نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی/ جلد ۲۳ شماره ۱/ سال ۱۳۹۲

اثر میزان چربی آرد سویا بر ویژگی‌های شیمیایی و عملکردی ایزوله پروتئینی آن

مریم رواقی[۱*]، مصطفی مظاهری تهرانی[۲] و احمد آسوده[۳]

تاریخ دریافت: ۹۰/۳/۹ تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۰/۱۲

[۱] عضو باشگاه پژوهشگران جوان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، اصفهان، ایران
[۲] دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران
[۳] استادیار، گروه شیمی، دانشکده علوم، دانشگاه فروسی مشهد، ایران
[*] مسئول مکاتبه: E-mail: ravaghi.maryam@gmail.com

چکیده

ایزوله پروتئینی سویا خالص ترین فرم از محصولات پروتئینی سویا است که در فراورده های غذایی متنوع به دلیل ارزش تغذیه ای و خصوصیات عملکردی مطلوب مورد استفاده قرار می گیرد. در این تحقیق، سه نوع آرد سویای تجاری با مقادیر متفاوت شاخص پخش پذیری پروتئین (PDI) و چربی شامل آرد سویای بدون چربی (چربی ۳/٦۷ و ۵۵/۱۰ PDI)، آرد سویای کم چرب (چربی ۱٤/۳٤ و ۳۲/۷۱ PDI) و آرد سویای کامل (چربی ۲۲/۰۸ و ۲۸/۷۲ PDI) جهت تولید ایزوله پروتئینی سویا مورد استفاده قرار گرفت و بازده، خصوصیات شیمیایی و خواص عملکردی کلیدی تعیین گردید. با کاهش میزان PDI و افزایش محتوای چربی در ماده اولیه از میزان بازده تولید و بازده پروتئین ایزوله کاسته شد. گرچه حضور مقادیر چربی بالاتر در آردهای سویا، ایزوله هایی با مقادیر چربی بالاتر تولید کرد اما از محتوای پروتئین کاست. از آن جا که PDI محصول تولیدی مشابه بود ظرفیت نگهداری آب، ظرفیت باند کردن چربی، خصوصیات امولسیون کنندگی و کف کنندگی به طور منفی تحت تأثیر میزان چربی محصول نهایی قرار گرفتند.

واژه های کلیدی: آرد سویا، ایزوله پروتئینی سویا، خصوصیات شیمیایی، خصوصیات عملکردی، چربی

Effect of soy flour fat content on chemical and functional properties of its protein isolate

M Ravaghi[1*], M Mazaheri Tehrani[2] and A Asoodeh[3]

Received: May 30, 2011 Accepted: January 02, 2012
[1] Member of Young Researchers Club, Islamic Azad University, Khorasgan Branch, Isfahan, Iran
[2]Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Agriculture Faculty, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
[3]Assistant Professor, Department of Chemistry, Science Faculty, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
*Corresponding author: E-mail:Ravaghi_maryam@yahoo.com

Abstract
Soy protein isolate (SPI) is the most refined form of soy protein products which has been used for its desirable nutritional and functional properties. SPIs produced from three different soy flours with various levels of protein dispersibility indexes (PDI) and residual fat (RF) contents including defatted soy flour (PDI 55.10, RF 3.67), low fat soy flour (PDI 32.71, RF 14.34) and full fat soy flour (PDI 28.72, RF 22.08) were investigated for yield, chemical properties and key protein functional properties. Lower PDI values and higher RF contents of the starting materials could be resulted in lower amounts of SPI yield and protein yield. Although the presence of higher RF in soy flours produced SPIs with higher fat contents, but it reduced protein contents. Since the PDI values of the final products were similar, the amounts of water holding capacity, fat binding capacity, foaming capacity and stability, and emulsifying properties were affected negatively by the amounts of SPI fat content.

Keywords: Chemical properties, Fat, Functional properties, Soy flour, Soy protein isolate

مقدمه

پروتئین سویا از مهم ترین منابع پروتئینی تجاری است که استفاده از آن به دلیل ویژگی‌های عملکردی مطلوب در سیستم‌های غذایی، سهل الوصول بودن، هزینه پایین و ارزش تغذیه ای بالا گسترش یافته است. در ایالات متحده با افزایش توجه مصرف کنندگان به غذاهای سلامتی بخش و تأیید اثرات پروتئین سویا در کاهش ریسک بیماری های قلبی توسط سازمان غذا و دارو، استفاده از محصولات پروتئینی سویا افزایش یافته است (لو ۲۰۰٤ و آلیبهای و همکاران ۲۰۰٦).

