



## ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و عملکردی پروتئین استخراج شده از سیب‌زمینی

نادیا شکرانه<sup>۱</sup>، مزدک علیمی<sup>۲\*</sup>، سید احمد شهیدی<sup>۳</sup>، مریم میزانی<sup>۴</sup>، محمد بامنی مقدم<sup>۵</sup>

۱-دانشجوی دکتری، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد آیت ... آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران.

۲-استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد آیت ... آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران.

۳-دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد آیت ... آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران.

۴-دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۵-استاد گروه آمار، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران.

## چکیده

## اطلاعات مقاله

هدف از این مطالعه استخراج پروتئین سیب‌زمینی با تلفیق فرآیند فراپالایش و دیافیلتراسیون در زمان‌های مختلف (۹۰، ۲۸۵ و ۴۸۰ دقیقه) و سپس بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی و عملکردی پروتئین حاصل می‌باشد. برای این منظور پروتئین تراوه و ناتراوه تغلیظ شده در زمان‌های مختلف از لحاظ خصوصیات عملکردی (حلالیت، ظرفیت جذب آب و روغن، اندیس فعالیت امولسیون‌کنندگی و اندیس پایداری امولسیون) با پروتئین سیب‌زمینی شاهد مقایسه شدند. در پروتئین ناتراوه و نمونه شاهد با افزایش pH از ۳ تا ۷ به‌طور معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) حلالیت افزایش یافت اما با افزایش pH از هفت تا نه به‌طور معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) از میزان حلالیت کاسته شد. با این وجود در نمونه‌های پروتئین تراوه با افزایش pH از سه تا نه به‌طور معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) میزان حلالیت افزایش یافت. علاوه بر این‌ها مشخص شد که میزان حلالیت پروتئین‌ها ناتراوه به‌طور معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) بالاتر از پروتئین‌های تراوه و پروتئین سیب‌زمینی شاهد بود. نمونه‌های پروتئین ناتراوه به‌طور معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) دارای ظرفیت جذب آب بالاتری نسبت به پروتئین‌های تراوه و نمونه پروتئین شاهد داشتند. ظرفیت جذب روغن پروتئین‌ها نیز به‌طور معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) وابسته به زمان دیافیلتراسیون و نوع فرآیند بود. به‌طوری‌که با افزایش زمان دیافیلتراسیون ظرفیت جذب روغن پروتئین‌ها ناتراوه و تراوه کاهش یافت. همچنین مشخص شد که ظرفیت جذب روغن پروتئین‌های ناتراوه (۵۹/۰۹ g oil/ g protein دیافیلتراسیون ۹۰ دقیقه) به‌طور معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) بیشتر از پروتئین‌های تراوه (۳۲/۱۳ g oil/ g protein دیافیلتراسیون ۹۰ دقیقه) بود. اندیس فعالیت امولسیفایری و اندیس پایداری امولسیون با افزایش زمان دیافیلتراسیون در نمونه‌های ناتراوه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت اما این شاخص‌ها با افزایش زمان دیافیلتراسیون در نمونه‌های پروتئین تراوه به‌طور معنی‌داری کاهش یافتند. آنالیز حرارتی پروتئین ناتراوه در مقایسه با پروتئین نمونه شاهد نشان داد که پروتئین ناتراوه سیب‌زمینی ( $0.35 \pm 18/85$  گرم آب به ازای هر گرم پروتئین در زمان ۴۸۰ دقیقه) دارای ظرفیت جذب آب بالاتری می‌باشد.

## تاریخ‌های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۷/۱۷

## کلمات کلیدی:

استخراج پروتئین،  
خصوصیات عملکردی،  
دیافیلتراسیون،  
سیب‌زمینی،  
فراپالایش.

DOI: 10.22034/FSCT.19.130.269  
DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.130.22.1

\* مسئول مکاتبات:

ahooora\_mazdak@yahoo.com

## ۱- مقدمه

سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum*) چهارمین گیاه تولیدشده در دنیا بعد از برنج، گندم و ذرت می‌باشد. بر اساس آخرین آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی، در ارتباط با محصولات کشاورزی، در سال ۱۳۹۳، میزان تولید سیب‌زمینی ۴/۹۹ میلیون تن در سال، در سطح کلیه استان‌های کشور گزارش شده است که معادل ۶/۷۳ درصد از میزان تولید محصولات زراعی و ۳۰/۸ درصد از کل میزان تولید سبزی‌ها می‌باشد که در صنایع مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱]. یکی از صنایع تبدیلی مهم سیب‌زمینی در دنیا، تولید نشاسته، فیبر، پروتئین، سیب‌زمینی سرخ‌شده و چیپس می‌باشد که متأسفانه در ایران بخش تولید فیبر و پروتئین رشد چندانی نداشته است. ضایعات سیب‌زمینی در کارخانه‌های تولید نشاسته و فرآورده‌های سیب‌زمینی (چیپس و سیب‌زمینی سرخ‌شده) به دو بخش تقسیم می‌شود، بخشی که حاوی پوست و پالپ سیب‌زمینی است و بخشی که به‌عنوان دوغاب (آب سیب‌زمینی) دور ریخته می‌شود. در کارخانه‌های تولید نشاسته، در حدود  $5-12 \text{ m}^3$  دوغاب در ازای مصرف هر تن سیب‌زمینی حاصل می‌شود که تقریباً حاوی ۲۵ گرم پروتئین در هر کیلوگرم دوغاب وجود دارد. ورود این ضایعات به سیستم فاضلاب به واسطه  $\text{BOD}^2$  بالایی که دارد آلودگی زیست‌محیطی ایجاد می‌کند. مواد جامد موجود در این دوغاب خروجی شامل، ۳۵٪ پروتئین خام، ۳۵٪ قند کل، ۲۰٪ مواد معدنی، ۴٪ اسیدهای ارگانیک و ۶٪ مواد دیگر است [۲]. با وجود اینکه غلظت پروتئین سیب‌زمینی کم است، اما به دلیل طیف اسیدهای آمینه موجود در سیب‌زمینی همچون ترئونین، تریپتوفان و متیونین، این گیاه از نظر علم تغذیه معادل پروتئین حیوانی (لیوزیم پروتئین تخم‌مرغ) محسوب می‌شود. همچنین عکس دیگر پروتئین‌های گیاهی و غلات، دارای بخش زیادی

اسیدآمینه ضروری لیزین و اسیدآمینه‌های سولفوردار همچون متیونین و سیستئین است [۳-۵]. پروتئین‌های سیب‌زمینی به سه گروه اصلی پاتاتین (حدود ۴۰٪)، ممانعت‌کننده‌های پروتئاز (حدود ۵۰٪) و پروتئین‌های دیگر (حدود ۱۰٪) تقسیم می‌شوند. پروتئین سیب‌زمینی در مقایسه با دیگر پروتئین‌های گیاهی، به دلیل ارزش غذایی بالا، توانایی در تنظیم سطح کلسترول سرم خون و کاهش جذب مواد غذایی از طریق افزایش گردش سطح کلیستوکینین، پتانسیل بالایی برای مصرف در صنعت غذا را دارد [۴]. همچنین پروتئین‌های سیب‌زمینی، ویژگی‌های عملکردی خوبی مانند حالیت، قابلیت ایجاد کف و خصوصیت امولسیفایری را دارد. ویژگی‌های عملکردی از مهم‌ترین خصوصیات در فرآیندهای مواد غذایی محسوب می‌شوند. نتایج مطالعات نشان می‌دهد که ویژگی‌های عملکردی پروتئین‌ها به ساختار آنها بستگی دارد. بطوریکه پروتئین‌هایی با ساختار دست نخورده ویژگی‌های بهتر و مطلوب‌تری دارند. در ارتباط با پروتئین سیب‌زمینی نیز، مطالعات حاکی از این امر است که روش‌های مختلف استخراج می‌تواند بر روی این خصوصیات تأثیرگذار باشد. این موضوع یک چالش بزرگ در فرآیند تولید این نوع از پروتئین‌ها می‌باشد. استخراج به روش‌های کوآگولاسیون حرارتی و رسوب‌دهی با اسید از متداول‌ترین روش‌های استخراج پروتئین سیب‌زمینی می‌باشد. اگرچه راندمان تولید این دو روش بالا است، اما به دلیل اعمال حرارت و شرایط اسیدی، ویژگی‌های عملکردی پروتئین کاهش‌یافته و کاربرد آن را تنها به‌عنوان غذای دام و استفاده در کودهای کشاورزی محدود می‌کند [۶-۸]. تاکنون روش‌های مختلف استخراج با هدف تولید پروتئین دست نخورده سیب‌زمینی معرفی شده‌اند که عبارت‌اند از رسوب‌دهی با نمک، رسوب‌دهی با حلال‌های ارگانیک، کمپلکس‌سازی با کربوکسی‌متیل سلولز، کروماتوگرافی، اولترافیلتراسیون و ترکیبی از روش‌های ذکر شده [۴ و ۹-۱۲]. با توجه به پتانسیل بالای کنسانتره پروتئین سیب‌زمینی، این ماده

