نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۸، شماره ۱، بهار ۱۳۹۱، ص. ۲۹-۱۶

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 8, No. 1, 2012, p. 16-29

بررسی تغییر خصوصیات شیمیایی و عملکردی حین تولید کنسانتره پروتئینی سویا از آردهای صنعتی سویا

مریم رواقی[1*]- مصطفی مظاهری تهرانی[2]- احمد آسوده[3]

تاریخ دریافت: ۸۹/۵/۲
تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۰/۱۱

چکیده

کنسانتره پروتئینی سویا محصولی با ویژگی‌های تغذیه‌ای و عملکردی مطلوب است که با حفظ پروتئین و حذف کربوهیدرات‌های محلول از آرد سویا بدست می‌آید. در این تحقیق، چهار نوع آرد سویا شامل آرد کامل (چربی ۲۲/۰۸ و PDI ۲۸/۷۲)، آرد بدون چربی (چربی ۳/۶۷ و PDI ۵۵/۱۰)، آرد برشته بدون چربی (چربی ۳/۷۸ و PDI ۱۰/۷۲)، و آرد کم چرب (چربی ۱۴/۳۴ و PDI ۳۲/۷۱) و روش شستشو در دو سطح شستشو با محلول الکلی و اسیدی جهت تولید کنسانتره پروتئینی سویا استفاده شد و بازده، تغییر خصوصیات شیمیایی و عملکردی شامل PDI، مواد جامد قابل پخش، ظرفیت نگهداری آب و جذب چربی، خصوصیات امولسیون‌کنندگی و کف‌کنندگی تعیین گردید. بررسی نتایج نشان دادکه تولید کنسانتره از آرد کامل سویا بازده بالاتری داشت و میزان چربی در آن بیشتر از سایر انواع آرد افزایش یافت، با این وجود چربی تأثیرمنفی بر تغلیظ پروتئین داشت. روش شستشوی اسیدی با حذف بهتر کربوهیدرات های محلول بازده کمتری نسبت به روش الکلی ایجاد کرد، اما کارایی بالاتری در تغلیظ پروتئین و چربی داشت. کنسانتره حاصل از آرد بدون چربی نسبت به آرد اولیه به طور معنی داری دچار تغییر در خصوصیات عملکردی شد، در حالی که حضور چربی یا دناتوراسیون ناشی از برشته‌کردن به جز در مورد اندیس پایداری امولسیون از شدت تغییرات کاست. همچنین در اثر فرآیند تولید ظرفیت نگهداری آب خصوصاً در مورد محصولاتی با میزان چربی بالاتر افزایش یافت. گرچه عمده‌ترین تغییرات PDI در زمان خشک کردن رخ داد، اما تأثیر کلی فرآیند تولید بر خصوصیات کف‌کنندگی و امولسیون کنندگی بسیار بیشتر از مرحله خشک‌کردن بود.

واژه های کلیدی: خصوصیات شیمیایی، خصوصیات عملکردی، شاخص پخش‌پذیری پروتئین،کنسانتره پروتئینی سویا، آرد سویا

مقدمه

پروتئین سویا از مهم‌ترین منابع پروتئینی تجاری با ویژگی‌های تغذیه ای و عملکردی مطلوب است که جایگزین مناسبی برای پروتئین‌های حیوانی محسوب می‌شود. در ایالات متحده با کاهش تقاضای محصولات گوشتی و افزایش توجه مصرف‌کنندگان به غذاهای سلامتی بخش، استفاده از محصولات پروتئینی سویا در تولید محصولات کم کالری، کم کلسترول و با پروتئین بالا افزایش یافته است (Singh *et al.*, 2008).

حضور مواد ضد تغذیه ای، بروز طعم‌های نامطلوب و پایین بودن محتوای پروتئین آرد زمینه ساز تولید محصولاتی همچون کنسانتره پروتئینی سویا با میزان پروتئین بیشتر و خصوصیات مطلوب تر گردید. کنسانتره پروتئینی سویا تحت شرایطی تولید می‌شود که بخش اعظم پروتئین‌ها غیرمحلول باشند؛ در این حالت قندها و دیگر اجزاء با وزن مولکولی پایین حل شده و پروتئین و پلی ساکاریدهای دیواره سلولی باقی می‌مانند. مهم‌ترین عوامل مورد استفاده در تولید کنسانتره پروتئینی سویا، شستشو با اسید رقیق در pH ۴/۵ (میانگین نقطه ایزوالکتریک گلوبولین‌های سویا) و استفاده از محلول آبی الکلی است (Liu, 2004; Meyer, 1971). در حال حاضر کنسانتره پروتئینی سویا از آرد سویا بدون چربی بدست می‌آید، با این وجود سایر آردهای سویا نیز می‌توانند جهت تولید محصولاتی با محتوای پروتئین و

۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه تهران
(*- نویسنده مسئول: Email: Ravaghi.maryam@gmail.com)
۲- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد
۳- استادیار، گروه شیمی، دانشگاه فردوسی مشهد

خصوصیات عملکردی متفاوت مورد استفاده قرار گیرند. Wang و همکارانش (۲۰۰۴) نشان دادند که می‌توان از آرد کم‌چرب به منظور تولید کنسانتره و ایزوله پروتئینی سویا با خصوصیات عملکردی مطلوب استفاده کرد. به علاوه کنسانتره پروتئینی سویا با محتوای چربی بالاتر را می‌توان با استفاده از آرد کامل سویا تولید کرد (Sugarman, 1956).