ایزوله پروتئینی سویا خالص ترین فرم پروتئینی محصولات سویا است و بویژه زمانی مورد استفاده قرار می گیرد که میزان پروتئین بالا و ویژگی‌های عملکردی ویژه مورد نیاز باشد (سینگ و همکاران ۲۰۰۸ و لوندهی و همکاران ۲۰۱۱). در تولید ایزوله پروتئینی سویا، آرد سویا با حداقل دناتوراسیون حرارتی، توسط محلول قلیایی در pH برابر ۸/٥-۷ استخراج می شود و سپس پلی ساکاریدهای نامحلول و پروتئین باقیمانده توسط سانتریفوژ از مایع جدا می شود. به منظور جداسازی بخش عمده پروتئین از قندهای محلول، عصاره شفاف تولید شده از مرحله اول سانتریفوژ به pH=٤/٥ رسانده می شود و رسوب پروتئینی حاصل مجدداً توسط سانتریفوژ جدا می گردد؛ رسوب حاصل پس از خنثی سازی خشک می گردد (نازارت و همکاران ۲۰۰۹).

به دلیل وجود روش ها و تجهیزات فراوری متفاوت، آردهای سویای متفاوتی بر مبنای میزان چربی و قابلیت پخش پذیری (PDI) تولید می شود (لو ۲۰۰٤). فلیک های بدون چربی سویا پس از استخراج با حلال، برای به حداقل رساندن دناتوراسیون پروتئین تحت فرایند حلال گیری سریع قرار می گیرند. گرچه گاهی به منظور افزایش ارزش غذایی، فرایند حلال گیری-برشته کردن انجام می شود. این فلیک ها سپس به منظور تولید آرد سویا آسیاب می شوند (آلیبهای و همکاران ۲۰۰٦). آرد سویای کم چرب از فرایند اکسترود کردن-استخراج که در ابتدا توسط نلسون (۱۹۸۷) در دانشگاه ایلینویز توسعه یافت، تولید می شود. در سال های اخیر جنبش هوای پاک، صنعت روغن کشی را تشویق به استفاده از روش های بدون حلال مانند فرایند اکسترود کردن-استخراج کرده است. هی وود و همکارانش (۲۰۰۲) از این فرایند به منظور تولید آرد سویای کم چرب با خصوصیات عملکردی مطلوب استفاده کردند. امروزه استفاده از آرد کامل به دلیل سهولت تولید و تکنولوژی نه چندان پرهزینه مورد توجه قرار گرفته است. به منظور حذف ترکیبات ضدتغذیه ای سویا، لوبیای سویا قبل از آسیاب کردن تحت تیمار حرارتی قرار می گیرد. گرچه بیشتر تیمارهای حرارتی باعث بهبود طعم و ارزش تغذیه ای می شود اما دناتوراسیون پروتئین را نیز به همراه دارد (وانگ و جانسون ۲۰۰۱).

در حال حاضر آرد بدون چربی به دلیل حداقل دناتوراسیون پروتئین به عنوان ماده اولیه در تولید ایزوله پروتئینی سویا مورد استفاده قرار می گیرد اما سایر انواع آردهای سویا نیز می تواند به منظور تولید محصولاتی با مقادیر پروتئین و خصوصیات عملکردی متفاوت مورد استفاده قرار گیرد (نازارت و همکاران ۲۰۰۹). وانگ و همکارانش (۲۰۰٤) از آرد کم چرب به منظور تولید ایزوله پروتئینی سویا با خصوصیات عملکردی مطلوب استفاده کردند. به علاوه ایزوله پروتئینی سویا با مقادیر چربی بالاتر را می توان از آرد کامل بدست آورد (لاهوسین و همکاران ۲۰۰٦).

پروتئین و چربی در بیشتر سیستم های غذایی اجزاء کلیدی هستند که برای دستیابی به اهداف خاص مورد استفاده قرار می گیرند. هدف از این تحقیق بررسی ترکیب شیمیایی و ویژگی‌های عملکردی ایزوله پروتئینی سویا با مقادیر متفاوت چربی به منظور توسعه کاربرد آن ها در فرمولاسیون های غذایی بود. از طرف دیگر اندازه گیری بازده، بازده چربی و بازده پروتئین در ایزوله پروتئینی سویا و آرد باقیمانده از مرحله اول سانتریفوژ در تولید ایزوله پروتئینی سویا به منظور تعیین منبع دقیق اجزاء مهم جهت در نظر گرفتن ملاحظات اقتصادی اندازه گیری شد.

