----------------|----|-------------|---------|-------|
| Corrected Model    |                | 8  | 1.340       | 3.771   | 0.009 |
| Intercept          | 300.519        | 1  | 300.519     | 845.511 | 0.000 |
| Salt * temperature | 0.653          | 4  | 0.163       | 0.459   | 0.765 |
| salt               | 7.617          | 2  | 3.809       | 10.716  | 0.001 |
| Temperature        | 1.677          | 2  | 0.838       | 2.359   | 0.123 |
| Error              | 6.398          | 18 | 0.355       |         |       |
| Total              | 516.579        | 27 |             |         |       |
| Corrected Total    | 17.121         |    |             |         |       |

بالا دارای ظرفیت نگهداری آب کمتری نسبت به پروتئین تهیه شده با استفاده از پرس هیدرولیک است [۳۱]. به هرحال اختلاف در شرایط اندازه گیری ظرفیت نگهداری آب و روغن و همچنین نوع مواد خام می تواند دلیل اختلاف نتایج به دست آمده از این پژوهش با سایر پژوهش ها باشد.

با افزایش دما و غلظت نمک، ظرفیت نگهداری آب کاهش یافت (شکل ۴). زمانیکه از حرارت های بالاتر برای آماده سازی پروتئین استفاده می شود به علت دناتوراسیون حرارتی پروتئین ها، میزان جذب آب پروتئین ها کاهش می یابد. لایوسکاس و همکاران (۲۰۱۴) نشان دادند پروتئین تهیه شده با پرس حلزونی با دمای



**Fig 4** The effect of salt concentration (a) and drying temperature (b) on protein isolate water holding capacity (WHC). Values are presented as mean.

کنجد را ۱/۵ میلی لیتر روغن بر گرم پروتئین گزارش نمودند [۲۹] که مطابق با مقادیر به دست آمده از پژوهش حاضر است. مقدار به دست آمده از ظرفیت نگهداری روغن کازئین (۰/۹ گرم روغن بر گرم پروتئین) بیشتر و از ظرفیت نگهداری روغن باکویت (۲/۹ گرم روغن بر گرم پروتئین) و سویا (۲/۶ گرم روغن بر گرم پروتئین) کمتر بود [۳۲]. ظرفیت نگهداری روغن ناشی از به دام افتادن فیزیکی روغن و تعداد زنجیره های جانبی غیرقطبی روی پروتئین هایی که زنجیره های هیدروکربنی را روی اسیدهای چرب متصل می کنند می باشد.

نتایج تجزیه واریانس مربوط به تاثیر متغیرها بر ظرفیت نگهداری روغن ایزوله پروتئینی کنجد در جدول ۵ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می شود تاثیر جداگانه و متقابل غلظت آب نمک و دمای خشک کردن بر ظرفیت نگهداری روغن ایزوله پروتئینی کنجد از نظر آماری معنی دار ( $p < 0.05$ ) است. همانطور که در شکل ۵ مشاهده می شود، مشابه با ظرفیت نگهداری آب، در مورد ظرفیت نگهداری روغن نیز با افزایش دمای خشک کردن و افزایش غلظت آب نمک ظرفیت نگهداری روغن کاهش یافت. خالید و همکاران (۲۰۰۳) ظرفیت نگهداری روغن پروتئین

