

## نقش نوع آرد سویا و روش تولید بر خصوصیات شیمیایی و عملکردی کنسانتره پروتئینی حاصل از آن

مریم رواقی<sup>۱</sup>، مصطفی مظاهری تهرانی<sup>۲\*</sup> و احمد آسوده<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۸۹/۱/۲۹

تاریخ پذیرش: ۹۰/۲/۶

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- استادیار، گروه بیوشیمی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد

\*مسئول مکاتبه: E-mail: Ravaghi.maryam@gmail.com

### چکیده

کنسانتره پروتئینی سویا یکی از معروف ترین اجزاء غذایی است که خصوصاً از آرد سویای چربی گیری شده و پس از فرایند حلال گیری سریع با حداکثر شاخص پخش پذیری پروتئین (PDI) تولید می شود، اما گاهی اوقات از سایر انواع آرد به منظور تولید محصولاتی با خصوصیات متفاوت استفاده می گردد. در این تحقیق، چهار نوع آرد سویای تجاری شامل آرد سویا با چربی کامل (چربی ۲۲/۰۸ و PDI ۲۸/۷۲)، آرد سویای چربی گیری شده (چربی ۳/۶۷ و ۵۵/۱۰ و PDI)، آرد سویای چربی گیری شده و برشته (چربی ۳/۷۸ و PDI ۱۰/۷۲) و آرد سویای کم چرب (چربی ۱۴/۳۴ و PDI ۳۲/۷۸) جهت تولید کنسانتره به دو روش تولید متفاوت (شستشو با محلول الکلی و شستشو با محلول اسیدی) مورد استفاده قرار گرفت و خصوصیات شیمیایی و خواص عملکردی کلیدی تعیین گردید. تولید کنسانتره از آرد سویای با چربی کامل بازده بالاتری داشت، اما محتوای پروتئین آن به دلیل روغن باقیمانده کمتر بود. روش شستشوی الکلی بازده بالاتری ایجاد کرد در حالی که محتوای پروتئین، چربی و فیبر کاهش یافت. PDI محصول در روش شستشو با محلول الکلی پایین تر بود و بر خلاف روش شستشوی اسیدی ارتباطی به PDI مواد اولیه نداشت. کنسانتره حاصل از آرد سویای چربی گیری شده ظرفیت نگهداری آب، ظرفیت پیوند با چربی، امولسیون کنندگی و خصوصیات کف کنندگی بالاتری نشان داد. کنسانتره حاصل از شستشوی اسیدی دارای خصوصیات امولسیون کنندگی و کف کنندگی بالاتری بود، درحالی که شستشوی الکلی باعث تقویت ظرفیت نگهداری آب و ظرفیت پیوند با چربی گردید.

واژه های کلیدی: آرد سویا، خواص عملکردی، کنسانتره پروتئینی سویا

## Role of Soy Flour Type and Production Procedure on Chemical and Functional Properties of Its Protein Concentrate

M Ravaghi<sup>1</sup>, M Mazaheri Tehrani<sup>2\*</sup> and A Asoodeh<sup>3</sup>

Received: 18 April, 2010

Accepted: 26 April, 2011

<sup>1</sup>MSc Student, Department of Food Science and Technology, Agriculture Faculty, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

<sup>2</sup>Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Agriculture Faculty, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

<sup>3</sup>Assistant Professor, Department of Chemistry, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

\*Corresponding author: E-mail: Ravaghi.maryam@gmail.com

### Abstract

Soy protein concentrate (SPC) which is one of the well known food ingredients, is produced especially from defatted soy flour and flash desolventized white flour with maximum PDI, but other soy flours may also be used to produce products with different properties. In this study, four different soy flours including defatted soy flour (fat content 3.67, PDI 55.10), defatted and toasted soy flour (fat content 3.78, PDI 10.72), low fat soy flour (fat content 14.34, PDI 32.71), and full fat soy flour (fat content 22.08, PDI 28.72) were used to produce SPC by two washing methods (alcohol washing and acid washing) and chemical properties and key protein functionalities were determined. SPC from full fat soy flour had higher yield but lower protein content due to its residual oil. Alcohol washing had higher yield whereas fat, protein, and fiber contents were decreased. PDI of alcohol washed SPCs had lower content and, in contrast to acid washed SPCs, did not relate to PDI of starting materials. Under the same washing condition, SPC from defatted soy flour had higher water holding capacity, fat binding capacity, emulsification, and foaming properties. SPC from acid wash procedure had higher emulsifying and foaming properties while alcohol washing enhanced water holding and fat binding capacities.

Key words: Functional properties, Soy flour, Soy protein concentrate

### مقدمه

کنسانتره پروتئینی سویا تحت شرایط تولید می‌شود که بخش اعظم پروتئین‌ها غیر محلول باشند؛ در این حالت قندها و دیگر اجزاء با وزن مولکولی پایین حل می‌شوند و پروتئین و پلی‌ساکاریدهای دیواره سلولی باقی می‌مانند. مهم‌ترین عوامل مورد استفاده به منظور تولید کنسانتره پروتئینی سویا شامل شستشو با اسید رقیق در pH ایزوالکتریک ۴/۵ (میانگین نقطه ایزوالکتریک گلوبولین‌های سویا) و استفاده از محلول آبی الکلی است (چاجوس ۲۰۰۴ و میر ۱۹۷۱). اجزاء پروتئینی سویا باعث افزایش حفظ طعم و رطوبت، کمک به امولسیون‌کنندگی و تقویت بافت

پروتئین سویا تنها جزء پروتئینی گیاهی است که به صورت تجاری و به عنوان جایگزین پروتئین‌های حیوانی استفاده می‌شود؛ این امر در حالی است که دیگر منابع پروتئینی گیاهی هنوز مورد استفاده تجاری قرار نگرفته‌اند. در ایالات متحده با کاهش تقاضای محصولات گوشتی و توجه مصرف‌کنندگان به غذاهای سلامتی بخش شانس جدیدی برای پروتئین سویا جهت فرموله کردن محصولات کم‌کالری، کم‌کلسترول و با پروتئین بالا ایجاد گردیده است (سینگ و همکاران ۲۰۰۸).

بسیاری از غذاها می شود. کنسانتره پروتئینی سویا به سادگی توسط انسان قابل هضم بوده و هر ۹ اسید آمینه ضروری را دارا است. اجزاء تجاری سویا به طور فزاینده در صنعت تولید مکمل ها به صورت کپسول و قرص و در صنعت غذا برای تولید نان، محصولات لبنی، فراورده های گوشتی و نوشیدنی ها مورد استفاده قرار می گیرند (سینگ و همکاران ۲۰۰۸).