مواد و روش ها

مواد

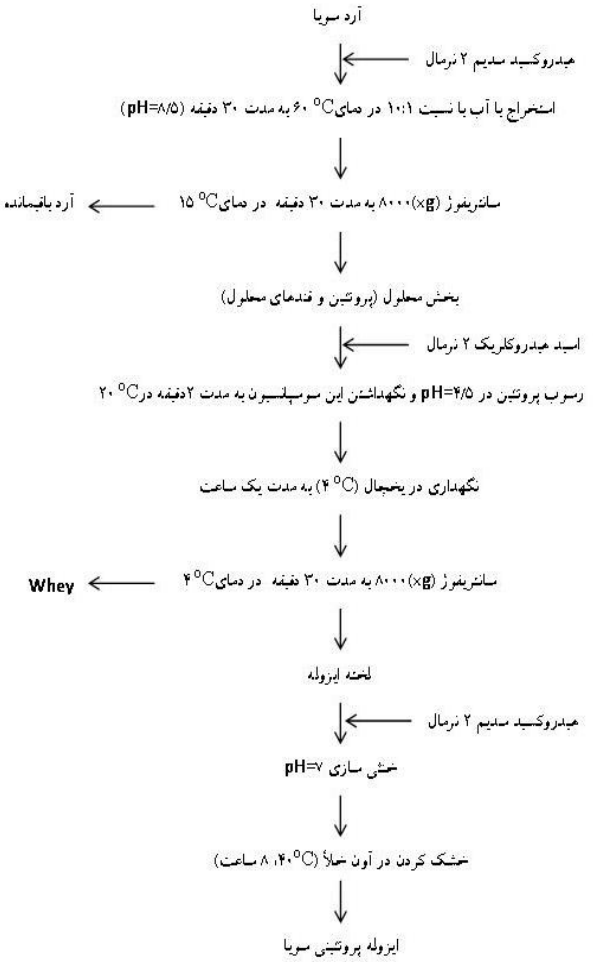
سه نمونه آرد سویا با مش حدود ۱۰۰ شامل آرد سویای کامل (چربی ۲۲/۰۸ و PDI ۲۸/۷۲)، آرد سویای بدون چربی (چربی ۳/٦۷ و PDI ۵۵/۱۰) و آرد سویای کم چرب (چربی ۱٤/۳٤ و PDI ۳۲/۷۱) از سه کارخانه بزرگ ایرانی تهیه گردید. آرد سویای بدون چربی از کارخانه بهپاک بهشهر، آرد سویای کم چرب از کارخانه سویاسان تهران و آرد سویای کامل از صنایع پروتئینی توس سویا مشهد تهیه گردید. طبق مطالعات اولیه تمام این کارخانجات از واریته جی تی ایکس[1] به عنوان منبع سویای اولیه استفاده می کنند. تمام نمونه ها در کیسه های پلاستیکی بسته بندی شدند و تا زمان آزمون و تهیه نمونه ها در دمای ٤°C نگهداری گردیدند. جزئیات مربوط به این نوع آردها در مقاله رواقی و همکاران (۱۳۸۹) به طور مشروح آورده شده است.

روش تولید ایزوله پروتئینی سویا

به منظور جداسازی پروتئین و قندهای محلول از آرد، استخراج در pH=۸/۵ صورت گرفت. عصاره شفاف

[1] - GTX

توسط سانتریفوژ از آرد باقیمانده جدا شد و جهت تولید رسوب پروتئینی pH آن بر روی ٤/٥ تنظیم گردید. مخلوط جهت تولید رسوب بیشتر و قوی تر به مدت یک ساعت در دمای ٤ درجه سانتیگراد در یخچال قرار گرفت. رسوب حاصل از سانتریفوژ مجدد به pH خنثی رسانده شد و خشک گردید (شکل ۱) (هتیارارچی و کالاپاتی ۱۹۹۷).



شکل ۱- روش تولید ایزوله پروتئینی سویا.

آزمون های شیمیایی

آزمون های شیمیایی مطابق استاندارد AOAC (۱۹۹۰) با اندازه گیری پروتئین به روش کجلدال (روش ۹۲۰.۸۷)، خاکستر (روش ۹٤۲.۰٥)، فیبر خام (روش ۹٦۲.۰۹) و چربی به روش هیدرولیز اسیدی (روش ۹۲۲.۰٦) انجام گرفت. تمام اندازه گیری ها در سه تکرار انجام شد و نتایج بر مبنای وزن خشک (با خشک کردن نمونه در آون ۱۳۰ درجه سانتیگراد به مدت ۳ ساعت) گزارش گردید. آردهای مورد استفاده و ایزوله های تولیدی از نظر خصوصیات شیمیایی مورد آزمون قرار گرفت. بازده، بازده چربی و بازده پروتئین ایزوله پروتئینی سویا و آرد باقیمانده در مرحله اول سانتریفوژ جهت تعیین پروتئین و چربی در هر خروجی تعیین شد.