فلیک‌های سویا پس از فرآیند روغن‌کشی و خروج حلال، خشک شده و به منظور تولید آرد آسیاب می‌شوند. متداول‌ترین روش در حلال‌گیری برای به حداقل رساندن دناتوراسیون پروتئین روش حلال‌گیری سریع است، اما گاهی اوقات برای افزایش ارزش تغذیه ای از حلال گیر- برشته کن استفاده می‌گردد؛ گرچه این امر باعث کاهش قابلیت پخش پذیری پروتئین و سایر خصوصیات عملکردی می‌شود (Heywood et al., 2002; Liu, 2004). در سال‌های اخیر استفاده از فرآیندهای مکانیکی خصوصاً روش اکسترود کردن- استخراج[1] جایگاه خاصی یافته است. در این روش ساختارهای سلولی موجود در فلیک‌های سویا طی عمل اکستروژن تخریب شده و در اثر اعمال فشار، روغن موجود خارج می‌گردد و آرد سویای کم‌چرب تولید می‌شود (Nelson et al., 1987). آرد کامل سویا نیز از آسیاب کردن لوبیاهای پوست‌گیری شده بدست می‌آید. در برخی موارد لوبیای سویا به منظور حذف ترکیبات ضدتغذیه ای معین تحت تیمار حرارتی قرارمی‌گیرد. این نوع آرد به عنوان منبع مناسبی از انرژی و پروتئین همراه با ماندگاری طولانی به دلیل آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی روغن محسوب می‌شود (Pringle, 1974).

محصولات پروتئینی سویا نقشی مهم در تولید غذاهای مغذی و طراحی غذاهای جدید دارند و در سیستم‌های غذایی نه تنها باعث افزایش محتوای پروتئینی می‌شوند، بلکه بسیاری از خصوصیات عملکردی را نیز فراهم می‌آورند. طبق نظر Kinsella (۱۹۷۹) مراحل کنسانتره کردن و تیمار حرارتی که به منظور بهبود کیفیت تغذیه ای مورد استفاده قرار می گیرد، محصولاتی با طیف وسیعی از خصوصیات عملکردی و کاربرد تولید می‌کند. خصوصیات عملکردی به ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی مؤثر بر رفتار پروتئین‌ها در سیستم‌های تولید، فرآوری و نگهداری اتلاق می‌شود (Singh *et al.*, 2008).

بر اساس اطلاعات موجود، تاکنون تحقیقی در زمینه بررسی تغییر خواص شیمیایی و عملکردی حین تولید کنسانتره پروتئینی سویا انجام نگرفته است. هدف از این پژوهش، آماده‌سازی و ارزیابی تغییر 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 - الکلی بود. خواص عملکردی مانند ظرفیت نگهداری آب، ظرفیت پیوند با چربی، قابلیت حل شدن و خصوصیات سطحی تأثیر بسزایی بر کاربرد پروتئین ها در سیستم‌های غذایی دارند و ازاین رو سعی شد تا در مطالعه حاضر به بررسی اثر شاخص پخش پذیری پروتئین (PDI) و محتوای چربی بر تغییرخواص عملکردی پرداخته شود. توجه به این نکته ضروری است که تولیدکنندگان این محصول باید آگاهی کافی از این تغییرات و عوامل مؤثر بر آن داشته باشند تا در موقع لزوم بتوانند محصولاتی با خصوصیات مطلوب جهت استفاده در صنایع غذایی تولید کنند.

مواد و روش‌ها

تیمارها. چهار نمونه آرد سویا عبوری از الک با مش ۱۰۰ شامل آرد سویا بدون چربی و آرد سویا برشته بدون چربی از کارخانه بهپاک، آرد سویا کم چرب از کارخانه سویاسان، و آرد سویای کامل از صنایع پروتئینی توس سویا در سه تکرار تهیه شد. طبق مطالعات اولیه منبع سویا مورد استفاده در این کارخانجات تفاوت چندانی با یکدیگر ندارد و از واریته جی تی ایکس که در استان گلستان- منطقه اصلی کشت سویا- به عنوان واریته غالب است، استفاده می گردد. 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 نمونه ها در کیسه های پلاستیکی بسته بندی شدند و تا زمان آزمون و تهیه نمونه ها در دمای۴ درجه سانتیگراد نگهداری گردیدند. در ابتدا پس از تعیین خصوصیات شیمیایی و عملکردی آردهای سویا، کنسانتره پروتئینی سویا به دو روش تولید گردید و بازده و خصوصیات شیمیایی پس از خشک‌کردن تعیین شد. خصوصیات عملکردی نیز قبل و پس از خشک کردن (به جز ظرفیت نگهداری آب و ظرفیت جذب چربی که تنها پس از خشک‌کردن اندازه گیری شد) جهت بررسی تغییرات حاصل از اثر فرآیند و خشک کردن در محصول تولیدی نسبت به آرد اولیه (استفاده از روش تفاضلی) اندازه‌گیری شد.