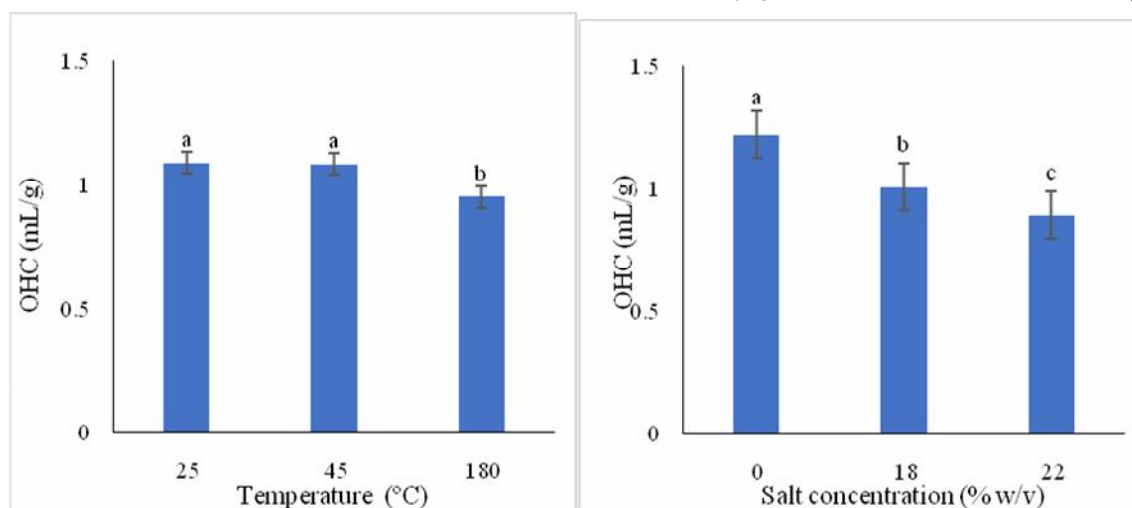


**Table 5** Analysis of variance of the effect of salt concentration and drying temperature on oil holding capacity of protein isolate

| Source             | Sum of Squares | df | Mean Square | F       | Sig.  |
|--------------------|----------------|----|-------------|---------|-------|
| Corrected Model    |                | 8  | .539        | 13.392  | 0.000 |
| Intercept          | 92.340         | 1  | 92.340      | 2.296E3 | 0.000 |
| Salt * temperature | 0.484          | 4  | 0.121       | 3.009   | 0.046 |
| salt               | 3.011          | 2  | 1.506       | 37.438  | 0.000 |
| Temperature        | 0.440          | 2  | 0.220       | 5.472   | 0.014 |
| Error              | 0.724          | 18 | 0.040       |         |       |
| Total              | 159.682        | 27 |             |         |       |
| Corrected Total    | 5.033          | 26 |             |         |       |

آبگریزی، درجه دنا توره شدن، اندازه و انعطاف پذیری پروتئین مربوط باشد.

. تفاوت بین ظرفیت نگهداری روغن پروتئینهای مختلف می تواند به تنوع در ترکیب اسیدهای آمینه و چندین پارامتر مانند



**Fig 5** The effect of salt concentration (a) and drying temperature (b) on protein isolate oil holding capacity (OHC). Values are presented as mean.

نتایج این تحقیق دمای خشک کردن ۴۵ درجه سانتیگراد به همراه استفاده از ۱۸ درصد آب نمک را برای تهیه ایزوله پروتئینی با حداکثر ظرفیت نگهداری آب و روغن معرفی می نماید. همچنین با توجه به خصوصیات مطلوب حلالیت، پایداری امولسیون و کف، استفاده از دمای ۱۸۰ درجه و ۲۲ درصد آب نمک، شرایط مطلوب برای تهیه ایزوله پروتئینی کنگد می باشد.

#### ۴- نتیجه گیری

در این پژوهش تاثیر سه غلظت آب نمک ۰، ۱۸ و ۲۲ درصد وزنی/حجمی و سه دمای خشک کردن ۲۵، ۴۵ و ۱۸۰ درجه سانتیگراد بر خصوصیات عملکردی ایزوله پروتئین کنگد، یعنی حلالیت پروتئین، پایداری کف، پایداری امولسیون و ظرفیت نگهداری آب و روغن مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد با افزایش دمای خشک کردن از ۲۵ تا ۱۸۰ درجه سانتیگراد حلالیت پروتئین، پایداری کف، پایداری امولسیون افزایش و ظرفیت نگهداری آب و روغن کاهش می یابد. همچنین افزایش غلظت آب نمک منجر به افزایش حلالیت پروتئین، پایداری کف، پایداری امولسیون و کاهش ظرفیت نگهداری آب و روغن شد. در نهایت با توجه به اینکه استفاده از دماهای بالا و غلظت بالاتر آب نمک منجر به کاهش ظرفیت نگهداری آب و روغن شد،

#### ۵- منابع

- [1] Gao, Z., Shen, P., Lan, Y., Cui, L., Ohm, J.-B., Chen, B., & Rao, J. (2020). Effect of alkaline extraction pH on structure properties, solubility, and beany flavor of yellow pea protein isolate. *Food Research International*, 131, 109045 .
- [2] Feyzi, S., Varidi, M., Zare, F., & Varidi, M.