آزمون SDS-PAGE نمونه ها مطابق روش لاملی (۱۹۷۰) با استفاده از سیستم بافر ناپیوسته روی ژل جداکننده ۲٪ و ژل تثبیت کننده ٤٪ انجام شد. ژل توسط کوماسی بریلیانت بلو R-250 رنگ آمیزی شد و پس از رنگبری و اسکن کردن، نسبت بتاکن گلایسینین به گلایسینین با آنالیز تصویر توسط نرم افزار Total lab TL120 (۲۰۰۹) ارزیابی شد.

خصوصیات عملکردی

اندیس پخش پذیری پروتئین مطابق استاندارد AACC (۱۹۷٥) روش ۲٤-٤٦ اصلاح شده توسط لاهوسین و همکاران (۲۰۰٦) اندازه گیری شد. مواد جامد قابل پخش با خشک کردن و وزن کردن کل مواد جامد موجود در بخش محلول تعیین گردید. ظرفیت نگهداری آب[1] مطابق استاندارد AACC (۱۹۸۳) روش ۰٤-۸۸ و خصوصیات امولسیون کنندگی با روش کدورت سنجی (کاردلون دلابارکا و همکاران ۲۰۰۰) اندازه گیری شد. ظرفیت پیوند با چربی[2]، ظرفیت کف کنندگی[3] و پایداری کف[4] با استفاده از روش لین و همکارانش (۱۹۷٤) ارزیابی گردید. جزئیات روش ها در مقاله رواقی و همکاران (۱۳۹۰) به طور مشروح آورده شده است.

طرح آماری

نتایج حاصل از آزمایشات مطابق با طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت. مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون LSD در سطح اطمینان

[1] -WHC (Water Holding Capacity)
[2] -FBC (Fat Binding Capacity)
[3] -FC (Foaming Capacity)
[4] -FS (Foaming Stability)

۹۵٪ و رگرسیون خطی بین خصوصیات عملکردی و میزان چربی نمونه ها توسط نرم افزار SAS-9.1 (۲۰۰۲) انجام شد.

نتایج و بحث

آزمون های شیمیایی

روش های تولید متفاوت آردهایی با مقادیر چربی و PDI متفاوت ایجاد می کند (رواقی و همکاران ۱۳۸۹)، که می تواند بر بازده و خصوصیات شیمیایی ایزوله پروتئینی سویا تأثیرگذار باشد. تمام ایزوله های تولیدی از آردهای مختلف از نظر بازده و تمام ویژگی های شیمیایی به جز فیبر تفاوت معنی داری داشتند (جدول ۱ و۲).

جدول ۱- ترکیب شیمیایی ایزوله های تولید شده [×]

	پروتئین(%)	چربی(%)	خاکستر(%)	فیبر (%)	نسبت بتا کن گلایسینین به گلایسینین
ایزوله آرد بدون چربی	۹۰/۹٤±۰/۰۱ [a]	۳/۲۸±۰/۰۳ [c]	۵/۱٦±۰/۰۱ [a]	<۰/۰۲	۰/۸٤
ایزوله آرد کم چرب	۷۹/۷۷±۰/۰۱ [b]	۱۳/۷٦±۰/۳۷ [b]	۵/۲۷±۱/۱٤ [a]	<۰/۰۲	۰/۷۷
ایزوله آرد کامل	۷۳/۲۵±۰/۰۱ [c]	۲۱/۹۲±۰/۱۲ [a]	٤/٤۱±۰/۲۳ [b]	<۰/۰۲	۰/۷٤

[×] نتایج بر اساس وزن خشک و به صورت میانگین سه تکرار گزارش شده است. حروف غیرمشابه نشان دهنده تفاوت معنی دار بین داده ها است (P<۰/۰۵).

جدول ۲- بازده، بازده پروتئین و بازده چربی ایزوله پروتئینی سویا و آرد باقیمانده از مرحله اول سانتریفوژ [×]

	بازده (%)		
	محصول	پروتئین	چربی
ایزوله پروتئینی سویا			
آرد بدون چربی	۲۷/۷۹±۰/۳۲ [a]	۵۰/۷۸±۰/۰۱ [a]	۲٤/۸٦±۰/۲۵ [a]
آرد کم چرب	۲٦/٤۰±۱/۰٤ [a]	٤۵/۹۱±۰/۰۱ [b]	۲۵/۳۲±۰/٦۹ [a]
آرد کامل	۱۹/۸۲±۱/۱۸ [b]	۳٦/۹۷±۰/۰۱ [c]	۱۹/٦۸±۰/۱۱ [b]
آرد باقیمانده از مرحله اول سانتریفوژ			
آرد بدون چربی	٤٤/۷۳±۰/۰۷ [c]	٤۱/۷۵±۰/۰۱ [c]	۵۵/٦۰±۵/۱۱ [a]
آرد کم چرب	٤۸/۹۱±۰/۳۳ [b]	٤٦/۷۳±۰/۰۱ [b]	۵۳/٤۰±۱/۸۸ [a]
آرد کامل	۵۵/۵۹±۱/۱۷ [a]	۵۵/۰۵±۰/۰۱ [a]	۵۹/۱۵±۱/۳۷ [a]