روش تولید کنسانتره پروتئینی سویا. شستشوی الکلی و شستشوی اسیدی متداول ترین روش های تولید کنسانتره پروتئینی سویا می باشند، از این رو در این مطالعه از هر دو روش جهت تولید کنسانتره استفاده شد و محصول تولیدی پس از خشک کردن تا مش ۸۰ آسیاب گردید. تولید کنسانتره در سه تکرار صورت گرفت. در روش شستشوی اسیدی آرد سویا با آب به نسبت ۱۰:۱ (آرد/ آب) مخلوط گردید و سپس pH آن به نقطه ایزوالکتریک پروتئین سویا، pH=۴/۵، رسانده شد. مخلوط به مدت ۳۰ دقیقه در دمای۴۰°C در همین pH همزده، سپس رسوب پروتئین از قندهای محلول توسط سانتریفوژ کردن در ۱۴۰۰۰ ×g به مدت ۳۰ دقیقه در ۱۵ °C جدا گردید و در نهایت pHآن بر روی ۷ تنظیم شد. کنسانتره تولیدی سپس در آون تحت خلأ ۴۰ °C به مدت ۸ ساعت خشک گردید. در روش شستشو با

1- Extrusion-Expelling

محلول آبی الکلی آرد سویا با محلول الکلی ۶۰ درصد به نسبت ۱۰:۱ (آرد/ الکل) به مدت ۴۰ دقیقه در ۴۰°C همزده شد و رسوب پروتئینی از قندهای محلول توسط سانتریفوژ کردن در g× ۱۴۰۰۰ به مدت ۳۰ دقیقه در ۱۵°Cجدا گردید. حلال در زیر هود به مدت ۲۴ ساعت تبخیر شده و در نهایت در آون تحت خلأ با دمای ۴۰°C به مدت ۸ ساعت خشک گردید (Wang *et al*., 2004).

بازده و خصوصیات شیمیایی

اندازه‌گیری پروتئین توسط روش کجلدال بر اساس استاندارد AOAC 920.87 و با در نظر گرفتن اندیس ۶/۲۵، خاکستر طبق استاندارد AOAC 942.05، فیبر خام بر اساس روش AOAC 962.09، چربی به روش هیدرولیز اسیدی مطابق روش AOAC922.06 صورت گرفت. تمام اندازه‌گیری‌ها در سه تکرار انجام گرفت و نتایج بر مبنای وزن خشک (پس از خشک‌کردن نمونه در آون ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ ساعت بر اساس استاندارد AOAC 925.10) گزارش گردید (AOAC, 2002). بازده تولید محصول طبق فرمول محاسبه گردید:

(۱) ۱۰۰×(وزن آرد مصرفی/ وزن محصول تولیدی) =بازده تولید

خصوصیات عملکردی

اندیس پخش پذیری پروتئین و مواد جامد قابل پخش. PDI مطابق استاندارد AACC (۱۹۸۳) روش ۲۴-۴۶ اندازه گیری شد. ۴ گرم نمونه در۶۰ میلی لیتر آب مقطر توسط اولتراتوراکس[1] درrpm ۱۰۰۰۰ به مدت ۱۰ دقیقه هموژنیزه گردید و سپس به مدت ۱۰ دقیقه درrpm ۲۷۰۰ سانتریفوژ شد. بخش شناور به لحاظ محتوای پروتئین توسط روش کجلدال مورد بررسی قرار گرفت. PDI بیانگر درصد پروتئین‌های محلول نسبت به کل پروتئین‌های موجود در یک گرم نمونه است. مواد جامد قابل پخش نیز با خشک کردن و وزن کردن کل مواد جامد موجود در بخش محلول تعیین شد.

ظرفیت نگهداری آب. ظرفیت نگهداری آب مطابق استاندارد AACC (۱۹۸۳) روش ۰۴-۸۸ اندازه‌گیری گردید و حداکثر مقدار آبی است که توسط یک گرم نمونه طی سانتریفوژ کردن در g×۲۰۶۰ به مدت ۱۰ دقیقه حفظ می شود. در این آزمون تنها مقادیر کافی آب برای اشباع کردن نمونه و نه برای ایجاد فاز مایع افزوده شد.