1. Potato Fruit Juice: PFJ  
2. Bioavailable Oxygen Demand

می‌تواند در صنایع مختلف از جمله تولید غذای دام، بیوتکنولوژی و صنعت غذا (عامل ایجاد کننده کف، عامل کدورت زدا، امولسیفایر و پایدارکننده سیستم‌های روغن و آب) کاربرد داشته باشد. به همین علت، هدف از این پژوهش، استخراج پروتئین دست نخورده سیب‌زمینی و بررسی ویژگی‌های عملکردی آن به وسیله فرآیند فراپالایش همراه با زمان‌های مختلف دیافیلتراسیون می‌باشد.

می‌تواند در صنایع مختلف از جمله تولید غذای دام، بیوتکنولوژی و صنعت غذا (عامل ایجاد کننده کف، عامل کدورت زدا، امولسیفایر و پایدارکننده سیستم‌های روغن و آب) کاربرد داشته باشد. به همین علت، هدف از این پژوهش، استخراج پروتئین دست نخورده سیب‌زمینی و بررسی ویژگی‌های عملکردی آن به وسیله فرآیند فراپالایش همراه با زمان‌های مختلف دیافیلتراسیون می‌باشد.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- مواد

سیب‌زمینی گونه آگریا (*Solanum tuberosum* var. Agria) از بازار محلی در تهران (ایران) خریداری شد. روغن سویا از شرکت روغن لادن (ایران) خریداری شد. متا بی‌سولفیت سدیم، اسید کلریدریک، سدیم هیدروکسید و سدیم دو دسیل سولفات از شرکت مرک (آلمان) خریداری شدند. پروتئین سیب‌زمینی به‌عنوان نمونه شاهد از شرکت لیکبی (سوئد) تهیه گردید. این نمونه پس از استخراج با روش خشک‌کن پاششی، خشک شده بود.

### ۲-۲- استخراج پروتئین سیب‌زمینی

پس از چندین مرتبه شستشو، سیب‌زمینی به‌وسیله یک آب‌میوه‌گیر خانگی (پارس خزر، ایران)، آب آن گرفته و توسط یک پارچه نظیف دولایه فیلتر شد. سپس جهت ته‌نشینی نشاسته، مدت ۳۰ دقیقه استراحت داده شد، همچنین به‌منظور جلوگیری از قهوه‌ای شدن نیز از محلول متا بی‌سولفیت سدیم (۲۰ ppm) استفاده گردید. در ادامه، محلول رویی در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد با دور ۸۰۰۰×g به مدت ۲۰ دقیقه باهدف حذف باقی‌مانده نشاسته سانتریفوژ (Universal 320R Homogenizer, Hettich, Germany) گردید. در نهایت جهت استخراج پروتئین سیب‌زمینی، محلول رویی جمع‌آوری شده به روش اولترافیلتراسیون توسط پمپ Master flex-

### ۲-۳- آنالیز ترکیبات شیمیایی

رطوبت نمونه‌ها با استفاده از روش آون‌گذاری در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت تا زمان رسیدن به وزن ثابت صورت گرفت [۱۵]. میزان پروتئین خام نمونه‌ها طبق روش کلدال و محتوی نیتروژن کل به‌وسیله ۶/۲۵ به محتوی پروتئین تبدیل شد [۱۶]. تعیین محتوی چربی خام با استفاده از روش استخراج سوکسله انجام شد [۱۵]. اندازه‌گیری میزان خاکستر نمونه‌ها پس از کربن‌زدایی (سوختن روی شعله) با استفاده از کوره الکتریکی در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس به مدت ۸ صورت گرفت [۱۵]. محتوی نشاسته نیز با استفاده از کیت آزمایشگاهی نشاسته تعیین شد [۱۵].

### ۲-۴- حلالیت پروتئین

۵۰۰ میلی‌گرم از پروتئین در ۵۰۰ میلی‌لیتر آب دیونیزه مخلوط و در pH های (۳، ۵، ۷ و ۹) مختلف نگهداری شدند. مخلوط به مدت یک ساعت همزده و سپس به مدت ۳۰ دقیقه با دور ۵۰۰×g سانتریفوژ گردید. مقدار پروتئین فاز رویی به روش بردفورد اندازه‌گیری شد. محلول استاندارد مورد استفاده نیز آلبومین گاو بود. حلالیت بر اساس نسبت وزنی پروتئین فاز رویی به پروتئین کل بر اساس درصد بیان گردید [۱۸ و ۱۳].

= (% حلالیت)

استاندارد در دامنه حرارتی ۲۰ تا ۱۵۰ درجه سلسیوس با نرخ  $\square/\text{min}$  ۱۰ و در شرایط اتمسفر حرارت داده شدند.

$\times 100$  مقدار پروتئین در فاز رویی

مقدار پروتئین در نمونه

## ۲-۸- تجزیه و تحلیل آماری

## ۲-۵- ظرفیت جذب آب و جذب روغن

آزمایش‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شدند و همه به صورت سه بار تکرار بررسی شدند. به منظور مقایسه میانگین داده‌ها از نتایج تحلیل واریانس (ANVOA) و از روش مقایسه میانگین بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد. تجزیه و تحلیل آماری توسط نرم‌افزار IBM SPSS Statistics 21 صورت گرفت. رسم نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel 2013 انجام شد.

مقدار ۰/۵ میلی‌گرم از نمونه‌های پروتئین در داخل یک لوله فالکون ۱۰ میلی‌لیتری وزن شده و سپس پنج میلی‌لیتر آب مقطر یا روغن سویا به آن اضافه و به مدت یک دقیقه مخلوط شدند. بعد از ۳۰ دقیقه استراحت، به مدت ۳۰ دقیقه با دور  $\times g$  ۱۴۰۰ در دمای اتاق سانتریفوژ شدند. بعد از جداسازی محلول رویی، مقدار آب یا روغن جذب شده توسط پروتئین محاسبه گردید [۱۷، ۱۹ و ۲۰].

## ۳- نتایج و بحث

## ۲-۶- اندیس فعالیت امولسیون کنندگی و

### اندیس پایداری امولسیون

۳-۱- ترکیبات شیمیایی

ترکیبات شیمیایی پروتئین ناتراوه در زمان ۴۸۰ دقیقه و پروتئین نمونه شاهد از لحاظ محتوی رطوبت، محتوی پروتئین، محتوی چربی و خاکستر مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۱). بر اساس نتایج به دست آمده مشخص شد که محتوی رطوبت، پروتئین، چربی، خاکستر و نشاسته پروتئین سیب‌زمینی نمونه شاهد به ترتیب برابر با  $0.25 \pm 4/41$  درصد،  $0.42 \pm 85/33$  درصد،  $0.22 \pm 0/73$  درصد،  $0.45 \pm 3/61$  درصد،  $0.38 \pm 5/92$  درصد بودند. باین وجود پروتئین ناتراوه سیب‌زمینی استخراج شده با فرآپالایش و روش دیافیلتراسیون در زمان ۴۸۰ دقیقه دارای محتوی رطوبت  $0.34 \pm 4/67$  درصد، محتوی پروتئین  $0.57 \pm 83/12$  درصد، چربی  $0.14 \pm 1/02$  درصد، خاکستر  $0.29 \pm 4/08$  درصد و نشاسته  $0.63 \pm 7/11$  درصد بود. این تفاوت‌ها احتمالاً ناشی از روش استخراج، روش خشک کردن و شرایط محیطی نگهداری محصول نهایی می‌باشد [۲۳].