لوبیای سویا پس از حذف پوسته به منظور تولید پرک های با چربی کامل خرد می شود. فرایند خرد کردن باعث تخریب سلول های روغنی می شود که استخراج روغن همراه با حلال را تسهیل می کند. پس از استخراج روغن، حلال خارج شده و پرک ها خشک می گردند. در مورد پرک های استخراج شده که به منظور خواص عملکردی استفاده می شوند، بقایای هگزان توسط حلال گیری سریع خارج می شود و پروتئین در وضعیت طبیعی باقی می ماند. در این حالت آنزیم هایی چون لیپاز و لیپوکسی ژناز فعال باقی می مانند و محصولاتی با نام پرک های سفید یا آنزیم فعال تولید می کنند. این پرک ها جهت تولید آرد سویای چربی گیری شده آسیاب می شوند (چاجوس ۲۰۰۴ و میلیگان ۱۹۸۱).

در حال حاضر کنسانتره پروتئینی سویا از آرد سویای چربی گیری شده بدست می آید، با این وجود سایر انواع آردهای سویا نیز می توانند جهت تولید این محصول با محتوای پروتئین و خواص عملکردی متفاوت مورد استفاده قرار گیرند (شوگرمن ۱۹۵۶).

آرد سویایی که برای مصارف انسانی مصرف می گردد باید جهت غیر فعالسازی بازدارنده تریپسین برشته شود. به علاوه برشته کردن، باعث خروج برخی از طعم های تلخ (لوبیایی) نیز می شود. زمان حرارت دهی طولانی، دنا تورا سیون پروتئین را افزایش می دهد<sup>۱</sup> که این امر به منظور کاربردهای مشخص در محصولات نانوائی خصوصاً بیسکویت سازی مطلوب است (ماتیل ۱۹۷۴).

قبل از توسعه روش های استخراج با حلال، صنعت استخراج روغن بر پایه روش های مکانیکی بوده است گرچه استخراج با حلال جایگزین روش های مکانیکی گردیده است اما این روش هنوز به عنوان یک صنعت در سایر نقاط جهان باقی است. فرایند اکستروژن کردن- استخراج<sup>۲</sup>، یکی از این روش ها است که باعث تولید آرد سویای کم چرب می گردد. سویا در حالت خروج از اکستروژر به صورت نیمه جامد است و پس از آن وارد بخش استخراج روغن می شود تا در اثر اعمال فشار روغن آن خارج گردد (هی وود و همکاران ۲۰۰۲ و نلسون ۱۹۸۷).

لوبیاهای پوست گیری شده و استخراج نشده برای تولید آرد با چربی کامل آسیاب می گردند. از آن جا که این نوع آردها به سرعت حین نگهداری دچار تغییر طعم و ایجاد بوی تند و لوبیایی (برگشت طعم) می شوند، از فرایند حرارت دهی با بخار جهت پایدار کردن آن ها (غیرفعالسازی آنزیم های لیپاز و لیپوکسی ژناز) استفاده می شود؛ با این وجود، بخشی از خواص عملکردی پروتئین های محلول از دست می رود (جانسون ۱۹۷۶).

وانگ و همکارانش (۲۰۰۴) نشان دادند که می توان از آرد کم چرب به منظور تولید کنسانتره و ایزوله پروتئینی سویا با خواص عملکردی مطلوب استفاده کرد. به علاوه کنسانتره پروتئین سویا با محتوای روغن بالاتر می تواند با استفاده از آرد با چربی کامل تولید شود (شوگرمن ۱۹۵۶).

بر اساس اطلاعات موجود، تاکنون در ایران تحقیقی در زمینه بررسی خواص عملکردی آردهای سویای صنعتی و محصولات پروتئینی حاصل از آن همچون کنسانتره انجام نگرفته است. هدف از این پژوهش، آماده سازی و ارزیابی خصوصیات شیمیایی و عملکردی کنسانتره پروتئینی سویا حاصل از آردهای صنعتی موجود و با استفاده از دو روش شستشو با محلول اسیدی و شستشو با محلول آبی-الکی بود. خواص عملکردی مانند ظرفیت نگهداری آب، ظرفیت

۳۰ دقیقه در دمای  $40^{\circ}\text{C}$  در همین pH بهم زده شد، سپس رسوب پروتئین از قندهای محلول توسط سانتریفوژ کردن در  $10000 \times \text{g}$  به مدت ۳۰ دقیقه در  $15^{\circ}\text{C}$  جدا گردید و در نهایت pH آن با استفاده از سود ۲ نرمال بر روی ۷ تنظیم شد. کنسانتره تولیدی سپس در آون تحت خلأ  $40^{\circ}\text{C}$  به مدت ۸ ساعت خشک گردید (وانگ و همکاران ۲۰۰۴).

در روش شستشو با محلول آبی الکلی آرد سویا با محلول الکلی ۶۰٪ به نسبت ۱۰:۱ (محلول الکلی به آرد) به مدت ۴۰ دقیقه در  $40^{\circ}\text{C}$  همزده شد و رسوب پروتئینی از قندهای محلول توسط سانتریفوژ کردن در  $10000 \times \text{g}$  به مدت ۳۰ دقیقه در  $15^{\circ}\text{C}$  جدا گردید. حلال در زیر هود به مدت ۲۴ ساعت تبخیر شده و در نهایت در آون تحت خلأ با دمای  $40^{\circ}\text{C}$  به مدت ۸ ساعت خشک گردید (وانگ و همکاران ۲۰۰۴).

محصول تولیدی پس از خشک کردن تا مش ۸۰ آسیاب گردید. تولید کنسانتره در سه تکرار صورت گرفت.

#### آزمون‌های شیمیایی

آزمون‌های شیمیایی مطابق استاندارد AOAC (۱۹۹۰) با اندازه‌گیری پروتئین به روش کج‌لادل (روش ۹۲۰،۸۷)، خاکستر (روش ۹۴۲،۰۵)، فیبر خام (روش ۹۶۲،۰۹) و چربی به روش هیدرولیز اسیدی (روش ۹۲۲،۰۶) انجام گرفت. تمام اندازه‌گیری‌ها در سه تکرار انجام شد و نتایج بر مبنای وزن خشک (با خشک کردن نمونه در آون  $130^{\circ}\text{C}$  درجه سانتیگراد به مدت ۳ ساعت) گزارش گردید. آردهای مورد استفاده و کنسانتره‌های تولیدی از نظر خصوصیات شیمیایی مورد آزمون قرار گرفت.