ظرفیت جذب چربی. ظرفیت جذب چربی با استفاده از روش Lin و همکارانش(۱۹۷۴) ارزیابی گردید. ۰/۳ گرم نمونه پروتئین با ۳ میلی لیتر روغن ذرت (دانسیته ۰/۹۲در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد) در یک لوله سانتریفوژ ۱۰ میلی لیتری از قبل وزن شده به مدت ۱ دقیقه مخلوط گردید. پس از سانتریفوژ کردن در g×۲۰۶۰ به مدت ۳۰ دقیقه بخش شناور دور ریخته شد و لوله مجدداً وزن گردید. ظرفیت جذب چربی به عنوان میزان روغن حفظ شده توسط آرد تقسیم بر وزن اولیه آرد محاسبه شد.

خصوصیات امولسیون کنندگی. خصوصیات امولسیون کنندگی مطابق روش Pearce و Kinsella (۱۹۷۸) تعیین شد. روغن ذرت (۱۰ میلی لیتر) با محلول پروتئینی ۰/۱ درصد (۳۰ میلی لیتر) با هموژنایزر توراکس درrpm ۱۰۰۰۰ به مدت ۱ دقیقه هموژنیزه شد. ۱ میلی لیتر از امولسیون از انتهای ظرف برداشته شده و با سدیم دو دسیل سولفات ۰/۱ درصد (با نسبت۱/۱۰۰) رقیق گردید. جذب در ۵۰۰ نانومتر بلافاصله پس از تشکیل امولسیون و پس از ۱۰ دقیقه در دمای اتاق (۲۵ درجه سانتیگراد) اندازه‌گیری شد. اندیس فعالیت امولسیون (EAI)[2] و اندیس پایداری امولسیون(ESI)[3] طبق معادلات ذیل قابل محاسبه است.

$$EAI=۲/۳۰۳ \times ۲ \times A_0 \times \text{فاکتور رقت}/C \times \varphi \times ۱۰۰۰۰ \quad (۲)$$

$$ESI= (EAI_{10}/EAI_0)\times t \quad (۳)$$

در این معادله A_0 جذب اندازه‌گیری شده پس از تشکیل امولسیون، C وزن پروتئین نسبت به واحد حجم، φ حجم روغن امولسیون است. EAI_0 اندیس فعالیت امولسیون بلافاصله پس از تشکیل، EAI_{10} اندیس فعالیت امولسیون ۱۰ دقیقه پس از تشکیل امولسیون و t زمان (۱۰ دقیقه) است.

خصوصیات کف‌کنندگی. ظرفیت کف کنندگی و پایداری کف مطابق روش Lin و همکارانش (۱۹۷۴) انجام گرفت. ۵۰ میلی لیتر محلول ۳ درصد پروتئین به مدت ۱ دقیقه با دور پایین به منظور پخش‌کردن مواد جامد توسط همزن کرون[4] مخلوط شد و سپس همزدن با دور بالا به مدت ۳ دقیقه جهت تولید کف ادامه یافت. کف به مزور ۲۰۰ سی سی جهت اندازه‌گیری حجم کل (کف و محلول) و حجم کف منتقل شد و ظرفیت و پایداری کف به ترتیب در زمان‌های ۱ و ۶۰ دقیقه اندازه‌گیری گردید.

طرح آزمایشی و آنالیز نتایج

آنالیز آماری حاصل از اندازه‌گیری متغیرهای شیمیایی و ویژگی‌های عملکردی چهار نوع آرد سویا اولیه به صورت یک طرح کاملاً تصادفی انجام گرفت. به منظور بررسی تغییر خصوصیات عملکردی حاصل از کنسانتره (به جز ظرفیت نگهداری آب و ظرفیت

1- Ultra-Turrax®

2- Emulsion Activity Index
3- Emulsion Stability Index
4- Crown

جذب چربی) از تفاضل مقادیر پارامترهای تحت آزمون در کنسانتره نسبت به آرد اولیه استفاده گردید و نتایج حاصل از آزمایشات در قالب آزمون فاکتوریل ۲×۴ (۴ نوع آرد و دو نوع روش تولید) با دو بلوک (قبل و بعد از خشک کردن) و در سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت. اگر تکرارها تصادفی نباشند (شرایط تکرارها یکسان نباشد) یک آزمایش فاکتوریل با محدودیت اجرای تصادفی داریم که در اینجا به صورت دو بلوک کامل تصادفی در نظر گرفته می‌شود (شاهکار،۱۳۸۰). نتایج حاصل از بررسی بازده و تغییرخصوصیات شیمیایی کنسانتره‌های تولیدی و نتایج روش تفاضلی ظرفیت جذب چربی و ظرفیت نگهداری آب در قالب یک آزمون فاکتوریل ۲×۴ و در سه تکرار بررسی شد. مقایسه میانگین‌ها در تمام موارد با استفاده از آزمون LSD در سطح اطمینان ۹۵ درصد توسط نرم افزار SAS (۲۰۰۳-۲۰۰۲) انجام شد. نمودارها توسط نرم افزار Microsoft Excel 2007 ترسیم گردید و معنی داری به وسیله حروف تعیین شد.