مقدار ۲ میلی‌لیتر روغن سویا به شش میلی‌لیتر محلول پروتئین (w/v) ۱٪ اضافه شده و پس از هموژن شدن توسط هموژنایزر (Ultra- Turrax Homogenizer, IKA, T18D, Staufen, Germany)، به مدت یک دقیقه با دور  $\times g$  ۱۰۰۰۰ سانتریفوژ گردید. مقدار ۵۰ میکرولیتر از امولسیون تهیه شده در زمان‌های ۰ و ۱۰ دقیقه پس از هموژن کردن برداشته شده و با پنج میلی‌لیتر محلول سدیم دو دسیل سولفات (SDS ۰/۱٪) مخلوط و جذب آنها در طول موج ۵۰۰nm توسط اسپکتروفتومتر (Cary 60 UV-Vis Spectrophotometer, Aligent Technologies, Santa Clara, CA, USA) خوانده شدند [۲۲ و ۲۱].

## ۲-۷- آنالیز توزین حرارتی (TGA)<sup>3</sup>

آنالیز توزین حرارتی به وسیله دستگاه (DSC TA-Q600, USA) اندازه‌گیری شد. در ظروف مخصوص دستگاه از جنس آلومینیوم مقدار ۲۰ میلی‌گرم از هریک از نمونه‌ها به صورت جداگانه پر و در بندی شدند. در کنار ظرف خالی به عنوان

**Table 1** Chemical analysis of potato proteins in different diafiltration times

| Sample                                | Protein (%)               | Carbohydrate (%)          | Ash (%)                   | Moisture (%)              | Fat (%)                   |
|---------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Control                               | 85.33 ± 0.42 <sup>a</sup> | 5.92 ± 0.38 <sup>d</sup>  | 3.61 ± 0.45 <sup>b</sup>  | 4.41 ± 0.25 <sup>c</sup>  | 0.73 ± 0.22 <sup>a</sup>  |
| Permeate 90 min (P <sub>90</sub> )    | 39.00 ± 0.21 <sup>d</sup> | 39.90 ± 1.10 <sup>a</sup> | 9.92 ± 0.10 <sup>a</sup>  | 10.18 ± 0.66 <sup>a</sup> | 0.94 ± 0.15 <sup>a</sup>  |
| Retentate 90 min (R <sub>90</sub> )   | 54.66 ± 0.28 <sup>c</sup> | 34.12 ± 0.66 <sup>b</sup> | 4.205 ± 0.64 <sup>b</sup> | 6.23 ± 0.73 <sup>bc</sup> | 0.80 ± 0.21 <sup>a</sup>  |
| Permeate 285 min (P <sub>285</sub> )  | 39.26 ± 0.40 <sup>d</sup> | 39.74 ± 0.63 <sup>a</sup> | 8.825 ± 0.67 <sup>a</sup> | 11.40 ± 0.25 <sup>a</sup> | 0.77 ± 0.28 <sup>a</sup>  |
| Retentate 285 min (R <sub>285</sub> ) | 75.28 ± 0.85 <sup>b</sup> | 14.01 ± 2.52 <sup>c</sup> | 4.06 ± 0.16 <sup>b</sup>  | 6.65 ± 0.12 <sup>b</sup>  | 0.95 ± 0.92 <sup>a</sup>  |
| Permeate 480 min (P <sub>480</sub> )  | 39.06 ± 0.54 <sup>d</sup> | 40.41 ± 0.86 <sup>a</sup> | 9.50 ± 0.64 <sup>a</sup>  | 10.12 ± 0.33 <sup>a</sup> | 0.870 ± 0.17 <sup>a</sup> |
| Retentate 480 min (R <sub>480</sub> ) | 83.12 ± 0.57 <sup>a</sup> | 7.11 ± 0.63 <sup>d</sup>  | 4.08 ± 0.29 <sup>b</sup>  | 4.67 ± 0.34 <sup>c</sup>  | 1.02 ± 0.14 <sup>a</sup>  |

\*Means within the same column with different letters are significantly different ( $P < 0.05$ ).

سیبزمینی را شامل می‌شوند و نقش مهمی در ویژگی‌های عملکردی ایزوله پروتئین سیبزمینی دارند [۲۴ و ۲۵]. همچنین وجود پلی‌فنول‌ها در پروتئین‌های تراوه و قابلیت واکنش این ترکیبات از طریق پیوندهای کووالانسی یا غیر کووالانسی با پروتئین می‌تواند منجر به کاهش حلالیت در نمونه‌های پروتئین تراوه شود [۲۵].

علاوه بر این‌ها pH محیط نیز به‌طور معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) حلالیت پروتئین‌ها را تحت تأثیر قرار داد به‌طوری‌که در نمونه شاهد و نمونه‌های ناتراوه با افزایش pH از ۳ تا ۷ به‌طور معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) حلالیت پروتئین‌ها افزایش یافت اما با افزایش pH از ۷ تا ۹ به‌طور معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) حلالیت آن‌ها را کاهش داد. با این‌وجود در نمونه‌های پروتئین تراوه با افزایش pH از ۳ تا ۹ به‌طور معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) حلالیت پروتئین افزایش یافت. پایین بودن میزان حلالیت در محدوده pH ۳ تا ۵ به دلیل قرار گرفتن پروتئین‌های سیبزمینی در نقطه ایزوالکتریک خود می‌باشد که منجر به تغییرات ساختاری در نتیجه ایجاد اتصالات عرضی و تغییر در بار خنثی پروتئین‌ها می‌شود [۲۶-۲۸]. به‌طوری‌که این نقطه برای گلیکوپروتئین‌های پاتاتین بین ۴/۸ - ۵/۲ گزارش شده است [۲۹]. نتایج مطالعات گذشته نیز نشان می‌دهد که حلالیت ایزوله‌های پروتئینی حاصل از سیبزمینی در محدوده‌ی pH ۴ تا ۶ در کمترین مقدار و در محدوده‌ی ۸ تا ۹ در بالاترین حد خود است [۷].

بررسی نتایج از نظر تأثیر زمان دیافیلتراسیون بر میزان حلالیت پروتئین‌ها نیز حاکی از این امر است که با افزایش زمان دیافیلتراسیون، میزان حلالیت نیز افزایش یافته است؛ زیرا باعث شستشوی بیشتر پروتئین و خالص‌سازی بیشتر پروتئین بیشتر خواهد شد [۳۰]. در واقع زمان دیافیلتراسیون فاکتوری کلیدی در افزایش میزان حلالیت پروتئین بوده است که این امر نیز در مطالعات Zwijnenberg و همکاران [۳۱] نیز تأیید شده است.

### ۲-۳- حلالیت

حلالیت پروتئین‌ها نه تنها در ارتباط با ساختار و محتوی پروتئین می‌باشد بلکه تحت تأثیر شرایط pH محیط نیز می‌باشد [۷]. نتایج حاصل از تأثیر زمان‌های مختلف دیافیلتراسیون (۹۰، ۲۸۵ و ۴۸۰ دقیقه) روی حلالیت پروتئین‌های استخراج‌شده از سیبزمینی در pH های متفاوت (۳، ۵، ۷ و ۹) در نمونه‌های تراوه و ناتراوه و مقایسه میانگین داده‌ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در جدول ۲ نشان داده شده است. بر اساس نتایج تحلیل واریانس داده‌ها مشخص شد که حلالیت پروتئین‌های سیبزمینی به‌طور معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) تحت تأثیر نوع نمونه (تراوه یا ناتراوه)، زمان فرآیند دیافیلتراسیون (۹۰، ۲۸۵ و ۴۸۰ دقیقه) و pH محیط (۳، ۵، ۷ و ۹) می‌باشد. بر این اساس همان‌طور که در جدول ۲ نشان داده شده است حلالیت پروتئین‌های ناتراوه به‌طور معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) بالاتر از حلالیت پروتئین‌های تراوه در همه pH های مورد مطالعه می‌باشد. از این رو بیشترین حلالیت مربوط به نمونه پروتئین ناتراوه در همه pH ها ثبت شد و کمترین حلالیت در همه pH ها نیز مربوط به پروتئین تراوه به دست آمد. همان‌طور که جدول ۲ نشان می‌دهد پروتئین ناتراوه در زمان دیافیلتراسیون ۴۸۰ دقیقه و pH معادل ۷ به‌طور معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) از بیشترین حلالیت نسبت به سایر تیمارها برخوردار می‌باشد و کمترین حلالیت در بین همه نمونه‌ها نیز مربوط به نمونه پروتئین تراوه در زمان ۲۸۵ دقیقه بود. علت بالا بودن میزان حلالیت نمونه‌های ناتراوه نسبت به نمونه‌های تراوه و شاهد، به دلیل وجود میزان بالاتر پروتئین پاتاتین در این نمونه‌ها و نیز وجود پلی‌فنول‌ها در نمونه‌های تراوه می‌باشد. پروتئین پاتاتین دارای وزن مولکولی بین ۴۵-۴۰ کیلو دالتون است و گروه وزنی ۴۱ کیلو دالتون این گلیکوپروتئین‌ها، در فرم دایمر با وزن مولکولی ۸۸ کیلو دالتون نیز وجود دارند. این پروتئین‌ها ۴۰-۳۵ درصد پروتئین‌های