#### آزمون‌های عملکردی

کنسانتره‌های تولیدی از نظر خواص عملکردی که در ادامه شرح داده شده است، مورد آزمون قرار گرفت.

اندیس پخش‌پذیری پروتئین و مواد جامد قابل پخش PDI مطابق استاندارد AACC (۱۹۷۵) روش ۲۴-۴۶ اصلاح شده توسط لاهوسین و همکاران (۲۰۰۶)

پیوند با چربی، قابلیت حل شدن و خصوصیات سطحی تأثیر بسزایی بر کاربرد پروتئین‌ها در سیستم‌های غذایی دارند و از این رو سعی شد تا در مطالعه حاضر به بررسی اثر شاخص پخش‌پذیری پروتئین (PDI) و محتوای چربی بر خواص عملکردی پرداخته شود.

#### مواد و روش‌ها

##### مواد

چهار نمونه آرد سویا با مش حدود ۱۰۰ شامل آرد سویای با چربی کامل، آرد سویای چربی‌گیری شده با هگزان، آرد سویای چربی‌گیری شده با هگزان و برشته و آرد سویای کم‌چرب از سه کارخانه بزرگ ایرانی تهیه گردید. آرد سویای چربی‌گیری شده و آرد سویای چربی‌گیری شده برشته از کارخانه بهپاک بهشهر، آرد سویای کم‌چرب از کارخانه سویاسان تهران و آرد سویا با چربی کامل از صنایع پروتئینی توس سویا مشهد تهیه گردید. طبق مطالعات اولیه تمام این کارخانجات از وارپته جی تی ایکس<sup>۳</sup> به عنوان منبع سویای اولیه استفاده می‌کنند. به علاوه هدف از این انتخاب، یافتن دو نوع آرد با محتوای چربی یکسان و PDI متفاوت بود در حالی که دو نوع آرد دیگر PDI مشابه اما محتوای چربی متفاوت داشته باشند. تمام نمونه‌ها در کیسه‌های پلاستیکی بسته بندی شدند و تا زمان آزمون و تهیه نمونه‌ها در دمای  $4^{\circ}\text{C}$  نگهداری گردیدند.

#### روش تولید کنسانتره پروتئینی سویا

شستشوی الکلی و شستشوی اسیدی متداول‌ترین روش‌های تولید کنسانتره پروتئینی سویا است، از این رو در این مطالعه از هر دو روش جهت تولید کنسانتره استفاده شد.

در روش شستشوی اسیدی آرد سویا با آب به نسبت ۱۰:۱ (آب به آرد) مخلوط گردید و سپس pH آن توسط اسید کلریدریک ۲ نرمال به نقطه ایزوالکتریک پروتئین سویا،  $\text{pH}=4/5$  رسانده شد. مخلوط به مدت

$$ESI = \left( \frac{EAI_{15}}{EAI_0} \right) \times t$$

در این معادلات  $A_0$  جذب اندازه گیری شده پس از تشکیل امولسیون،  $EAI_{15}$  فعالیت امولسیون کنندگی پس از ۱۵ دقیقه،  $C$  وزن نمونه پروتئینی نسبت به واحد حجم (۰/۰۰۱ گرم بر میلی لیتر)،  $\varphi$  حجم روغن امولسیون (۰/۲۵) است. فعالیت امولسیون کنندگی نشان دهنده سطحی است که به ازای یک گرم پروتئین پایدار شده است، در حالی که پایداری امولسیون مقاومت امولسیون را در برابر شکستن نشان می دهد.

#### ظرفیت پیوند با چربی

ظرفیت پیوند با چربی با استفاده از روش لین و همکارانش (۱۹۷۴) ارزیابی گردید. ۰/۳ گرم نمونه پروتئین با ۳ میلی لیتر روغن ذرت (دانسیته ۰/۹۲ در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد) در یک لوله سانتریفوژ ۱۰ میلی لیتری از قبل وزن شده به مدت ۱ دقیقه مخلوط شده و پس از سانتریفوژ کردن در  $2060 \times g$  به مدت ۳۰ دقیقه بخش شناور دور ریخته شد و لوله مجدداً وزن گردید. ظرفیت پیوند با چربی به عنوان میزان روغن حفظ شده توسط نمونه تقسیم بر وزن اولیه آرد قابل محاسبه است.

#### خصوصیات کف کنندگی

ظرفیت کف کنندگی و پایداری کف مطابق روش لین و همکارانش (۱۹۷۴) انجام شد. ۵۰ میلی لیتر محلول پروتئین ۳٪ به مدت ۱ دقیقه با دور پایین (درجه ۱) به منظور پخش کردن مواد جامد توسط همزن (model number:720, Crown) مخلوط شده و سپس همزدن با دور بالا (درجه ۵) به مدت ۳ دقیقه جهت تولید کف مورد استفاده قرار گرفت. مخلوط به مزور ۲۰۰ سی سی منتقل شد و حجم کف در زمان های ۱ و ۶۰ دقیقه به منظور تعیین ظرفیت و پایداری کف اندازه گیری گردید. ظرفیت کف کنندگی و پایداری کف مطابق فرمول های ذیل محاسبه گردید (آرمو و همکاران ۲۰۰۸).

$$\text{ظرفیت کف کنندگی} = \frac{\text{حجم اولیه} - \text{حجم پس از همزدن}}{\text{حجم اولیه}} \times 100$$

اندازه گیری شد. ۴ گرم نمونه در ۶۰ میلی لیتر آب مقطر توسط اولتراتوراکس<sup>۴</sup> (IKA<sup>®</sup> Labortechnik) در rpm ۱۰۰۰۰ به مدت ۱۰ دقیقه هموژنیزه گردید و سپس به مدت ۱۰ دقیقه در rpm ۲۷۰۰ سانتریفوژ (EBA20, Hettich) شد. بخش فوقانی به لحاظ محتوای پروتئین توسط روش کجلدال مورد بررسی قرار گرفت. PDI بیانگر درصد پروتئین های محلول نسبت به کل پروتئین های موجود در یک گرم نمونه است. مواد جامد قابل پخش با خشک کردن و وزن کردن کل مواد جامد موجود در بخش محلول تعیین گردید.