نتایج و بحث

خصوصیات شیمیایی و عملکردی آردهای سویا

جدول ۱ آنالیز شیمیایی آرد سویا مورد استفاده را نشان می دهد. همان طورکه قبلاً هم ذکر شد هدف از انتخاب این آردها، یافتن دو نوع آرد (آرد بدون چربی و آرد برشته بدون چربی) با میزان چربی یکسان و PDI متفاوت بود در حالی که دو نوع آرد دیگر (آرد کم چرب و آرد کامل) PDI مشابه اما میزان چربی متفاوت داشته باشند. کاهش شاخص پخش پذیری در اثر برشته‌کردن آرد باعث کاهش معنی‌داری در خصوصیات عملکردی همچون کف کنندگی (ظرفیت و پایداری)، امولسیون‌کنندگی (اندیس فعالیت و پایداری)، ظرفیت نگهداری آب، جذب چربی و پخش پذیری مواد جامد شد.

مقایسه آرد کم چرب و آردکامل نشان داد که افزایش محتوای چربی نیز منجر به کاهش معنی‌داری در ظرفیت نگهداری آب، جذب چربی، اندیس پایداری امولسیون و پخش پذیری مواد جامد گردید. تأثیر منفی چربی بر خصوصیات عملکردی (به جز شاخص پخش پذیری مواد جامد) معادل و یا بیشتر از تأثیر کاهش پخش پذیری پروتئین بود.

کنسانتره پروتئینی سویا

آزمون های شیمیایی

روش شستشو و نوع آرد مورد استفاده اثر متقابل معنی‌داری بر تغییر محتوای پروتئین، چربی، خاکستر و بازده کنسانتره ها داشت ($P<0/05$) (شکل۵،۱،۲،۳) در حالی که اثر معنی‌داری بر تغییر میزان فیبر نمونه‌ها مشاهده نشد ($P>0/05$) (شکل۴).

کنسانتره اسیدی تولید شده از آرد برشته بدون چربی بالاترین افزایش را در محتوای پروتئین به دلیل تثبیت پروتئین در بافت و خروج کمتر در اثر فرآیند تولید داشت در حالی که کنسانتره حاصل از آرد کم چرب و آرد کامل که در اثر فرآیند تولید، چربی آن‌ها تغلیظ شده، افزایش کمتری در محتوای پروتئین نشان داد. کنسانتره اسیدی حاصل از آرد کامل به علت توانایی کمتر محلول اسیدی در خروج چربی نسبت به روش الکلی و حضور چربی، بالاترین افزایش را در محتوای چربی نشان داد، در حالی که کنسانتره تولیدی از آرد برشته بدون چربی و آرد بدون چربی با بیشترین محتوای پروتئین کمترین افزایش را در میزان چربی داشت.

جدول ۱- خصوصیات شیمیایی آرد های سویا[×]

انواع آرد سویا	پروتئین (درصد)	چربی (درصد)	فیبر (درصد)	خاکستر (درصد)
آرد بدون چربی	۴۹/۷۷ [a]	۳/۶۷ [c]	۳/۹۳ [a]	۶/۸۳ [a]
آرد برشته	۴۸/۳۸ [a]	۳/۷۸ [c]	۴/۲۰ [a]	۶/۶۷ [a]
آرد کم چرب	۴۵/۸۶ [b]	۱۴/۳۴ [b]	۳/۸۹ [a]	۶/۱۷ [ab]
آرد کامل	۳۹/۲۸ [c]	۲۲/۰۸ [a]	۴/۰۴ [a]	۵/۵۰ [b]

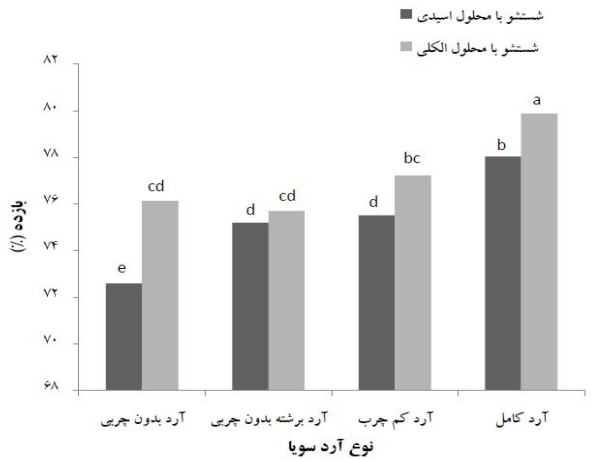
[×]حروف غیرمشابه در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی دار بین داده ها است.