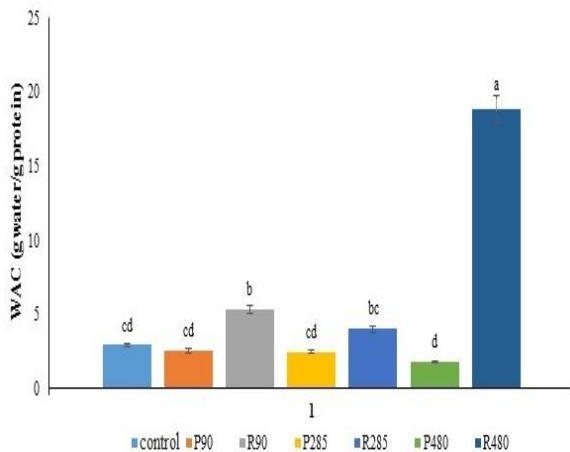
**Table 2** Solubility of potato proteins in different pH and diafiltration times.

| sample                                | pH 3                        | pH 5                        | pH 7                        | pH 9                        |
|---------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| control                               | 0.64 ± 0.014 <sup>dB</sup>  | 0.65 ± 0.007 <sup>EB</sup>  | 0.68 ± 0.000 <sup>DA</sup>  | 0.64 ± 0.003 <sup>DB</sup>  |
| Permeate 90min (P <sub>90</sub> )     | 0.22 ± 0.014 <sup>ED</sup>  | 0.41 ± 0.010 <sup>EC</sup>  | 0.42 ± 0.014 <sup>EB</sup>  | 0.69 ± 0.001 <sup>CA</sup>  |
| Retentate 90 min (R <sub>90</sub> )   | 19.79 ± 0.014 <sup>ED</sup> | 25.98 ± 0.007 <sup>EC</sup> | 52.07 ± 0.028 <sup>CA</sup> | 46.65 ± 0.056 <sup>EB</sup> |
| Permeate 285 min (P <sub>285</sub> )  | 0.21 ± 0.007 <sup>ED</sup>  | 0.33 ± 0.007 <sup>FC</sup>  | 0.49 ± 0.014 <sup>FB</sup>  | 0.53 ± 0.021 <sup>EA</sup>  |
| Retentate 285 min (R <sub>285</sub> ) | 26.78 ± 0.028 <sup>BD</sup> | 31.85 ± 0.021 <sup>BC</sup> | 68.30 ± 0.001 <sup>BA</sup> | 60.31 ± 0.007 <sup>BB</sup> |
| Permeate 480 min (P <sub>480</sub> )  | 0.24 ± 0.014 <sup>ED</sup>  | 0.35 ± 0.007 <sup>FC</sup>  | 0.56 ± 0.000 <sup>EB</sup>  | 0.64 ± 0.007 <sup>DA</sup>  |
| Retentate 480 min (R <sub>480</sub> ) | 33.20 ± 0.007 <sup>AD</sup> | 39.64 ± 0.014 <sup>AC</sup> | 82.11 ± 0.021 <sup>AA</sup> | 70.47 ± 0.021 <sup>AB</sup> |

Means within the same column and rows with different letters (small and capital respectively) are significantly\* different ( $P < 0.05$ ).

جذب آب پروتئین‌های سیب‌زمینی شاهد بود.

### ۳-۳- ظرفیت جذب آب



**Fig 1** Water absorption capacity (WAC) of potato proteins in different diafiltration times.

دلیل این تفاوت‌ها احتمالاً در ارتباط با موارد مختلفی می‌باشد. وجود گروه‌های آب‌دوست بیشتر و محتوی پروتئین بالاتر از مهم‌ترین عوامل قابلیت جذب و نگهداری آب در ساختار پروتئین‌ها می‌باشند؛ بنابراین با استفاده از فرآیند دیافیلتراسیون احتمالاً پروتئین‌های بیشتری استخراج (تغلیظ) می‌شوند که محتوی پروتئین کل را نیز افزایش می‌دهند. با افزایش زمان فرآیند دیافیلتراسیون پروتئین‌های بیشتری تغلیظ می‌شوند و از طرف دیگر پروتئین کمتری از فیلتر عبور می‌نماید. با افزایش تغلیظ پروتئین، محتوی ترکیبات پروتئینی و محتوی ترکیبات آب‌دوست نیز بیشتر خواهد شد که همراه با افزایش میزان جذب آب توسط پروتئین‌های سیب‌زمینی می‌گردد [۳۳-۳۴]. این یافته‌ها با نتایج دیگر محققین از لحاظ ظرفیت جذب آب مطابقت داشت. Jukkola و همکاران [۳۵] به مطالعه استخراج پروتئین از گلوبول‌های چربی شیر با استفاده از فرآیند میکرودیافیلتراسیون پرداختند. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده توسط این محققین مشخص شد که افزایش زمان میکرو-دیافیلتراسیون منجر به افزایش محتوی پروتئین استخراج شده خواهد شد که همراه با افزایش قابلیت جذب و نگهداری

کنفورماسیون فضایی پروتئین‌ها، تعادل هیدروفیلیک-هیدروفوبیک اسیدهای آمینه و سایر خصوصیات ذاتی آن‌ها در ارتباط با ظرفیت جذب آب پروتئین‌ها شناخته می‌شوند. علاوه بر این‌ها شرایط استخراج (ترسیب) پروتئین و شرایط محیطی نیز روی ظرفیت جذب آب پروتئین‌ها مؤثر هستند [۳۲]. نتایج حاصل از اندازه‌گیری ظرفیت جذب آب توسط پروتئین استخراج‌شده از سیب‌زمینی و مقایسه میانگین داده‌ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در شکل ۱ نشان داده شده است. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن نشان داد که ظرفیت جذب آب پروتئین‌های سیب‌زمینی (تراوه و ناتراوه) در مقایسه با نمونه شاهد به‌طور معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) وابسته به زمان فرآیند دیافیلتراسیون و نوع نمونه (تراوه و ناتراوه) می‌باشد. برای این اساس همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شده است نمونه‌های ناتراوه در همه زمان‌های دیافیلتراسیون به‌طور معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) دارای بالاترین ظرفیت جذب آب در مقایسه با نمونه شاهد و نمونه پروتئین تراوه می‌باشند. همچنین مشخص شد که با افزایش زمان دیافیلتراسیون از ۹۰ دقیقه تا ۴۸۰ دقیقه میزان جذب آب پروتئین‌ها ناتراوه به‌طور معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) افزایش و میزان جذب آب پروتئین‌های تراوه کاهش می‌یابد. به‌طوری‌که بالاترین میزان جذب آب پروتئین‌های ناتراوه  $18.8 \pm 0.35$  گرم آب به ازای هر گرم پروتئین) در زمان ۴۸۰ دقیقه و بالاترین میزان جذب آب پروتئین‌های تراوه  $2.1 \pm 0.186$  گرم آب به ازای هر گرم پروتئین) در زمان ۹۰ دقیقه به دست آمد. همچنین مشخص شد که در همه زمان‌های استخراج پروتئین سیب‌زمینی ظرفیت جذب آب پروتئین ناتراوه به‌طور معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) بالاتر از نمونه شاهد بود اما در همه زمان‌های استخراج ظرفیت جذب آب پروتئین‌های تراوه سیب‌زمینی به‌طور معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) پایین‌تر از ظرفیت