#### ظرفیت نگهداری آب

ظرفیت نگهداری آب مطابق استاندارد AACC (۱۹۸۳) روش ۸۸-۰۴ اندازه گیری گردید. ظرفیت نگهداری آب، ماکزیمم مقدار آبی است که یک گرم نمونه طی سانتریفوژ در  $2060 \times g$  به مدت ۱۰ دقیقه حفظ می کند. در این آزمون تنها مقادیر کافی آب برای اشباع کردن نمونه و نه برای ایجاد فاز مایع افزوده شد.

#### خصوصیات امولسیون کنندگی

خصوصیات امولسیون کنندگی مطابق روش پیرس و کینسلا (۱۹۷۸) تعیین گردید. روغن ذرت (۱۰ میلی لیتر) با محلول پروتئینی ۰/۱٪ (۳۰ میلی لیتر) توسط هموژنایزر اولتراتوراکس در rpm ۱۰۰۰۰ به مدت ۱ دقیقه هموژنیزه شد. ۱ میلی لیتر از امولسیون از انتهای ظرف برداشته شده و با سدیم دو سولفات ۰/۱٪ (۱ به ۱۰۰) رقیق گردید. مقدار جذب در ۵۰۰ نانومتر (WPA S2000 UV/Vis spectrophotometer) بلافاصله پس از تشکیل امولسیون و پس از ۱۵ دقیقه در دمای اتاق (۲۵ درجه سانتیگراد) اندازه گیری شد و فعالیت امولسیون کنندگی<sup>۵</sup> بر حسب مترمربع بر گرم و پایداری امولسیون<sup>۶</sup> بر حسب دقیقه طبق معادلات ذیل محاسبه گردید.

$$EAI = \frac{1}{2.3} \times \varphi \times C \times \text{پایداری} \times A_0 \times 10000$$

4 Ultra-Turrax<sup>®</sup>

5 EAI (Emulsion Activity Index)

6 ESI (Emulsion Stability Index)

$$100 \times \frac{\text{حجم کف پس از ۶۰ دقیقه}}{\text{حجم کف اولیه}} - \text{پایداری کف}$$

### طرح آماری

نتایج حاصل از آزمایشات مطابق با طرح کاملاً تصادفی و در قالب آزمون فاکتوریل  $4 \times 2$  (چهار نوع آرد سویا و دو روش شستشوی اسیدی و الکلی) و در سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح اطمینان ۹۵٪ توسط نرم افزار SAS-9.1 انجام شد.

### نتایج و بحث

#### آزمون‌های شیمیایی

جدول ۱ آنالیز شیمیایی آرد سویای مورد استفاده را نشان می‌دهد. همان‌طور که قبلاً هم ذکر شد هدف از انتخاب این آردها، یافتن دو نوع آرد با میزان چربی یکسان و PDI متفاوت بود در حالی که دو نوع آرد دیگر PDI مشابه اما میزان چربی متفاوت داشته باشند.

جدول ۲ آنالیز شیمیایی کنسانتره‌های تولید شده را نشان می‌دهد.

روش شستشو و نوع آرد مورد استفاده اثر متقابل معنی‌داری بر محتوای پروتئین کنسانتره‌ها داشت ( $P < 0.05$ ). بیشترین میزان پروتئین مربوط به کنسانتره حاصل از آرد چربی‌گیری شده برشته تولید شده به روش شستشوی اسیدی به دلیل تثبیت پروتئین‌ها در فرآیند برشته‌کردن بود. کنسانتره حاصل از آرد با چربی با چربی کامل و تولید شده به روش شستشوی الکلی به علت حضور چربی و خروج کمتر سایر اجزاء در فرآیند کنسانتره‌کردن، کمترین میزان پروتئین را دارا بود.

نوع آرد سویا در سطح اطمینان ۹۵ درصد تأثیر معنی‌داری بر میزان چربی، خاکستر و بازده تولید داشت، اما اثر معنی‌داری بر محتوای فیبر نمونه‌ها مشاهده نشد. کنسانتره تولید شده از آرد با چربی کامل محتوای چربی بالاتری داشت، در حالی که تفاوت معنی‌داری بین آرد سویای چربی‌گیری شده و آرد سویای چربی‌گیری شده برشته ملاحظه نگردید.

میزان خاکستر پایین‌تر نمونه‌های حاصل از آرد کم چرب و آرد با چربی کامل متأثر از محتوای چربی بالاتر این نمونه‌ها بود. آرد با چربی کامل بازده تولید بالاتری را به خود اختصاص داد. به طور کلی افزایش محتوای چربی باعث افزایش بازده گردید و تأثیر آن به مراتب بیشتر از تغییرات PDI بود (جدول ۳ و ۴).

روش شستشو در سطح اطمینان ۹۵ درصد دارای اثر معنی‌داری بر چربی، فیبر و خاکستر بود (جدول ۳ و ۴). شستشوی اسیدی باعث تولید محصولی با محتوای چربی و فیبر بالاتر شد در حالی که محتوای خاکستر و بازده تولید کاهش یافت. روش شستشوی اسیدی کارایی بالاتری در خروج قندهای محلول داشت و این امر باعث بازده پایین‌تر این روش نسبت به روش الکلی گردید. کنسانتره تولید شده به روش شستشوی الکلی میزان چربی پایین‌تری داشت که این امر عمدتاً به توانایی محلول‌الکلی در خروج بخشی از چربی حین فرآیند کنسانتره‌کردن نسبت داده می‌شود (وانگ و همکاران ۲۰۰۴).

#### آزمون‌های عملکردی

نتایج مربوط به اندازه‌گیری خواص عملکردی در جدول ۳ نشان داده شده است.

اندیس پخش‌پذیری پروتئین و مواد جامد قابل پخش PDI به طور غیر مستقیم به عنوان روشی برای اندازه‌گیری تیمار حرارتی به کار می‌رود؛ با افزایش میزان تیمار حرارتی PDI کاهش می‌یابد. به علاوه میزان PDI با خواص عملکردی نیز ارتباط دارد (کینسلا ۱۹۷۹). روش شستشو و نوع نمونه اثر متقابل معنی‌داری بر PDI و پخش‌پذیری مواد جامد داشت ( $P < 0.05$ ). کنسانتره حاصل از آرد چربی‌گیری شده با ۵۷/۹۵ و ۴۴/۷۳ به ترتیب بالاترین میزان PDI و مواد جامد قابل پخش را دارا بود در حالی که نمونه تولید شده از آرد چربی‌گیری شده برشته با ۵/۰۱ و ۱۷/۴۶ کمترین مقدار PDI و مواد جامد قابل پخش را داشت (جدول ۳). داده‌های این تحقیق با نتایج میر (۱۹۷۱) مطابقت داشت.