جدول ۲- خصوصیات عملکردی آردهای سویا[×]

انواع آرد سویا	پخش پذیری		ظرفیت نگهداری آب	ظرفیت جذب چربی	امولسیون کنندگی		کف کنندگی	
	پروتئین	مواد جامد			فعالیت	پایداری	ظرفیت	پایداری
آرد بدون چربی	۵۵/۱۰ [a]	۵۱/۴۵ [a]	۲/۱۴ [a]	۲/۷۳ [a]	۱۶/۷۵ [a]	۷/۷۹ [a]	۲۶۰/۰۰ [a]	۱۸۷/۰۰ [a]
آرد برشته	۱۰/۷۲ [c]	۲۹/۲۷ [d]	۱/۸۹ [c]	۲/۱۰ [c]	۱۵/۱۰ [b]	۶/۸۷ [b]	۱۲۸/۰۰ [b]	۴/۲۰ [b]
آرد کم چرب	۳۲/۷۱ [b]	۴۴/۲۸ [b]	۲/۰۰ [b]	۲/۲۷ [b]	۱۴/۲۹ [bc]	۶/۹۱ [b]	۱۲۱/۰۰ [c]	۲/۰۰ [b]
آرد کامل	۲۸/۷۲ [b]	۳۴/۸۷ [c]	۱/۴۷ [d]	۲/۱۷ [c]	۱۳/۰۴ [c]	۶/۰۴ [c]	۱۲۱/۰۰ [c]	۱/۰۰ [b]

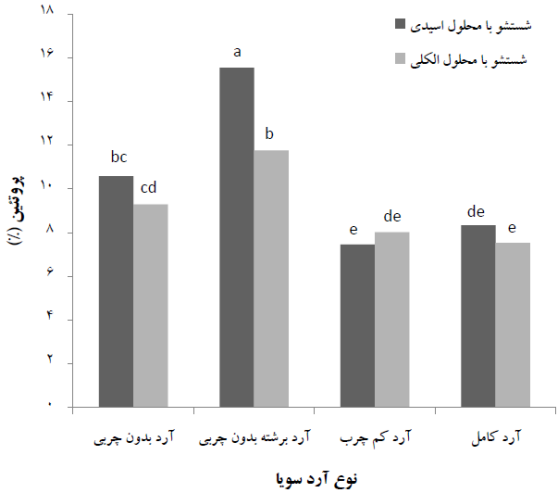
[×]حروف غیرمشابه در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی دار بین داده ها است.

کنسانتره الکلی خصوصاً کنسانتره تولید شده از آرد کامل به دلیل خروج مقادیر کمتر املاح (خاکستر) در اثر فرآیند تولید کاهش کمتری نسبت به کنسانتره‌های روش اسیدی نشان داد. به علاوه این نوع کنسانتره به خاطر حضور چربی و خروج کمتر سایر ترکیبات در اثر فرآیند بالاترین بازده را داشت در حالی که کنسانتره اسیدی حاصل از آرد بدون چربی به دلیل توانایی محلول اسیدی در خروج بیشتر ترکیبات طی کنسانتره کردن کمترین بازده را نشان داد. به عبارت دیگر وجود چربی به مواد کمتری اجازه خروج داده است و این اثر به مراتب بیشتر از تثبیت پروتئین در نتیجه دناتوراسیون حرارتی ناشی از برشته کردن بود. کنسانتره تولید شده به روش شستشوی الکلی میزان چربی پایین‌تری داشت که این امر عمدتاً به توانایی محلول الکلی در خروج بخشی از چربی در اثر فرآیند کنسانتره کردن نسبت داده می‌شود (Wang et al., 2004).



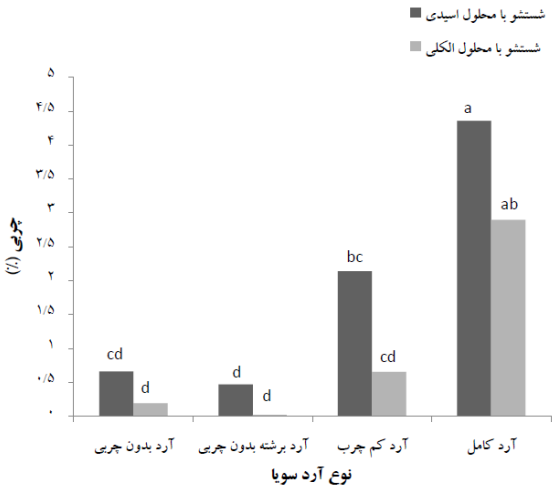
شکل۱- اثر متقابل نوع آرد سویا و روش شستشو بربازده

(ستون های با حروف متفاوت دارای تفاوت معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند.)