پروتئین تراوه و نمونه شاهد می‌باشند. نتایج نشان داد که در بین همه نمونه‌ها، نمونه شاهد به‌طور معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) دارای کمترین میزان جذب روغن ( $0.14 \pm 1/80$  درصد) و نمونه پروتئین ناتراوه در زمان دیافیلتراسیون ۹۰ دقیقه به‌طور معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) دارای بالاترین ظرفیت جذب روغن ( $1/21 \pm 59/09$  درصد) می‌باشد؛ بنابراین احتمالاً پروتئین‌های ناتراوه به دلیل گروه‌های جانبی چربی‌دوست بیشتری که دارند قابلیت جذب و نگهداری روغن بیشتری نسبت به پروتئین‌های تراوه دارند [۱۳]. این یافته‌ها با نتایج دیگر محققین نیز در ارتباط با جذب روغن توسط پروتئین سیب‌زمینی مطابقت داشت. Jeżowski و همکاران [۳۷] به مطالعه جذب روغن توسط پروتئین‌های استخراج‌شده از ضایعات آب سیب‌زمینی با استفاده از روش فرایالایش پرداختند. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده توسط این محققین مشاهده کردند که پروتئین سیب‌زمینی به دلیل وجود برخی از گروه‌های آب‌دوست در زنجیره‌های جانبی خود قابلیت جذب و نگهداری فیزیکی روغن بودند که این محققین استفاده از این پروتئین را برای جایگزینی گوشت در محصولات شبیه‌سازی شده گوشت پیشنهاد دادند؛ بنابراین بر اساس نتایج به‌دست‌آمده در پژوهش حاضر پروتئین‌های ناتراوه سیب‌زمینی دارای ظرفیت جذب روغن مناسبی هستند که برای به‌کارگیری در محصولات غذایی مختلف نظیر جایگزین گوشت و سوسیس‌های گیاهی مناسب می‌باشند.

پروتئین‌های استخراج‌شده بود. براین اساس، این محققین اعلام نمودند که افزایش محتوی پروتئین استخراج‌شده توسط فرآیند دیافیلتراسیون از گلوبول‌های چربی شیر همراه با افزایش بخش آب‌دوست پروتئین‌ها خواهد بود که می‌تواند منجر به افزایش قابلیت جذب آب توسط آن‌ها شود.

### ۳-۴- جذب روغن (OAC)

مکانیسم جذب روغن می‌تواند در ارتباط با به دام اندازی فیزیکی روغن و قابلیت اتصال زنجیره‌های چربی گروه‌های جانبی غیرقطبی پروتئین‌ها نسبت داد. قابلیت جذب روغن می‌تواند مزایایی را از قبیل اتصال به ترکیبات طعمی و کاهش میزان ترشیدگی اکسیداتیو داشته باشد [۳۶]. جدول ۳ نتایج مربوط به تغییرات میزان جذب روغن پروتئین سیب‌زمینی استخراج‌شده با فرآیند فرایالایش و زمان‌های مختلف دیافیلتراسیون (۹۰، ۲۸۵ و ۴۸۰ دقیقه) در نمونه‌های پروتئین تراوه و ناتراوه در مقایسه با نمونه شاهد و مقایسه میانگین داده‌ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج تحلیل واریانس داده‌ها نشان داد که ظرفیت جذب روغن پروتئین‌های سیب‌زمینی (تراوه و ناتراوه) در مقایسه با نمونه شاهد به‌طور معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) وابسته به زمان فرآیند دیافیلتراسیون و نوع نمونه (تراوه و ناتراوه) می‌باشد. از این‌رو همان‌طور که در جدول ۳ نشان داده شده است نمونه پروتئین‌های ناتراوه سیب‌زمینی به‌طور معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) دارای ظرفیت جذب روغن بالاتری نسبت به نمونه‌های

**Table 3** Oil absorption capacity (OAC) of potato proteins in different diafiltration times.

| sample                   | OBC (g oil/ g protein)     |
|--------------------------|----------------------------|
| Control                  | 1.80 ± 0.14 <sup>d</sup>   |
| Permeate 90min (P90)     | 32.13 ± 1.754 <sup>c</sup> |
| Retentate 90 min (R90)   | 59.09 ± 1.214 <sup>a</sup> |
| Permeate 285 min (P285)  | 33.09 ± 1.17 <sup>c</sup>  |
| Retentate 285 min (R285) | 39.48 ± 1.80 <sup>b</sup>  |
| Permeate 480 min (P480)  | 28.72 ± 1.12 <sup>c</sup>  |
| Retentate 480 min (R480) | 32.94 ± 2.43 <sup>c</sup>  |

Means with different letters are significantly different ( $P < 0.05$ ).

نمونه‌های پروتئین تراوه و ناتراوه در مقایسه با نمونه شاهد و مقایسه میانگین داده‌ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج تحلیل واریانس داده‌ها نشان داد که اندیس فعالیت امولسیون‌کنندگی و اندیس پایداری امولسیون توسط پروتئین‌های استخراج‌شده از سیب‌زمینی (تراوه و ناتراوه) در مقایسه با نمونه شاهد به‌طور معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) وابسته به زمان فرآیند دیافیلتراسیون و نوع نمونه

### ۳-۵- اندیس فعالیت امولسیون‌کنندگی و

#### اندیس پایداری امولسیون

جدول ۴ نتایج مربوط به تغییرات میزان اندیس فعالیت امولسیون‌کنندگی و اندیس پایداری امولسیون توسط پروتئین‌های استخراج‌شده از سیب‌زمینی با فرآیند فرایالایش و زمان‌های مختلف دیافیلتراسیون (۹۰، ۲۸۵ و ۴۸۰ دقیقه) در

قرار دهد [۳۸]. همان‌طور که گفته شد تفاوت در اندیس فعالیت امولسیون‌کنندگی و در نتیجه اندیس پایداری امولسیون می‌تواند در ارتباط با محتوی پاتاتین پروتئین استخراج شده از سیب‌زمینی باشد. این پروتئین حدود ۴۰ درصد از پروتئین‌های تشکیل دهنده سیب‌زمینی را شامل می‌شود عامل اصلی خصوصیات تکنولوژیکی و عملکردی پروتئین سیب‌زمینی می‌باشد. بر این اساس مطالعات نشان داده که این پروتئین دارای فعالیت امولسیون‌کنندگی مناسب می‌باشد [۲۴ و ۳۹]. از این رو محتوی بالاتر این پروتئین در حین فرآیند استخراج می‌تواند منجر به فعالیت امولسیون‌کنندگی و پایداری امولسیونی بیشتر شود [۴۰]. به همین خاطر احتمالاً با افزایش زمان دیافیلتراسیون محتوی بالاتری پروتئین و در نتیجه پاتاتین استخراج می‌شود که باعث افزایش خاصیت امولسیون‌کنندگی و افزایش پایداری امولسیون خواهد شد. این یافته‌ها با نتایج دیگر محققین در ارتباط با فعالیت امولسیون‌کنندگی و پایداری امولسیونی پروتئین‌ها مطابقت داشت. Elsohaimy و همکاران [۴۱] به مطالعه فعالیت امولسیون‌کنندگی و پایداری امولسیونی توسط پروتئین استخراج‌شده از کینوا پرداختند. بر اساس نتایج این محققین مشخص شد که افزایش محتوی پروتئین استخراج‌شده از دانه کینوا منجر به افزایش قابلیت امولسیون‌کنندگی و پایداری امولسیونی شد. آن‌ها این خاصیت امولسیون‌کنندگی را به پروتئین‌های غالب دانه کینوا با وزن مولکولی ۵۵ کیلو دالتون (گلوبولین‌ها) نسبت دادند. همچنین Waglay و همکاران [۱۰] به مطالعه قابلیت امولسیون‌کنندگی ایزوله پروتئین سیب‌زمینی پرداختند. بر اساس نتایج این محققین مشخص شد که ایزوله پروتئین سیب‌زمینی به دلیل دارا بودن محتوی بالاتر پروتئین پاتاتین از قابلیت امولسیون‌کنندگی بالایی برخوردار بود. آن‌ها این قابلیت را خاصیت امولسیفایری این پروتئین و قرارگیری آن در سطح مشترک آب-روغن نسبت دادند.