جدول ۱- خصوصیات شیمیایی آردهای سویای اولیه\*

PDI	خاکستر (%)	فیبر (%)	چربی (%)	پروتئین (%)	
۵۵/۱۰±۲/۶۹ <sup>a</sup>	۶/۸۳±۱/۱۷ <sup>a</sup>	۳/۹۳±۰/۰۴ <sup>a</sup>	۳/۶۷±۰/۶۹ <sup>c</sup>	۴۹/۷۷±۰/۹۴ <sup>a</sup>	آرد چربی گیری شده
۱۰/۷۲±۱/۴۲ <sup>c</sup>	۶/۶۷±۰/۵۳ <sup>a</sup>	۴/۲۰±۰/۰۷ <sup>a</sup>	۳/۷۸±۰/۷۶ <sup>c</sup>	۴۸/۳۸±۰/۴۸ <sup>a</sup>	آرد چربی گیری شده برشته
۳۲/۷۱±۵/۸۸ <sup>b</sup>	۶/۱۷±۰/۷۵ <sup>ab</sup>	۳/۸۹±۰/۴۷ <sup>a</sup>	۱۴/۳۴±۰/۸۶ <sup>b</sup>	۴۵/۸۶±۱/۱۷ <sup>b</sup>	آرد کم چرب
۲۸/۷۲±۱/۲۳ <sup>b</sup>	۵/۵۰±۰/۵۵ <sup>b</sup>	۴/۰۴±۰/۲۹ <sup>a</sup>	۲۲/۰۸±۰/۲۶ <sup>a</sup>	۳۹/۲۸±۰/۹۹ <sup>c</sup>	آرد با چربی کامل

\* نتایج بر اساس وزن خشک و به صورت میانگین سه تکرار گزارش شده است. حروف غیرمشابه در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی دار بین داده ها است.

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی کنسانتره تولید شده به روش شستشوی اسیدی و روش شستشوی الکلی \*

بازده	خاکستر (%)	فیبر (%)	چربی (%)	پروتئین (%)**	
					شستشوی اسیدی
۷۲/۵۹±۱/۳۴	۵/۳۶±۰/۱۰	۵/۱۸±۰/۱۳	۴/۳۲±۰/۳۵	۶۰/۳۶±۰/۹۳ <sup>b</sup>	آرد چربی گیری شده
۷۵/۱۹±۰/۹۵	۵/۳۳±۰/۴۳	۵/۲۲±۰/۱۸	۴/۲۵±۰/۲۵	۶۳/۹۴±۰/۵۴ <sup>a</sup>	آرد چربی گیری شده برشته
۷۵/۵۱±۰/۸۳	۴/۶۷±۰/۲۷	۵/۱۲±۰/۰۲	۱۶/۴۸±۰/۷۲	۵۳/۳۳±۰/۰۷ <sup>d</sup>	آرد کم چرب
۷۸/۰۴±۲/۵۵	۴/۳۱±۰/۲۱	۵/۰۲±۰/۱۸	۲۶/۴۴±۰/۲۳	۴۷/۶۲±۰/۶۸ <sup>c</sup>	آرد با چربی کامل
					شستشوی الکلی
۷۶/۱۳±۱/۵۱	۶/۱۹±۰/۰۳	۴/۸۰±۰/۲۵	۳/۸۶±۰/۰۱	۵۹/۰۷±۰/۷۰ <sup>c</sup>	آرد چربی گیری شده
۷۵/۶۹±۱/۲۱	۵/۶۷±۰/۰۵	۴/۹۲±۰/۱۸	۳/۸۰±۰/۰۵	۶۰/۱۶±۰/۵۰ <sup>b</sup>	آرد چربی گیری شده برشته
۷۷/۲۲±۱/۳۸	۵/۲۴±۰/۰۹	۴/۷۴±۰/۳۱	۱۴/۹۹±۰/۸۶	۵۳/۸۹±۰/۱۴ <sup>d</sup>	آرد کم چرب
۷۹/۸۷±۰/۲۲	۵/۲۱±۰/۰۱	۵/۰۵±۰/۰۵	۲۴/۹۷±۰/۷۷	۴۶/۸۲±۰/۴۶ <sup>c</sup>	آرد با چربی کامل
					مقادیر P و LSD
<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	۰/۵۷۵۷	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	نمونه
۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۳۳	۰/۰۰۰۳	<۰/۰۰۰۱	روش شستشو
۰/۰۷۴۹	۰/۱۹۲۶	۰/۲۱۵۶	۰/۱۵۹۴	<۰/۰۰۰۱	اثر متقابل
۱/۱۲	۰/۲۹	۰/۲۲	۰/۶۳	۰/۷۰	LSD 0.05 نمونه
۰/۸۰	۰/۲۱	۰/۱۶	۰/۴۴	۰/۴۹	LSD 0.05 روش شستشو

\* نتایج بر اساس وزن خشک و به صورت میانگین سه تکرار گزارش شده است.

\*\* حروف غیرمشابه نشان دهنده تفاوت معنی دار بین داده ها از نظر اثر متقابل است.

ترتیب مواد جامد قابل پخش نیز تغییراتی مشابه PDI نشان داد.