- coconut processing. *Food Chemistry*, 241, 364-371 .
- [12] Shand, P., Ya, H., Pietrasik, Z., & Wanasundara, P. (2007). Physicochemical and textural properties of heat-induced pea protein isolate gels. *Food Chemistry*, 102(4), 1119-1130 .
- [13] Onsaard, E., Pomsamud, P., & Audtum, P. (2010). Functional properties of sesame protein concentrates from sesame meal. *Asian Journal of Food and Agro-Industry*, 3(4), 420-431 .
- [14] López, G., Flores, I., Gálvez, A., Quirasco, M., & Farrés, A. (2003). Development of a liquid nutritional supplement using a Sesamum indicum L. protein isolate. *LWT-Food Science and Technology*, 36(1), 67-74 .
- [15] Wu, H., Wang, Q., Ma, T., & Ren, J (2009). Comparative studies on the functional properties of various protein concentrate preparations of peanut protein. *Food Research International*, 42(3), 343-348 .
- [16] Ogunwolu, S. O., Henshaw, F. O., Mock, H.-P., Santros, A., & Awonorin, S. O. (2009). Functional properties of protein concentrates and isolates produced from cashew (*Anacardium occidentale* L.) nut. *Food Chemistry*, 115(3), 852-858 .
- [17] Ertürk, B., & Meral, R. (2019). The impact of stabilization on functional, molecular and thermal properties of rice bran. *Journal of Cereal Science*, 88, 71-78 .
- [18] Zhong, C., Wang, R., Zhou, Z., Jia, S.-R., Tan, Z.-L., & Han, P.-P. (2012). Functional properties of protein isolates from *Caragana korshinskii* Kom. extracted by three different methods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(41), 10337-10342 .
- [19] Chambal, B. (2013). Coconut press cake alkaline extract—Protein solubility and emulsification properties .
- [20] Timilsena, Y. P., Adhikari, R., Barrow, C. J., & Adhikari, B. (2016). Physicochemical and functional properties of protein isolate produced from Australian chia seeds. *Food Chemistry*, 212, 648-656 .
- [21] Vinayashree, S., & Vasu, P. (2021). Biochemical, nutritional and functional properties of protein isolate and fractions from pumpkin (*Cucurbita moschata* var. Kashi Harit) seeds. *Food Chemistry*, 340, 128177 .
- J. (2015). Fenugreek (*Trigonella foenum graecum*) seed protein isolate: extraction optimization, amino acid composition, thermo and functional properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(15), 3165-3176 .
- [3] Le Priol, L., Dagmey, A., Morandat, S., Saleh, K., El Kirat, K., & Nesterenko, A. (2019). Comparative study of plant protein extracts as wall materials for the improvement of the oxidative stability of sunflower oil by microencapsulation. *Food Hydrocolloids*, 95, 105-115 .
- [4] Olasunkanmi, G. S., Omolayo, F. T., & Olusegun, O. T. (2017). Fatty acid profile, physico-chemical and functional properties of oil and protein isolate simultaneously extracted from sesame (*Sesamum indicum*) seed. *Annals. Food Science and Technology*, 18(1), 1-10 .
- [5] Saini, C. S., Sharma, H. K., & Sharma, L. (2018). Thermal, structural and rheological characterization of protein isolate from sesame meal. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12(1), 426-432 .
- [6] Sharma, L., Singh, C., & Sharma, H. K. (2016). Assessment of functionality of sesame meal and sesame protein isolate from Indian cultivar. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 10(3), 520-526 .
- [7] Sharma, N., Sharma, S., & Singh, B. (2020). Stability evaluation of iron and vitamin A during processing and storage of fortified pasta. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 12(2), 50-6 .
- [8] Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72(1-2), 248-254 .
- [9] Fathollahy, I., Farmani, J., Kasaai, M. R., & Hamishehkar, H. (2021). Characteristics and functional properties of Persian lime (*Citrus latifolia*) seed protein isolate and enzymatic hydrolysates. *LWT*, 140, 110765 .
- [10] Elsohaimy, S., Refaay, T., & Zaytoun, M. (2015). Physicochemical and functional properties of quinoa protein isolate. *Annals of Agricultural Sciences*, 60(2), 297-305 .
- [11] Roodsamran, P., & Sothornvit, R. (2018). Physicochemical and functional properties of protein concentrate from by-product of