(تراوه و ناتراوه) می‌باشد. همان‌طور که در جدول ۴ نشان داده شده است بالاترین اندیس فعالیت امولسیون‌کنندگی در بین همه نمونه‌ها مربوط به نمونه شاهد ( $0.28 \pm 0.82 \text{ m}^2/\text{g}$ ) می‌باشد. بر این اساس همان‌طور که در جدول ۴ نشان داده شده است با افزایش زمان دیافیلتراسیون میزان اندیس فعالیت امولسیون‌کنندگی در کلیه نمونه‌های تراوه به‌طور معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) از  $0.26 \pm 0.23 \text{ m}^2/\text{g}$  تا  $0.00 \pm 0.00 \text{ m}^2/\text{g}$  کاهش یافت به‌طوری‌که نمونه پروتئین تراوه استخراج‌شده از سیب‌زمینی در زمان دیافیلتراسیون ۴۸۰ دقیقه فاقد فعالیت امولسیون‌کنندگی بود. با این وجود افزایش زمان دیافیلتراسیون به‌منظور استخراج پروتئین از سیب‌زمینی به‌طور معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) منجر به افزایش اندیس فعالیت امولسیون‌کنندگی از  $0.33 \pm 0.33 \text{ m}^2/\text{g}$  تا  $0.03 \pm 0.71 \text{ m}^2/\text{g}$  در پروتئین‌ها ناتراوه سیب‌زمینی شد. علت این امر می‌تواند به دلیل حضور پروتئین پاتاتین بیشتر در نمونه‌های با اندیس فعالیت امولسیون‌کنندگی بالا باشد؛ زیرا این گروه از پروتئین‌ها در مقایسه با پروتئین‌های ممانعت‌کننده پروتئاز نقش بیشتری در قابلیت امولسیون‌کنندگی پروتئین سیب‌زمینی دارند [۲۴]. علاوه بر این‌ها مشخص شد که با افزایش زمان دیافیلتراسیون از ۹۰ تا  $147/48 \pm 7/232 \text{ min}$  تا  $0.00 \pm 0.00 \text{ min}$  کاهش یافت. همچنین با افزایش زمان دیافیلتراسیون به‌طور معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) اندیس پایداری امولسیون توسط پروتئین‌های تراوه سیب‌زمینی از  $18/33 \pm 2/77 \text{ m}^2/\text{g}$  تا  $0.43 \pm 10/6 \text{ m}^2/\text{g}$  افزایش یافت. پایداری امولسیون می‌تواند به‌عنوان توانایی سیستم برای مقابله با تغییر خصوصیات فیزیکی‌شیمیایی محصول در گذشت زمان تعریف نمود. پایداری امولسیون یک عامل کلیدی و حیاتی در برخی از کاربردهای صنعتی از جمله پوشش‌ها، انکپسولاسیون و طراحی محصولات جدید می‌باشد. تفاوت در روش‌ها و تیمارها می‌تواند پایداری امولسیونی توسط پروتئین‌ها را تحت تأثیر

**Table 4** Emulsion activity and stability of potato proteins in different diafiltration times.

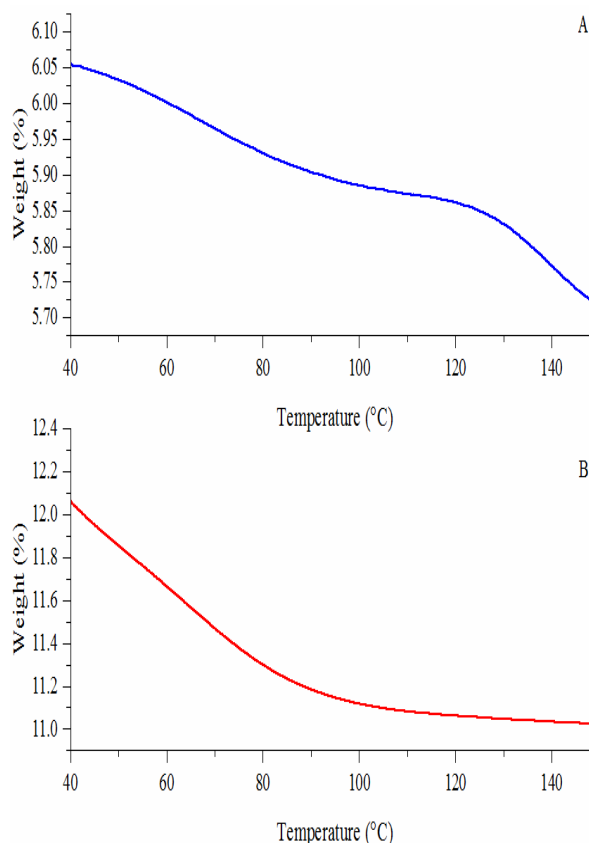
| Sample                   | Emulsifying activity Index | Emulsion Stability Index |
|--------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Control                  | $82.33 \pm 0.02^a$         | $138.30 \pm 7.28^a$      |
| Permeate 90min (P90)     | $5.26 \pm 0.23^d$          | $147.48 \pm 2.23^a$      |
| Retentate 90 min (R90)   | $8.33 \pm 0.33^b$          | $18.33 \pm 3.77^d$       |
| Permeate 285 min (P285)  | $3.00 \pm 0.87^e$          | $73.72 \pm 2.74^c$       |
| Retentate 285 min (R285) | $6.68 \pm 0.58^c$          | $76.71 \pm 0.57^c$       |
| Permeate 480 min (P480)  | $0.00 \pm 0.00^f$          | $0.00 \pm 0.00^e$        |
| Retentate 480 min (R480) | $8.71 \pm 0.03^b$          | $106.08 \pm 0.43^b$      |

\*Means within the same column with different letters are significantly different ( $P < 0.05$ ).



## ۳-۶- خصوصیات حرارتی

نتایج آنالیز حرارتی نمونه‌های پروتئین شاهد و نمونه پروتئین سیب‌زمینی ناتراوه در زمان دیافیلتراسیون ۴۸۰ دقیقه ( $R_{480}$ ) در دامنه حرارتی ۴۰ تا ۱۵۰ درجه سلسیوس در شکل ۲ نشان داده شده است.



**Fig 2** Differential Scanning Calorimetry (DSC) of potato proteins. (A) blank, (B) potato protein with 480 min diafiltration time.

بر اساس نتایج حاصل از آنالیز حرارتی هر دو نمونه پروتئین مشخص شد که میزان افت وزن به‌طور معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) وابسته به نوع نمونه می‌باشد. براین اساس همان‌طور که در شکل ۲ نشان داده شده است نمونه شاهد دارای افت وزن کمتری نسبت به نمونه پروتئین ناتراوه حاصل از زمان ۴۸۰ دقیقه دیافیلتراسیون می‌باشد. این امر بیانگر افت رطوبت و شکست پیوندهای هیدروژنی بیشتر در نمونه  $R_{480}$  می‌باشد؛ بنابراین می‌توان گفت که قابلیت آب دوستی و جذب آب پروتئین‌های سیب‌زمینی  $R_{480}$  بیشتر از نمونه شاهد می‌باشد [۴۲]. این یافته‌ها با نتایج دیگر محققین از لحاظ خصوصیات حرارتی مطابقت داشت. Li و همکاران [۴۳] به مطالعه تشکیل

کمپلکس فیبرهای محلول در آب و ترکیبات پلی فنولی در ریشه درخت کنار را مورد ارزیابی و مطالعه قرار دادند. بر اساس نتایج آنالیز حرارتی نمونه‌ها توسط این محققین مشخص شد که نمونه‌ها در دامنه ۴۰-۱۵۰ درجه سلسیوس دچار افت وزن شدند. آن‌ها این افت وزن را به تبخیر رطوبت و شکستن پیوندهای هیدروژنی نسبت دادند. براین اساس محققین بیان کردند که نمونه‌هایی که دچار افت وزن بیشتری شدند از قابلیت آب‌دوستی و جذب آب بالاتری برخوردار می‌باشند.