[×] نتایج بر اساس وزن خشک و به صورت میانگین سه تکرار گزارش شده است. حروف غیرمشابه نشان دهنده تفاوت معنی دار بین داده ها است (P<۰/۰۵).

میزان پروتئین و خاکستر به طور معنی داری از ایزوله تولیدی از آرد بدون چربی تا ایزوله آرد کامل کاهش یافت. از آن جا که کربوهیدرات کل در نمونه های ایزوله (تفاضل مجموع مقادیر از ۱۰۰) مشابه بود، این روند احتمالاً به میزان چربی نمونه ها که تاحد بسیار زیادی تحت تأثیر میزان چربی مواد اولیه بود قرار گرفت. نتایج نشان داد که نسبت بتا کن گلایسینین به گلایسینین در ایزوله های تولیدی از آردهای مختلف متفاوت است. این امر احتمالاً به تأثیر روش های تولید متفاوت بر آرد سویای اولیه برمی گردد که با بررسی مقادیر PDI آرد

قابل توجیه است؛ بدین ترتیب مقادیر PDI کمتر در آرد اولیه باعث کاهش این نسبت در محصول تولیدی گردید. وانگ و همکارانش (۲۰۰٤) نشان دادند که دمای دناتوراسیون بتاکن گلایسینین کمتر از گلایسینین است و از این رو تیمار حرارتی اولیه می تواند این نسبت را کاهش دهد (جدول ۱).

مطابق جدول ۲ مقادیر بازده محصول و بازده پروتئین (درصد محتوای پروتئین ایزوله نسبت به پروتئین آرد مورد استفاده با در نظر گرفتن بازده محصول) در ایزوله تولیدی از آرد بدون چربی به دلیل PDI بالاتر و مقادیر چربی باقیمانده کمتر به طور معنی داری بالاتر از سایر نمونه ها بود در حالی که ایزوله حاصل از آرد کامل کمترین مقادیر را به خود اختصاص داد. نتایج بدست آمده در این تحقیق با نتایج وانگ و همکارانش (۲۰۰٤) که نشان دادند نمونه های با PDI بالاتر بازده محصول بالاتری دارند، مطابقت داشت.

بر خلاف ایزوله، بازده و بازده پروتئین درآرد باقیمانده از مرحله اول سانتریفوژ در مورد آرد بدون چربی کمترین مقدار را داشت و با افزایش محتوای چربی در ماده اولیه این مقادیر روندی افزایشی نشان دادند (جدول۲). به نظر می رسد حضور چربی در مواد اولیه مانع از خروج پروتئین حین تولید ایزوله می گردد و از این رو آرد باقیمانده از مرحله اول سانتریفوژ بیشتر اجزاء را حفظ کرده و بازده تولید بالاتری در مقایسه با بازده محصول (ایزوله) داشته است. بدین ترتیب با افزایش میزان چربی گرچه بخشی از چربی از آرد اولیه خارج شده و میزان چربی ایزوله افزایش یافت اما به دلیل تأثیرات نامطلوبی که چربی بر بازده تولید ایزوله داشت به طور کلی از بازده چربی و بازده پروتئین کاسته شد.

ویژگی‌های عملکردی

خصوصیات عملکردی ایزوله های تولید شده از آردهای مختلف در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳- ویژگی‌های عملکردی ایزوله های پروتئینی سویا*