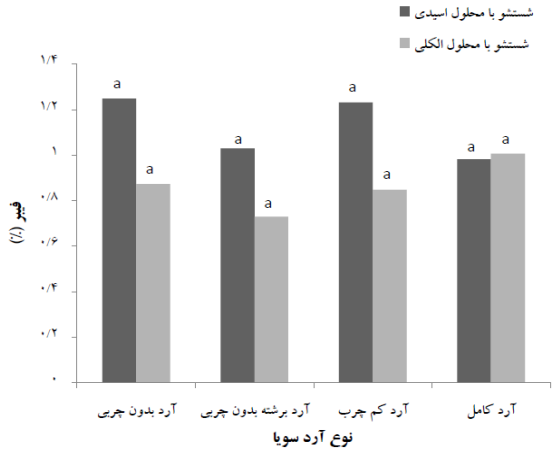
شکل۲- اثر متقابل نوع آرد سویا و روش شستشو بر تغییر میزان پروتئین

(ستون های با حروف متفاوت دارای تفاوت معنی داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند.)



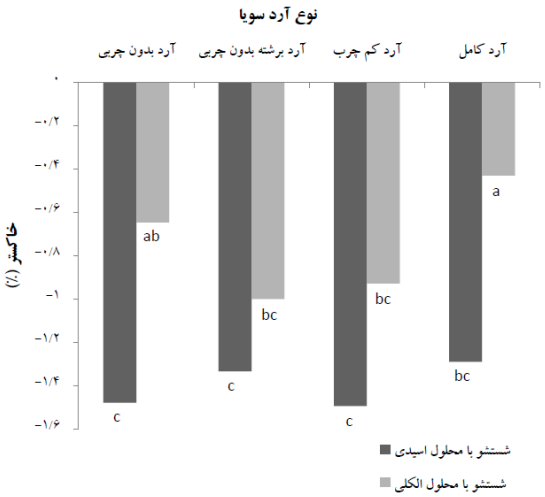
شکل۳- اثر متقابل نوع آرد سویا و روش شستشو برتغییر میزان چربی

(ستون های با حروف متفاوت دارای تفاوت معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند.)



شکل٤- اثر متقابل نوع آرد سویا و روش شستشو برتغییر میزان فیبر

(ستون های با حروف مشابه تفاوت معنی داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد ندارند.)



شکل۵- اثر متقابل نوع آرد سویا و روش شستشو برتغییر میزان خاکستر

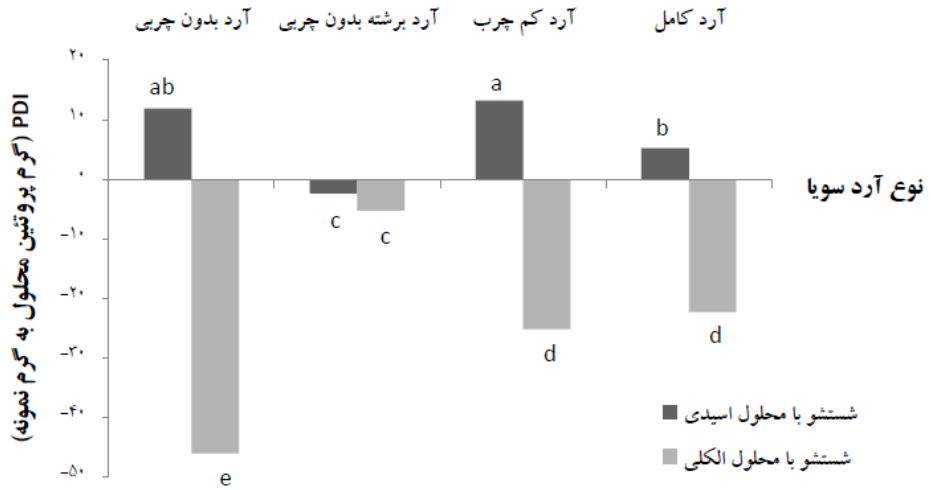
(ستون های با حروف متفاوت دارای تفاوت معنی داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند.)

خصوصیات عملکردی

PDI و مواد جامد قابل پخش. نتایج حاصل از روش تفاضلی نشان داد که اثر متقابل نوع آرد سویا و روش شستشو بر PDI و مواد جامد قابل پخش معنی‌دار بوده است ($P<0/05$) (شکل ۶ و ۸). کاهش مشاهده شده در مواد جامد قابل پخش و تا حدی در PDI به اصل فرآیند کنسانتره کردن در خروج کربوهیدرات‌ها، بخشی از پروتئین، پپتیدها و اجزاء با وزن مولکولی کم برمی‌گردد (Meyer, 1971). کنسانتره اسیدی حاصل از آرد بدون چربی و کنسانتره الکلی تولید شده از آرد کامل به ترتیب بیشترین و کمترین میزان PDI را دارا بودند. موارد فوق در مورد پخش پذیری مواد جامد نیز صادق است. شستشوی الکلی محصولاتی با بیشترین کاهش میزان PDI و مواد جامد قابل پخش را ایجاد کرد که در مورد آرد بدون چربی بیشترین مقدار را داشت. کاهش مشاهده شده در روش الکلی با نتایج Meyer (۱۹۷۱) و Smith و Huyser (۱۹۸۷) مطابقت داشت. گرچه طی کنسانتره کردن به دلیل افزایش غلظت پروتئین، کنسانتره روش اسیدی میزان PDI بالاتری نشان داد، اما این افزایش با میزان تغلیظ پروتئین تناسب نداشت و نشان دهنده اثرات روش اسیدی بر دناتوراسیون بود؛ این امر در مورد روش الکلی حادتر شده و کاهش معنی‌داری حدود ۶ برابر روش اسیدی ایجاد کرد. به نظر می‌رسد حضور چربی در محصول خصوصاً در آرد کامل علی رغم افزایش غلظت پروتئین از اثرات ناشی از فرآیند کاسته است. از طرف دیگر زمانی که ماده اولیه تحت دناتوراسیون بسیار شدید همانند آرد برشته بدون چربی قرار گرفته باشد، اثر فرآیند بر آن چندان محسوس نیست.