## ۴- نتیجه‌گیری

این مطالعه استخراج پروتئین از سیب‌زمینی به‌عنوان منبع بالقوه از پروتئین‌های با خصوصیات عملکردی مناسب صورت گرفت. برای این منظور پروتئین عصاره سیب‌زمینی با استفاده از فرآیند فراپالایش همراه با فرآیند دیافیلتراسیون در زمان‌های مختلف ۹۰ تا ۴۸۰ دقیقه استخراج شد و خصوصیات پروتئین تراوه و ناتراوه در این زمان‌های مختلف با پروتئین سیب‌زمینی نمونه شاهد مقایسه شد. خصوصیات عملکردی پروتئین‌های استخراج‌شده از لحاظ حلالیت، ظرفیت جذب آب و روغن، اندیس فعالیت امولسیون‌کنندگی و اندیس پایداری امولسیون مورد ارزیابی قرار گرفت و در نهایت خصوصیات حرارتی پروتئین استخراج‌شده سیب‌زمینی با پروتئین نمونه شاهد مقایسه شد. حلالیت پروتئین‌ها در دامنه pH ۳ تا ۹ ارزیابی شد. نتایج حلالیت پروتئین‌های تراوه نشان داد که اگرچه با افزایش pH از ۳ تا ۹ میزان حلالیت آن‌ها به‌طور معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) افزایش می‌یابد اما در نمونه‌ها پروتئین ناتراوه و پروتئین شاهد با افزایش pH از ۳ تا ۷ میزان حلالیت آن‌ها به‌طور معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) افزایش یافت ولی با افزایش میزان pH از ۷ تا ۹ به‌طور معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) حلالیت این پروتئین‌ها کاهش یافت. مقایسه میزان حلالیت پروتئین‌ها نشان داد که میزان حلالیت پروتئین‌های ناتراوه به‌طور معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) از پروتئین‌های شاهد و پروتئین‌های نمونه تراوه بالاتر بود. علاوه بر این نتایج نشان داد که در نمونه‌های پروتئین ناتراوه سیب‌زمینی میزان ظرفیت جذب آب نیز بیشتر از سایر نمونه‌ها می‌باشد. مقایسه ظرفیت جذب روغن پروتئین‌های ناتراوه با سایر پروتئین‌ها نشان داد که میزان جذب روغن پروتئین ناتراوه به‌طور معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) بیشتر از پروتئین تراوه می‌باشد. ارزیابی فعالیت امولسیفایری و پایداری

- Bednarski, W. (1982). Processing of potato protein concentrates and their properties. *Journal of Food Science*, 47(1), 167-172.
- [7] Ralet, M. C., & Guéguen, J. (2000). Fractionation of potato proteins: solubility, thermal coagulation and emulsifying properties. *LWT-Food Science and Technology*, 33(5), 380-387.
- [8] Ovissipour, M., Kenari, A. A., Motamedzadegan, A., Rasco, B., & Nazari, R. M. (2011). Optimization of protein recovery during hydrolysis of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) visceral proteins. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 20(2), 148-159.
- [9] Waglay, A., Karboune, S., & Alli, I. (2014). Potato protein isolates: Recovery and characterization of their properties. *Food chemistry*, 142, 373-382.
- [10] Waglay, A., Achouri, A., Karboune, S., Zareifard, M. R., & L'Hocine, L. (2019). Pilot plant extraction of potato proteins and their structural and functional properties. *LWT*, 113, 108275.
- [11] Omrani Khiabani, N., Motamedzadegan, A., Naghizadeh Raisi, S., & Alimi, M. (2020). Chemical, textural, rheological, and sensorial properties of wheyless feta cheese as influenced by replacement of milk protein concentrate with pea protein isolate. *Journal of texture studies*, 51(3), 488-500.
- [12] Mohammadi, A., Shahidi, S. A., Rafe, A., Naghizadeh Raeisi, S., & Ghorbani-HasanSaraei, A. (2022). Extraction and characterization of rice bran protein and its utilization in low-fat dairy dessert as a substitute for dairy protein. *Journal of food science and technology (Iran)*, 19(124), 157-170.
- [13] Miedzianka, J., Pęksa, A., & Aniołowska, M. (2012). Properties of acetylated potato protein preparations. *Food Chemistry*, 133(4), 1283-1291.
- [14] Dabestani, S., Arcot, J., & Chen, V. (2017). Protein recovery from potato processing water: Pre-treatment and membrane fouling minimization. *Journal of Food Engineering*, 195, 85-96.
- [15] AOAC (American Society of Brewing Chemists). (1958). Methods of analysis. American Society of brewing chemists. 16th ed. Washington, DC. Methods No. 923.03, 925.09, 960.36, 996.11.
- امولسیون کنندگی نشان داد که با افزایش زمان دیافیلتراسیون به‌طور معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) فعالیت امولسیفایری و پایداری امولسیون کنندگی در نمونه ناتراوه بیشتر شد ولی این شاخص‌ها در نمونه تراوه به‌طور معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) کاهش یافتند. آنالیز حرارتی پروتئین ناتراوه در مقایسه با پروتئین نمونه شاهد نشان داد که پروتئین ناتراوه سیب‌زمینی دارای ظرفیت جذب آب بالاتری می‌باشد. به‌طور کلی بر اساس نتایج به‌دست‌آمده می‌توان نتیجه گرفت که با استفاده از فرآیند فرآپالایش همراه با فرآیند دیافیلتراسیون در زمان ۴۸۰ دقیقه می‌توان پروتئین‌های سیب‌زمینی با خصوصیات عملکردی مناسب استخراج نمود که خصوصیات عملکردی آن‌ها با پروتئین‌های تجاری سیب‌زمینی قابل مقایسه می‌باشد.

## ۵- منابع

- [1] Faridi Myvan, F., Jami Al-Ahmadi, M., Eslami, S. V., & Shojaei Noferest, K. (2022). Role of potassium in modifying the potato physiological responses to irrigation regimes under different planting patterns. *Potato Research*, 1-20.
- [2] Singh, J., Colussi, R., McCarthy, O. J., & Kaur, L. (2016). Potato starch and its modification. In *Advances in potato chemistry and technology* (pp. 195-247). Academic Press.
- [3] Leonel, M., Do Carmo, E. L., Fernandes, A. M., Soratto, R. P., Eburneo, J. A. M., Garcia, É. L., & Dos Santos, T. P. R. (2017). Chemical composition of potato tubers: the effect of cultivars and growth conditions. *Journal of food science and technology*, 54(8), 2372-2378.
- [4] Hussain, M., Qayum, A., Xiuxiu, Z., Liu, L., Hussain, K., Yue, P., ... & Li, X. (2021). Potato protein: An emerging source of high quality and allergy free protein, and its possible future based products. *Food Research International*, 148, 110583.
- [5] Karimi, F., Hamidian, Y., Behrouzifar, F., Mostafazadeh, R., Ghorbani-HasanSaraei, A., Alizadeh, M., Mortazavi, S.M., Janbazi, M. and Asrami, P.N. (2022). An applicable method for extraction of whole seeds protein and its determination through Bradford's method. *Food and Chemical Toxicology*, 164, 113053.
- [6] Wojnowska, I., Poznanski, S., &