	پخش پذیری (٪)			امولسیون کنندگی			کف کنندگی	
	پروتئین	مواد جامد	ظرفیت نگهداری آب	فعالیت	پایداری	ظرفیت جذب چربی	ظرفیت	پایداری
ایزوله آرد بدون چربی	۸٤/۳٤±۰/۹۷ a	۸۵/۸۷±۰/۷۵ a	٤/۷۲±۰/۳۱ a	۱۵/۱٦±۰/۲۰ a	۲۷/۷۹±۳/٤٤ a	۲/٦۲±۰/۱٦ a	۱۸۸/۰۰±۲٦/۰۰ a	۷۳/۰۰±۱۵/۰۰ a
ایزوله آرد کم چرب	۸۱/٦۸±۲/۱۹ a	۸٤/۹۸±۰/۷۵ a	۳/۹۰±۰/۲۲ b	۱٤/۸۲±۰/۰۲ b	۲۰/۳۱±۰/۲۲ b	۲/۳۵±۰/۰۳ b	۱۰۸/۱۰±۱/۹۹ b	۹/۹۰±۰/۲۰ b
ایزوله آرد کامل	۸۱/۵٦±۱/۲۸ a	۸٦/۳۷±۰/۷۵ a	۳/٤۵±۰/۰۳ c	۱٤/۷۱±۰/۱۱ b	۱۷/۵۹±۰/۰٦ b	۲/۱٦±۰/۰۲ b	۱۰۷/٤۵±۱/۰٦ b	۰/٦۷±۰/۲۱ b

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

پخش پذیری پروتئین و مواد جامد

PDI شاخصی است که به طور غیرمستقیم میزان تیمار حرارتی را نشان می دهد؛ تیمار حرارتی بیشتر باعث کاهش PDI می شود (کینسلا ۱۹۷۰). همچنین مقادیر PDI با سایر خصوصیات عملکردی پروتئین ها در ارتباط است (نازارت و همکاران ۲۰۰۹). در ایزوله های تولیدی از آردهای اولیه مختلف هیچ گونه تفاوت معنی داری بین PDI و پخش پذیری مواد جامد مشاهده نشد و از این رو تفاوت در خصوصیات عملکردی ایزوله های تولیدی از نظر محتوای چربی ارزیابی گردید.

گرچه حین تولید ایزوله پروتئینی سویا، پروتئین های محلول خارج می شوند اما شرایط فرایند تولید ایزوله و خشک کردن آن در آون، PDI نهایی را کاهش داد. از آن جا که پخش پذیری مواد جامد با PDI نهایی محصول مرتبط است، این امر در مورد پخش پذیری مواد جامد نیز صادق است.

ظرفیت نگهداری آب

ایزوله حاصل از آرد بدون چربی به طور معنی داری مقادیر ظرفیت نگهداری آب بالاتری نشان داد در حالی که حضور چربی از توانایی پروتئین در نگهداری آب کاست. ظرفیت نگهداری آب ایزوله ها رابطه خطی قوی با میزان چربی (F) نشان داد: WHC=-۰/۷۱×F+۵/٤٤، R^2=۰/۹۰. حضور مواد هیدروفوب همچون چربی بر مکان های باند کننده موجود در ساختمان پروتئین تأثیر گذاشته و باعث کاهش ظرفیت نگهداری آب می شود. نتایج بدست آمده در این تحقیق با نتایج هی وود و همکارانش (۲۰۰۲) که نشان دادند محصولات پروتئینی سویا با مقادیر چربی بالاتر ظرفیت نگهداری آب کمتری دارند مطابقت داشت.

فعالیت و پایداری امولسیون کنندگی

فعالیت امولسیون کنندگی نشان دهنده سطح تماسی است که به ازای هر گرم پروتئین پایدار شده است در حالی که پایداری امولسیون، مقاومت امولسیون نسبت به شکستن را نشان می دهد (سوروکا و زمودزینسکی ۲۰۰٤ و ژاو و هو ۲۰۰۹). نتایج نشان داد که فعالیت و پایداری امولسیون به طور منفی تحت تأثیر میزان چربی نمونه های ایزوله پروتئینی سویا قرار گرفت. فعالیت و پایداری امولسیون کنندگی نمونه های ایزوله تولید شده روند کاهشی مشابهی را از ایزوله حاصل از آرد بدون چربی تا ایزوله آرد کامل نشان داد. به منظور تولید یک امولسیون پایدار شده توسط پروتئین، مولکول های پروتئین باید به سطح مشترک آب/لیپید مهاجرت کنند و به گونه ای باز شوند که مکان های هیدروفوب بتواند با فاز لیپیدی تماس برقرار کنند. خصوصیات امولسیون کنندگی همچون ظرفیت نگهداری آب و ظرفیت باند کردن چربی تحت تأثیر جایگاه های قابل دسترس پروتئین برای باند کردن قرار می گیرد. می توان این فرضیه را مطرح کرد که حضور چربی می تواند بر تعادل نسبت مکان های باند کننده مواد هیدروفوب و هیدروفیل تأثیرگذار باشد و از این رو امولسیون کنندگی را کاهش دهد. به علاوه وانگ و همکارانش (۲۰۰٤) نشان دادند که نسبت بتا کن گلایسینین به گلایسینین می تواند بر خصوصیات امولسیون کنندگی تأثیرگذار باشد از این رو ایزوله آرد بدون چربی ویژگی‌های امولسیون کنندگی بالاتری نشان داد در حالی که فراوری اولیه آردهای سویا به دلیل اثرات نامطلوب بر نسبت بتا کن گلایسینین به گلایسینین روی ویژگی‌های امولسیون کنندگی ایزوله ها تأثیر منفی داشت. از این رو گرچه خصوصیات امولسیون کنندگی به طور منفی تحت تأثیر میزان چربی قرار گرفت اما رابطه خطی قوی با میزان چربی نمونه های ایزوله مشاهده نشد: EAI=-۰/۲۲×F+۱۵/۳۵، R^2=۰/٦۸؛ ESI=-۱/٤۸×F+٤۵/۹۱، R^2=۰/۸٤.