#### ظرفیت نگهداری آب

نتایج نشان داد که نوع آرد و روش شستشو اثر ساده معنی داری بر ظرفیت نگهداری آب داشت ( $P < 0.05$ ) (جدول ۳ و ۴). کنسانتره بدست آمده از آرد چربی گیری شده به دلیل PDI بالاتر و میزان چربی کمتر دارای ظرفیت بیشتری در جذب آب است. از آن جا که PDI کنسانتره حاصل از آرد کم چرب و با چربی کامل مشابه است، مقادیر کمتر ظرفیت نگهداری آب در

در محصولات تولید شده به روش شستشوی الکلی

به دلیل تأثیرات شدید دنا تورا سیون الکلی، PDI تا حد ۸-

٪ کاهش یافت در حالی که محصولات حاصل از

شستشوی اسیدی، دارای PDI بالاتری بودند که به طور

مستقیم با PDI مواد اولیه ارتباط داشت؛ بدین ترتیب

تفاوت معنی داری بین کنسانتره حاصل از آرد کم چرب

و آرد با چربی کامل دیده نشد. با کاهش میزان PDI، از

میزان پروتئین های محلول کاسته شد که این امر به نوبه

خود بر کاهش پخش پذیری مواد جامد مؤثر بود و بدین

توسط هی وود و همکارانش (۲۰۰۲) مطابقت داشت و از میزان ظرفیت نگهداری آب به دلیل حضور چربی کاسته شد. کنسانتره تولید شده به روش الکی ظرفیت نگهداری آب بالاتری داشت و نشان دهنده این امر بود که دناوراسیون ایجاد شده در روش الکی و خروج چربی به افزایش ظرفیت نگهداری آب کمک کرده است.

کنسانتره حاصل از آرد با چربی کامل به دلیل محتوای چربی بالاتر این محصول است. از طرف دیگر، مقایسه کنسانتره بدست آمده از آرد با چربی کامل و آرد چربی گیری شده برشته نشان داد که حضور چربی در کنسانتره حاصل از آرد با چربی کامل تأثیری مشابه PDI پایین در کنسانتره حاصل از آرد چربی گیری شده برشته ایجاد کرده است. نتایج فوق با نتایج بدست آمده

جدول ۳- خواص عملکردی کنسانتره حاصل از روش شستشوی اسیدی و الکی.\*

کف‌کنندگی	ظرفیت باند کردن چربی	امولسیون‌کنندگی		ظرفیت نگهداری آب	پخش پذیری		شستشوی اسیدی
		پایداری	فعالیت		مواد جامد	پروتئین	
۱۷/۰۰±۳/۰۰ <sup>a</sup>	۱۷۹/۰۰±۹/۰۰ <sup>a</sup>	۱/۳۰±۰/۰۵ <sup>b</sup>	۱۰/۷۲±۰/۵۳	۱۶/۷۹±۰/۷۵ <sup>a</sup>	۲/۷۷±۰/۰۱	۴۴/۷۳±۰/۷۵ <sup>a</sup>	۵۷/۹۵±۰/۱۴ <sup>a</sup>
۸/۰۰±۱/۰۰ <sup>b</sup>	۱۲۴/۰۰±۴/۰۰ <sup>bc</sup>	۱/۰۹±۰/۰۴ <sup>c</sup>	۱۰/۱۰±۰/۱۴	۱۶/۰۰±۰/۵۷ <sup>a</sup>	۲/۱۶±۰/۱۴	۱۶/۸۰±۰/۷۲ <sup>d</sup>	۷/۱۵±۰/۶۴ <sup>d</sup>
۲/۰۰±۱/۰۰ <sup>d</sup>	۱۰۳/۰۰±۱/۰۰ <sup>c</sup>	۱/۲۳±۰/۰۳ <sup>b</sup>	۱۰/۱۸±۱/۱۶	۱۴/۹۵±۱/۷۴ <sup>a</sup>	۲/۴۸±۰/۰۲	۳۰/۶۰±۰/۷۸ <sup>b</sup>	۳۰/۵۴±۰/۰۸ <sup>b</sup>
۲/۰۰±۱/۰۰ <sup>d</sup>	۱۱۸/۰۰±۲/۰۰ <sup>c</sup>	۱/۱۳±۰/۰۴ <sup>c</sup>	۱۰/۶۳±۰/۲۷	۱۲/۲۸±۰/۳۳ <sup>b</sup>	۲/۱۴±۰/۰۴	۳۱/۸۶±۰/۷۸ <sup>b</sup>	۲۸/۶۳±۰/۰۳ <sup>c</sup>
۵/۰۰±۲/۰۰ <sup>c</sup>	۱۲۵/۰۰±۵/۰۰ <sup>b</sup>	۱/۵۴±۰/۰۴ <sup>a</sup>	۱۰/۱۳±۰/۵۶	۱۲/۱۶±۰/۸۴ <sup>b</sup>	۲/۹۵±۰/۰۱	۱۸/۶۴±۰/۵۶ <sup>c</sup>	۸/۲۵±۰/۲۲ <sup>d</sup>
۲/۰۰±۱/۰۰ <sup>d</sup>	۱۱۰/۰۰±۱/۰۰ <sup>d</sup>	۱/۰۷±۰/۰۲ <sup>c</sup>	۹/۲۴±۰/۹۷	۹/۴۱±۱/۳۷ <sup>c</sup>	۲/۲۶±۰/۱۴	۱۷/۴۶±۱/۳۸ <sup>cd</sup>	۵/۰۱±۰/۰۵ <sup>e</sup>
۲/۰۰±۱/۰۰ <sup>d</sup>	۱۰۳/۰۰±۱/۰۰ <sup>c</sup>	۱/۲۳±۰/۰۴ <sup>b</sup>	۹/۶۰±۰/۵۰	۱۰/۴۱±۰/۷۳ <sup>bc</sup>	۲/۶۴±۰/۰۲	۱۷/۵۶±۰/۸۹ <sup>cd</sup>	۵/۰۳±۰/۲۲ <sup>c</sup>
۱/۰۰±۱/۰۰ <sup>d</sup>	۱۰۱/۰۰±۱/۰۰ <sup>c</sup>	۱/۰۹±۰/۰۱ <sup>c</sup>	۹/۶۵±۰/۳۵	۱۰/۶۳±۱/۱۰ <sup>bc</sup>	۲/۳۰±۰/۰۵	۱۷/۴۸±۲/۲۱ <sup>cd</sup>	۵/۷۷±۰/۲۷ <sup>e</sup>
<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	۰/۳۳۶۵	۰/۰۰۵۳	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱
<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۱۴۶	۰/۰۰۵۹	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱
<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	۰/۷۲۸۰	۰/۰۲۳۱	۰/۹۲۰۶	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱
۱/۷۴	۴/۹۱	۰/۰۵	۰/۹۵	۱/۴۹	۰/۱۲	۱/۲۸	۰/۸۳
۱/۲۳	۳/۴۸	۰/۰۳	۰/۶۷	۱/۰۶	۰/۰۸	۰/۹۱	۰/۵۸

\* نتایج بر اساس وزن خشک و به صورت میانگین سه تکرار گزارش شده است. حروف غیرمشابه نشان دهنده تفاوت معنی دار بین داده‌ها از نظر اثر متقابل است.