- sweet potato protein. *Food Chemistry*, 112(4), 1002-1005.
- [26] Van Koningsveld, G. A., Gruppen, H., de Jongh, H. H., Wijngaards, G., van Boekel, M. A., Walstra, P., & Voragen, A. G. (2001). Effects of pH and heat treatments on the structure and solubility of potato proteins in different preparations. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(10), 4889-4897.
- [27] Sarabi Aghdam, V., Hosseini Parvar, S. H., Motamedzadegan, A., & Razi, S. M. (2021). Phase behavior and rheological properties of basil seed gum/whey protein isolate mixed dispersions and gels. *Food Science & Nutrition*, 9(4), 1881-1895.
- [28] Naghizadeh Raeisi, S., Mohamadi Rami, A., Shahidi, S. A., & Ghorbani-HasanSaraei, A. (2019). Functional characteristics of rice bran protein isolate (Hashemi cultivar). *Journal of food science and technology (Iran)*, 15(85), 467-478.
- [29] van Koningsveld, G. A., Gruppen, H., de Jongh, H. H. J., Wijngaards, G., van Boekel, M. A. J. S., Walstra, P., & Voragen, A. G. J. (2002). The solubility of potato proteins from industrial potato fruit juice as influenced by pH and various additives. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82(1), 134-142.
- [30] Ribeiro, C., Santos, E. T., Costa, L., Brazinha, C., Saraiva, P., & Crespo, J. G. (2022). Nannochloropsis sp. Biorefinery: Recovery of Soluble Protein by Membrane Ultrafiltration/Diafiltration. *Membranes*, 12(4), 401.
- [31] Zwijnenberg, H. J., Kemperman, A. J., Boerrigter, M. E., Lotz, M., Dijksterhuis, J. F., Poulsen, P. E., & Koops, G. H. (2002). Native protein recovery from potato fruit juice by ultrafiltration. *Desalination*, 144(1-3), 331-334.
- [32] Chen, Y., Chen, J., Chang, C., Chen, J., Cao, F., Zhao, J., ... & Zhu, J. (2019). Physicochemical and functional properties of proteins extracted from three microalgal species. *Food Hydrocolloids*, 96, 510-517.
- [33] Bao, Y., & Ertbjerg, P. (2019). Effects of protein oxidation on the texture and water-holding of meat: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(22), 3564-3578.
- [34] Ma, D., & Kim, Y. H. B. (2020). Proteolytic changes of myofibrillar and small
- [16] Van Gelder, W. M. J. (1981). Conversion factor from nitrogen to protein for potato tuber protein. *Potato Research*, 24(4), 423-425.
- [17] 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.
- [18] Mazinani, S., Motamedzadegan, A., Naghizadeh Raeisi, S., & Alimi, M. (2020). Impact of pea protein isolate in partial substitution of milk protein concentrate on the microstructural, rheological, and sensory properties of bacteriologically acidified feta-type cheese. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(6), e14448.
- [19] Ghorbani HasanSaraei, A., Rafe, A., Shahidi, S. A., & Atashzar, A. (2019). Microstructure and chemorheological behavior of whipped cream as affected by rice bran protein addition. *Food Science & Nutrition*, 7(2), 875-881.
- [20] Stone, A. K., Karalash, A., Tyler, R. T., Warkentin, T. D., & Nickerson, M. T. (2015). Functional attributes of pea protein isolates prepared using different extraction methods and cultivars. *Food research international*, 76, 31-38.
- [21] Karaca, A. C., Low, N., & Nickerson, M. (2011). Emulsifying properties of canola and flaxseed protein isolates produced by isoelectric precipitation and salt extraction. *Food Research International*, 44(9), 2991-2998.
- [22] Liang, H. N., & Tang, C. H. (2013). pH-dependent emulsifying properties of pea [*Pisum sativum* (L.)] proteins. *Food Hydrocolloids*, 33(2), 309-319.
- [23] Zhang, M., Mu, T-H. (2017). Antioxidant peptides from sweet potato protein hydrolysates by alcalase under high pressure. *Innovative Food science & Emerging Technology*, 43, 92-101.
- [24] Fu, Y., Liu, W. N., & Soladoye, O. P. (2020). Towards potato protein utilisation: Insights into separation, functionality and bioactivity of patatin. *International Journal of Food Science & Technology*, 55(6), 2314-2322.
- [25] Mu, T. H., Tan, S. S., & Xue, Y. L. (2009). The amino acid composition, solubility and emulsifying properties of

- bioinformatics: Stabilization of fish oil-in-water emulsions. *Food Hydrocolloids*, 101, 105529.
- [40] Schmidt, J. M., Damgaard, H., Greve-Poulsen, M., Larsen, L. B., & Hammershøj, M. (2018). Foam and emulsion properties of potato protein isolate and purified fractions. *Food Hydrocolloids*, 74, 367-378.
- [41] Elsohaimy, S. A., Refaay, T. M., & Zaytoon, M. A. M. (2015). Physicochemical and functional properties of quinoa protein isolate. *Annals of Agricultural Sciences*, 60(2), 297-305.
- [42] Jing, Y., Huang, J., & Yu, X. (2019). Maintenance of the antioxidant capacity of fresh-cut pineapple by procyanidin-grafted chitosan. *Postharvest Biology and Technology*, 154, 79-86.
- [43] Li, S., Li, J., Zhu, Z., Cheng, S., He, J., & Lamikanra, O. (2020). Soluble dietary fiber and polyphenol complex in lotus root: Preparation, interaction and identification. *Food Chemistry*, 314, 126219.
- heat shock proteins in different bovine muscles during aging: Their relevance to tenderness and water-holding capacity. *Meat science*, 163, 108090.
- [35] Jukkola, A., Partanen, R., Rojas, O. J., & Heino, A. (2018). Effect of heat treatment and pH on the efficiency of micro-diafiltration for the separation of native fat globules from cream in butter production. *Journal of Membrane Science*, 548, 99-107.
- [36] Kinsella, J. E. (1979). Functional properties of soy proteins. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 56(3Part1), 242-258.
- [37] Jeżowski, P., Polcyn, K., Tomkowiak, A., Rybicka, I., & Radzikowska, D. (2020). Technological and antioxidant properties of proteins obtained from waste potato juice. *Open Life Sciences*, 15(1), 379-388.
- [38] Goodarzi, F., & Zendehboudi, S. (2019). A comprehensive review on emulsions and emulsion stability in chemical and energy industries. *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, 97(1), 281-309.
- [39] García-Moreno, P.J., Jacobsen, C., Marcatili, P., Gregersen, S., Overgaard, M.T., Andersen, M.L., Sørensen, A.D.M. and Hansen, E.B. (2020). Emulsifying peptides from potato protein predicted by



## Scientific Research

## Physicochemical and Functional Properties of Protein Extracted from Potato

Shokraneh, N.<sup>1</sup>, Alimi, M.<sup>1\*</sup>, Shahidi, S. A.<sup>1</sup>, Mizani, M.<sup>1</sup>,  
Bameni Moghadam, M.<sup>2</sup>

1. Department of Food Science and Technology, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran.

2. Department of Statistics, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran.

## ARTICLE INFO

## ABSTRACT

## Article History:

Received 2022/ 09/ 03

Accepted 2022/ 10/ 09

## Keywords:

Diafiltration,  
Functional Properties,  
Potato,  
Protein Extraction,  
Ultrafiltration.

DOI: 10.22034/FSCT.19.130.269

DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.130.22.1

\*Corresponding Author E-Mail:  
ahooora\_mazdak@yahoo.com

The aim of this study is extraction of potato protein via incorporation of ultrafiltration with different diafiltration times (90, 285 and 480 min), and evaluation of physicochemical and functional properties of extracted protein. So, in terms of functional characteristics (solubility, water and oil absorption capacity, emulsifying activity and emulsion stability) the concentrated permeate and retentate proteins, have been compared with control sample. In retentate and control samples the solubility increases significantly ( $P < 0.5$ ) with raising the pH from 3 to 7, inverse it decreased between the 7 to 9. In addition, it was found that the solubility of retentate proteins were significantly ( $P < 0.5$ ) more than control and permeated proteins. Also, the water absorption capacity of retentate proteins (18.85 g Water/ g protein Retentate 480 min) were more than the other samples (2.54 g Water/ g protein Permeate 90 min). Whereas, oil absorption capacity was significantly ( $P < 0.5$ ) depended on diafiltration time and process. In a way that, by increasing the time this parameter dropped in all of the samples. It was also found that, the oil absorption of retentate samples (59.09 g oil/ g protein Retentate 90 min) were significantly ( $P < 0.5$ ) more than the permeate ones (32.13 g oil/ g protein Permeate 90 min). Emulsifying activity and solubility of retentate samples were significantly grew by addition of diafiltration time, while these indexes reduced in permeate samples. The thermal analysis of retentate sample (with 480 diafiltration time) indicated that, it had higher water absorption capacity than control.