ظرفیت باند کردن چربی

ظرفیت باند کردن چربی به دام انداختن فیزیکی چربی توسط پروتئین است (مائو و هوا ۲۰۱۲). ظرفیت باند کردن چربی در ایزوله آرد بدون چربی بیشترین و در ایزوله آرد کامل کمترین مقدار را داشت. به لحاظ تئوری محصولات آرد بدون چربی دارای تمام جایگاه های باند کردن برای جذب چربی هستند در حالی که حضور چربی این جایگاه ها را بلوکه کرده و ظرفیت باند کردن چربی را کاهش می دهد (رواقی و همکاران ۱۳۹۰)؛ از این رو افزایش میزان چربی در نمونه های ایزوله تولید شده از آرد کم چرب و آرد کامل از ظرفیت باند کردن چربی کاست. نتایج نشان داد ظرفیت باند کردن چربی ایزوله ها رابطه خطی قوی با میزان چربی داشت: FBC=-۰/۳۱×F+۳/۰۵، R^2=۰/۹٤. این امر بیانگر این

مطلب است که حضور چربی به طور قوی بر کاهش مقادیرچربی باند شده توسط پروتئین تأثیرگذار است.

خصوصیات کف کنندگی

ظرفیت کف کنندگی اندازه گیری ماکزیمم کف تولید شده بلافاصله پس از مخلوط کردن است در حالی که پایداری کف، مقاومت کف نسبت به ناپایداری را نشان می دهد (کاردلون دلابارکا و همکاران ۲۰۰۰). نتایج، تفاوت معنی داری را بین خصوصیات کف کنندگی ایزوله آرد بدون چربی و بقیه نمونه ها نشان داد. ایزوله آرد بدون چربی کف بیشتر و با حباب های ریزتر که شاخص پایداری است تولید کرد که با افزایش اندازه حباب ها از پایداری کف کاسته شد. حضور چربی به طور معنی داری بر ظرفیت کف کنندگی و پایداری کف تأثیرگذار بود؛ بدین ترتیب ایزوله آرد کم چرب و ایزوله آرد کامل به دلیل تأثیرات تداخلی چربی، به طور معنی داری مقادیر ظرفیت و پایداری کف کنندگی پایین تری نشان دادند. لیپیدها می توانند به سرعت جذب سطح مشترک هوا-آب شوند و مانع از جذب سطحی پروتئین حین تشکیل کف گردند. از آن جا که فیلم های لیپیدی خصوصیات چسبندگی و ویسکوالاستیک مورد نیاز برای پایداری در برابر فشار داخلی حباب کف را ندارند، حباب ها به سرعت توسعه یافته و با ادامه مخلوط کردن فرو می پاشند (رواقی و همکاران ۱۳۹۰). خصوصیات کف کنندگی رابطه خطی قوی با میزان چربی نمونه های ایزوله داشت: $FC=-٤٠/٢٨\times F+٢١٥/٠٧$؛ $R^2=٠/٦٨$، $FS=-٣٦/١٨\times F+٩٧/١٨$، $R^2=٠/٧٢$. مطابق نتایج، مقادیر اندک چربی (زیر ١٤٪) تأثیر تداخلی شدیدی بر ظرفیت و پایداری کف داشت در حالی که مقادیر بالاتر تفاوت معنی داری ایجاد نکرد.

نتیجه گیری

به طور کلی گرچه حضور چربی در مواد اولیه باعث افزایش مقادیر چربی در محصول نهایی شد اما بازده تولید ایزوله و محتوای پروتئین را کاهش داد در نتیجه ایزوله های تولید شده از آرد کم چرب و آرد کامل بازده پروتئین کمتری داشت که باعث کاهش توانایی ایزوله ها در حفظ آب و چربی، خصوصیات امولسیون کنندگی و کف کنندگی گردید. این امر نشان می دهد که این محصولات تنها در جایی که کمپلکس پروتئین-چربی به عنوان منبع انرژی و پروتئین مورد نیاز باشد و خصوصیات عملکردی از اهمیت کمتری برخوردار است کاربرد دارد.