جدول ۴: مقایسه اثر ساده نوع آرد بر خصوصیات کنسانتره\*

ظرفیت نگهداری آب	بازده	خاکستر (%)	چربی (%)	
۲/۸۶ <sup>a</sup>	۷۴/۳۶ <sup>c</sup>	۵/۷۷ <sup>a</sup>	۴/۰۹ <sup>c</sup>	آرد چربی گیری شده
۲/۲۱ <sup>c</sup>	۷۵/۴۴ <sup>bc</sup>	۵/۵۰ <sup>a</sup>	۴/۰۳ <sup>c</sup>	آرد چربی گیری شده برشته
۲/۵۶ <sup>b</sup>	۷۶/۳۶ <sup>b</sup>	۴/۹۶ <sup>b</sup>	۱۵/۷۳ <sup>b</sup>	آرد کم چرب
۲/۲۲ <sup>c</sup>	۷۸/۹۵ <sup>a</sup>	۴/۷۶ <sup>b</sup>	۲۵/۷۱ <sup>a</sup>	آرد با چربی کامل

\*حروف غیر مشابه نشان دهنده تفاوت معنی دار بین اثرات ساده نوع آرد پس از عدم معنی داری اثر متقابل است. اعداد پس از بررسی نرم افزاری نوع آرد در هر دو روش شستشو بدست آمده است.

جدول ۵: مقایسه اثر ساده روش شستشو بر خصوصیات کنسانتره\*

چربی (%)	فیبر (%)	خاکستر (%)	بازده	ظرفیت نگهداری آب	پایداری امولسیون
۱۲/۸۷ <sup>a</sup>	۵/۱۴ <sup>a</sup>	۴/۹۲ <sup>b</sup>	۷۵/۳۳ <sup>b</sup>	۲/۴۰ <sup>b</sup>	۱۰/۴۱ <sup>a</sup>
۱۱/۹۱ <sup>b</sup>	۴/۸۸ <sup>b</sup>	۵/۵۸ <sup>a</sup>	۷۷/۲۳ <sup>a</sup>	۲/۵۴ <sup>a</sup>	۹/۶۵ <sup>b</sup>

\*حروف غیر مشابه نشان دهنده تفاوت معنی دار بین اثرات ساده روش شستشو پس از عدم معنی داری اثر متقابل است. اعداد پس از بررسی نرم افزاری روش شستشو در مورد تمام آردها بدست آمده است.

### خصوصیات امولسیون کنندگی

نوع آرد و روش شستشو اثر متقابل معنی داری بر فعالیت امولسیون کنندگی داشت ( $P < 0.05$ ). کنسانتره اسیدی حاصل از آرد چربی گیری شده و کنسانتره الکلی تولید شده از آرد چربی گیری شده برشته با مقادیر ۱۶/۷۹ و ۹/۴۱ به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار فعالیت امولسیون کنندگی را داشتند (جدول ۳). فعالیت امولسیون کنندگی بالاتر کنسانتره اسیدی حاصل از آرد چربی گیری شده به دلیل محتوای چربی پایین تر و PDI بالاتر آن بود در حالی که دناتوراسیون ناشی از روش الکلی و دناتوراسیون حرارتی ناشی از برشته کردن باعث پایین بودن مقادیر این پارامتر در نمونه حاصل از آرد چربی گیری شده برشته گردید.

روش شستشو دارای اثر معنی داری بر پایداری امولسیون کنندگی در سطح اطمینان ۹۵ درصد بود (جدول ۳ و ۵). روش شستشوی الکلی نمونه هایی با پایداری کمتر نسبت به روش اسیدی به دلیل تأثیرات نامطلوب دناتوراسیون الکلی ایجاد کرد.

### ظرفیت پیوند با چربی

روش شستشو و نوع نمونه اثر متقابل معنی داری بر ظرفیت پیوند با چربی داشت ( $P < 0.05$ ) (جدول ۳). روش شستشوی الکلی به دلیل خروج چربی مکان های پیوند بیشتری جهت جذب چربی ایجاد کرده و از این رو میزان پیوند با چربی خصوصاً برای کنسانتره حاصل از آرد چربی گیری شده افزایش یافت. به علاوه، طبق یافته های هی وود و همکارانش (۲۰۰۲) حضور چربی می تواند منجر به مکان های پیوند کمتری برای مواد هیدروفوب مانند چربی گردد؛ از این رو پایین بودن میزان پیوند با چربی در کنسانتره حاصل از آرد با چربی کامل نسبت به آرد کم چرب را می توان به محتوای چربی بالاتر آن نسبت داد. از طرف دیگر میزان PDI پایین تر کنسانتره حاصل از آرد چربی گیری شده برشته مسئول مقادیر کمتر پیوند با چربی است. نتایج بدست آمده با نتایج هاتون و کمپبل (۱۹۹۷) مطابقت داشت؛ بدین ترتیب پروتئین سویا که در معرض حرارت قرار گرفته است به دلیل دناتوراسیون با میزان چربی کمتری پیوند برقرار کرده است.

### خصوصیات کف‌کنندگی

حد این پارامتر را کاهش می‌دهد (فنما ۱۹۹۶). روش شستشوی الکلی به دلیل دناتوراسیون پروتئین‌ها و کاهش بیشتر مواد جامد پخش‌پذیر باعث کاهش معنی‌داری در میزان ظرفیت کف‌کنندگی و پایداری کف شد ( $P < 0.05$ ). طبق نظر وانگ و همکاران (۲۰۰۴) دناتوراسیون الکلی مکانیسمی متفاوت از فرآیند حرارتی داشته و از این رو منجر به اثرات منفی بیشتری بر کف‌کنندگی می‌شود.