- emulsifying properties of polymerized whey protein concentrate and polymerized whey protein isolate. *LWT*, 98, 134-140.
- [28] Boye, J., Zare, F., & Pletch, A. (2010). Pulse proteins: Processing, characterization, functional properties and applications in food and feed. *Food Research International*, 43(2), 414-431.
- [29] Khalid, E., Babiker, E., & Tinay, A. E. (2003). Solubility and functional properties of sesame seed proteins as influenced by pH and/or salt concentration. *Food Chemistry*, 82(3), 361-366 .
- [30] Chandi, G. K& ,Sogi, D. (2007). Functional properties of rice bran protein concentrates. *Journal of Food Engineering*, 79(2), 592-597 .
- [31] Labuckas, D., Maestri, D., & Lamarque, A. (2014). Effect of different oil extraction methods on proximate composition and protein characteristics of walnut (*Juglans regia* L.) flour. *LWT-Food Science and Technology*, 59(2), 794-799 .
- [32] Tomotake, H., Shimaoka, I., Kayashita, J., Nakajoh ,M., & Kato, N. (2002). Physicochemical and functional properties of buckwheat protein product. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(7), 2125-2129 .
- [22] Wani, I. A., Sogi, D. S., & Gill, B. S. (2015). Physico-chemical and functional properties of native and hydrolysed protein isolates from Indianblack gram (*Phaseolus mungo* L.) cultivars. *LWT-Food Science and Technology*, 60(2), 848-854 .
- [23] Chandra, S., Singh, S., & Kumari, D. (2015). Evaluation of functional properties of composite flours and sensorial attributes of composite flour biscuits. *Journal of Food Science and Technology*, 52(6), 3681-3688 .
- [24] Dachmann, E., Nobis, V., Kulozik, U., & Dombrowski, J. (2020). Surface and foaming properties of potato proteins: Impact of protein concentration, pH value and ionic strength. *Food Hydrocolloids*, 107, 105981 .
- [25] Dombrowski, J., Johler, F., Warncke, M., & Kulozik, U. (2016). Correlation between bulk characteristics of aggregated  $\beta$ -lactoglobulin and its surface and foaming properties. *Food Hydrocolloids*, 61, 318-328 .
- [26] Zhang, Q.-T., Tu, Z.-C., Xiao, H., Wang, H., Huang, X.-Q., Liu, G.-X.Lin, D.-R (2014). Influence of ultrasonic treatment on the structure and emulsifying properties of peanut protein isolate. *Food and Bioproducts Processing*, 92(1), 30-37 .
- [27] Jiang, S., Cheng, J., Jiang, Z., Geng, H., Sun, Y., Sun, C., & Hou, J. (2018). Effect of heat treatment on physicochemical and



## The effect of brine and drying temperature on the functional properties of protein isolates extracted from sesame meal

Rezaei, M. <sup>1</sup>, Nouri, L. <sup>1\*</sup>, Daneshi, M. <sup>2,3\*</sup>, Mohammadi-Nafchi, A. <sup>4</sup>, Nahidi, F. <sup>1</sup>

1. Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Damghan Branch, Islamic Azad University, Damghan, Iran.
2. Department of Food Science and Technology, Faculty of Engineering, Yazd Branch, Islamic Azad University, Yazd, Iran.
3. Food and confectionary Research Center, Yazd Branch, Islamic Azad University, Yazd, Iran.
4. Department of Food Science and Technology, USM university, Penang, Malaysia.

### ABSTRACT

As the demand for new protein sources increases, research is needed to extract and develop protein isolates with desirable functional properties. Sesame protein can be used as a new plant protein source due to its high amino acid content. In this study, the effect of sodium chloride salt concentration (0, 18 and 22% w / v) and drying temperature (25, 45 and 180 °C) as two important parameters affecting the functional properties of protein isolates extracted from sesame were investigated. Protein solubility tests at pH 4, 5, 7, 9 and 11, foam stability and emulsion stability at pH 11 and water holding capacity (WHC) and oil holding capacity (OHC) were performed. The lowest protein solubility was observed at pH 5 and with increasing pH, protein solubility increased. With increasing temperature from 45 to 180 °C at constant salt concentration, protein solubility and foam and emulsion stability increased and WHC and OHC decreased. An increasing in salt concentration from 18 to 22% at constant temperature caused to increase in protein solubility and decrease in WHC and OHC. Foam and emulsion stability was lowest at 18% of salt concentration. In general, drying temperature of 45 degrees Celsius and salt concentration of 18% for preparation of protein isolate with maximum water and oil holding capacity and drying temperature of 180°C and salt concentration of 22% for production of sesame protein isolate with maximum solubility, Emulsion stability and foam stability are recommended.

### ARTICLE INFO

#### Article History:

Received 2022/ 04/ 01  
Accepted 2022/ 08/ 24

#### Keywords:

Sesame protein Isolate,  
Emulsion stability,  
Foam stability,  
Protein solubility,  
Water and Oil holding Capacity.

DOI: 10.22034/FSCT.19.127.359  
DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.127.30.3

\*Corresponding Author E-Mail:  
mo.daneshi@iaiu.ac.ir  
nouri.le.ir@gmail.com