منابع مورد استفاده

رواقی م، مظاهری تهرانی م، آسوده ا، ۱۳۸۹. ارزیابی خصوصیات عمل کنندگی چهار نوع آرد سویا تولیدی در ایران، نشریه پژوهش های علوم و صنایع غذایی ایران، ٦(٣): صفحه های ٧-١.

رواقی م، مظاهری تهرانی م، آسوده ا، ۱۳۹۰. نقش نوع آرد سویا و روش تولید بر خصوصیات شیمیایی و عملکردی کنسانتره پروتئینی حاصل از آن، مجله پژوهش های صنایع غذایی، ٢١(١): صفحه های٦٧-٥٧.

[AACC] American Association of Cereal Chemistry, 1975. Method 46-24. Approved Methods of the AACC. St Paul, MN.

[AACC] American Association of Cereal Chemistry, 1983. Method 88-04. Approved Methods of the AACC. St Paul, MN.

[AOAC] Association Official Analytical Chemists, 1990. Method 920.87, 922.06, 942.05 and 962.09. Official methods of analysis of Association of Official Analytical Chemists. Washington DC.

Alibhai Z, Mondor M, Moresoli C, Ippersiel D, Lamarche F, 2006. Production of soy protein concentrates/isolate: traditional and membrane technologies. Desalination 191: 351-358.

Calderón De La Barca A M, Ruiz-Salazar R A, Jara-Marini M E, 2000. Enzymatic hydrolysis and synthesis of soy protein to improve its amino acid composition and functional properties, Journal of Food Science 65(2): 246-253.

Hettiarachchy N and Kalapathy U, 1997. Soybean protein products. In: Liu k (ed). Soybeans: Chemistry, Technology and Utilization. New York: Chapman & Hall.

Heywood A A, Myers D J, Baiely T B, Johnson L A, 2002. Functional properties of low fat soy flour produced by an extrusion-expelling system. Journal of American Oil Chemists' Society, 79: 1249-1253.

Kinsella J, 1979. Functional properties of soy proteins. Journal of American Oil Chemists' Society, 56: 242-258.

Laemmli U K, 1970. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. Nature, 227: 680-685.

L'hocine L, Boye J I, Arcand Y, 2006. Composition and functional properties of soy protein isolates prepared using alternative defatting and extraction procedures. Journal of Food Science, 71: 137-145.

Lin M J Y, Humbert E S, Sosulski F W, 1974. Certain functional properties of sunflower meal products. Journal of Food Science 39: 368–370.

Liu K, 2004. Soybeans as a powerhouse of nutrients and phytochemicals. In: Liu K (ed). Soybeans as Functional Foods and Ingredients. Champaign: AOCS press.

Londhe S V, Joshi M S, Bhosale A A, Kale SB, 2011. Isolation of quality soy protein from soya flakes. International Journal of Research in Pharmaceutical and Biomedical Sciences, 2:1175-1177.

Mao X and Hua Y, 2012. Composition, structure and functional properties of protein concentrates and isolates produced from walnut (Juglans regia L.). International Journal of Molecular Science, 13: 1561-1581.

Nazareth Z M, Deak N A, Johnson L A, 2009. Functional properties of soy protein isolates prepared from gas-supported screw-pressed soybean meal. Journal of American Oil Chemists' Society, 86:315–321.

Nelson A I, Wijeratne W B, Yeh S W, Wei T M, Wei L S, 1987. Dry extrusion as an aid to mechanical expelling of oil from soybeans. Journal of American Oil Chemists' Society, 64:1341-1347.

SAS. 2002. Statistical Analysis System 9.1. Cary, NC.

Singh P, Kumar R, Sabapathy S N, Bawa S, 2008. Functional and edible uses of soy protein products. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 7: 14-28.

Surówka K and Żmudziński D, 2004. Functional properties modification of extruded soy protein concentrate using Neutrase. Czech Journal of Food Science, 22: 163-174.

TotalLab TL120, 2009. Nonlinear Dynamics Ltd., Newcastle, UK.

Wang C and Johnson L A, 2001. Functional properties of hydrothermally cooked soy protein products. Journal of American Oil Chemists' Society, 78: 189-195.

Wang H, Johnson L A, Wang T, 2004. Preparation of soy protein concentrate and isolate from extruded-expelled soybean meals. Journal of American Oil Chemists' Society, 81: 713-717.

Zhao X and Hou Y, 2009. Limited hydrolysis of soybean protein concentrate and isolate with two proteases and the impact on emulsifying activity index of hydrolysates. African Journal of Biotechnology, 8: 3314-3319.