### نتیجه‌گیری

در مجموع با استفاده از نتایج حاصل از آزمون‌های شیمیایی و عملکردی می‌توان نتیجه گرفت که کنسانتره بایستی متناسب با ویژگی‌های عملکردی مورد نیاز هر صنعت تهیه شود. به طور کلی کنسانتره کردن خصوصاً روش اسیدی زمانی پیشنهاد می‌شود که افزایش محتوای پروتئین و پایداری امولسیون از اهمیت بالایی برخوردار باشد. گرچه روش الکلی نمونه‌هایی با ظرفیت نگهداری آب و ظرفیت جذب چربی بیشتر تولید کرد، اما میزان تغییر این پارامترها بسیار کم و قابل صرف‌نظر بود. روش اسیدی در مورد سایر خواص عملکردی مقادیری بالاتر از روش الکلی داشت. روش اسیدی خصوصاً در محصولاتی که خصوصاتی مانند آرد سویا نیاز باشد اما استفاده از آرد سویا باعث بروز مشکلات شود، کاربرد دارد. کنسانتره حاصل از آرد چربی‌گیری شده در تمام مواردی که بکارگیری خواص عملکردی مدنظر باشد، اهمیت بیشتری نسبت به سایر کنسانتره‌های تولیدی دارد.

نوع نمونه و روش شستشو اثر متقابل معنی‌داری بر ظرفیت کف‌کنندگی و پایداری آن در سطح اطمینان ۹۵ درصد داشت. تحت شرایط شستشوی یکسان، کنسانتره حاصل از آرد چربی‌گیری شده با مقادیر ۱۷۹ و ۱۷ به ترتیب بالاترین ظرفیت کف‌کنندگی و پایداری کف را نشان داد در حالی که با افزایش محتوای چربی یا کاهش PDI از مقادیر این پارامترها کاسته شد به نحوی که در نمونه حاصل از آرد با چربی کامل کمترین ظرفیت و پایداری کف به ترتیب با مقادیر ۱۰۱ و ۱ مشاهده شد (جدول ۳). نتایج فوق با نتایج تحقیقات کینسلا (۱۹۷۹) مطابقت داشت. این نوع کنسانتره کف بیشتر و با حباب‌های ریزتر که شاخص پایداری است، تولید کرد. مور (۱۹۹۰) نشان داد که هیدروفوبیسیته باعث تقویت پایداری کف می‌شود، در حالی که تأثیرات تداخلی محتوای روغن باقیمانده باعث کاهش آن می‌گردد. حضور ذرات خارجی خصوصاً لیپید تأثیر زیادی در تخریب پایداری کف دارد و فیلم‌های نسبتاً ضخیم را از بین می‌برد. گرچه لیپیدها می‌توانند به سرعت جذب سطح آب-هوا شوند اما توانایی مقاومت در برابر فشار داخلی حباب را ندارند. در این حالت حباب‌ها به سرعت توسعه می‌یابند اما در همان زمان هم‌زدن، به دلیل عدم خصوصیات چسبندگی و ویسکوالاستیک کافی که برای مقاومت امری ضروری است از بین می‌روند. این امر دلیل احتمالی کاهش معنی‌دار خصوصیات کف‌کنندگی با افزایش محتوای چربی است. به علاوه گرچه دناتوراسیون حرارتی جزئی باعث بهبود خصوصیات کف‌کنندگی پروتئین می‌شود، اما حرارت دهی بیش از

### منابع مورد استفاده

- AACC. American Association of Cereal Chemistry, 1983. Approved Methods of the AACC. St. Paul, MN.
- AOAC. Association Official Analytical Chemists, 1990. Official methods of analysis of AOAC. Washington DC.
- Aremu MO, Olaofe O, Akintayo ET and Adeyeye EI, 2008. Foaming, water absorption, emulsification and gelation properties of Kersting's groundnut (*Kerstingiella geocarpa*) and

- Barbara groundnut (*Vigna subterranean*) flours as influenced by neutral salts and their concentrations. *Pakistan Journal of Nutrition* 7(1): 194-201.
- Chajuss D, 2004. Soy protein concentrate: technology, properties, and applications. pp 126-139. In: Liu K (ed) *Soybeans as functional foods and ingredients*. AOCS press.
- Fenema OR, 1996. *Food chemistry*, Marcel Dekker Inc., New York.
- Heywood AA, Myers DJ, Baiely TB and Johnson LA, 2002. Functional properties of low fat soy flour produced by an extrusion-expelling system. *Journal of American Oil Chemists' Society* 79: 1249-1253.
- Hutton CW and Campbell AM, 1997. Functional properties of soy concentrate and soy isolate in simple systems and in a Food system. *Journal of Food Science* 42:457-460.
- Johnson DW, 1976. Oilseed vegetable protein concentrates. *Journal of American Oil Chemists' Society* 53: 321-324.
- Kinsella J, 1979. Functional properties of soy proteins. *Journal of American Oil Chemists' Society* 56: 242-258.
- L'hocine L, Boye JI and Arcand Y, 2006. Composition and functional properties of soy protein isolates prepared using alternative defatting and extraction procedures. *Journal of Food Science* 71(3): 137-145.
- Lin MJY, Humbert ES and Sosulski FW, 1974. Certain functional properties of sunflower meal products. *Journal of Food Science* 39: 368-370.
- Matil KF, 1974. Composition, nutritional, and functional properties and quality criteria of soy protein concentrates and soy protein isolates. *Journal of American Oil Chemists' Society* 51: 81-84.
- Meyer EW, 1971. Oilseed protein concentrates and isolates. *Journal of American Oil Chemists' Society* 48: 484-488.
- Milligan ED, 1981. Processing for production of edible soya flour. *Journal of American Oil Chemists' Society* 58(3): 331-333.
- Morr CV, 1990. Current status of soy protein functionality in food systems. *Journal of American Oil Chemists' Society* 67(5): 265-271.
- Nelson AI, Wijeratne WB, Yeh SW, Wei TM and Wei LS, 1987. Dry extrusion as an aid to mechanical expelling of oil from soybeans. *Journal of American Oil Chemists' Society* 64:1341-1347.
- Pearce KN and Kinsella JE, 1978. Emulsifying properties of proteins: evaluation of a turbidimetric technique. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 26(3): 716-723.
- Singh P, Kumar R, Sabapathy SN and Bawa S, 2008. Functional and edible uses of soy protein products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 7(1): 14-28.
- Chajuss D, 2004. Soy protein concentrate: technology, properties, and applications. pp 126-139. In: Liu K (ed) *Soybeans as functional foods and ingredients*. AOCS press.
- Statistical Analysis System, 2002-2003. SAS Institute, Cary, NC.
- Sugarman N, 1956. Process for simultaneously extracting oil and protein from oleaginous materials, USA Patent 2 762 820. Date issued: 11 September.
- Wang H, Johnson LA and Wang, 2004. Preparation of soy protein concentrate and isolate from extruded-expelled soybean meals. *Journal of American Oil Chemists' Society* 81: 713-717.