خشک کردن تأثیر معنی‌داری بر تغییرات PDI و مواد جامد قابل پخش نمونه‌ها در سطح اطمینان ۹۵درصد داشت (شکل۷ و ۹). تغییرات میزانPDI _که عمدتاً به دناتوراسیون پروتئین حین خشک کردن نسبت داده می‌شود_ کاهش معنی‌داری حدود ۳ برابر اثر فرآیند ایجاد کرد. از آن جا که در اثر فرآیند کنسانتره‌کردن بسیاری از مواد جامد قابل پخش خارج شده است، اثر فرآیند بر این پارامتر بیش از PDI بود در حالی که تغییرات ایجاد شده حین خشک کردن بیشتر باعث تأثیر بر دناتوراسیون پروتئین گردید.

ظرفیت نگهداری آب. نتایج نشان داد که نوع آرد و روش شستشو دارای اثر متقابل معنی داری بر ظرفیت نگهداری آب در سطح اطمینان ۹۵ درصد بود (شکل۱۰). کنسانتره الکلی تولید شده از آرد بدون چربی و پس از آن کنسانتره حاصل از آرد کامل دارای بیشترین تغییرات در جهت مثبت بودند. دناتوراسیون الکلی و تغییرات ایجاد شده طی فرآیند به خصوص در نمونه های با چربی بیشتر به دلیل تأثیر شستشوی الکلی بر خروج چربی اهمیت داشت. احتمال می رود تغییرات ایجاد شده طی فرآیند ضمن افزایش محتوای پروتئین باعث تغییر وضعیت گروه‌های هیدروفیل و هیدروفوب در سطح شده باشد. پایین بودن بیش از حد تغییرات در آرد برشته بدون چربی به دلیل دناتوراسیون شدید حرارتی حین برشته کردن بود.



شکل٦-اثر متقابل نوع آرد سویا و روش شستشو بر تغییر PDI

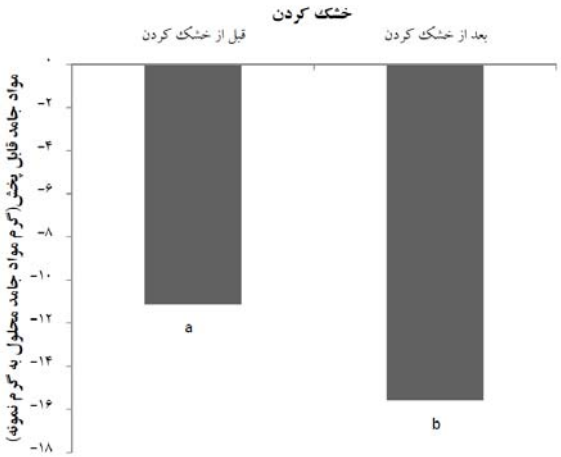
(ستون های با حروف متفاوت دارای تفاوت معنی داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند.)

شکل۷- اثر خشک کردن بر تغییر PDI

(ستون های با حروف متفاوت دارای تفاوت معنی داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند.)

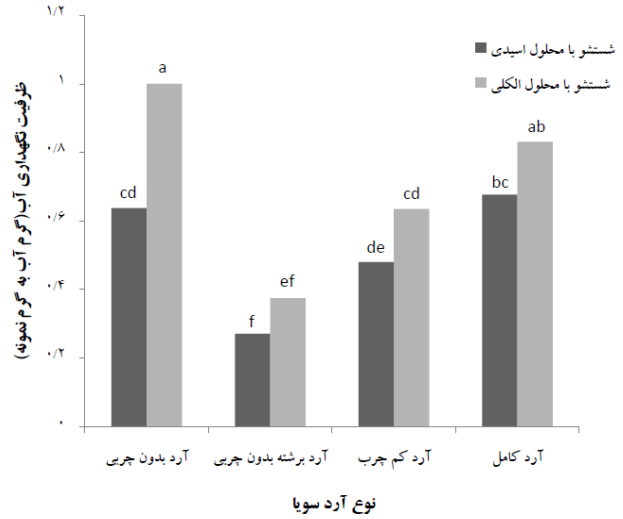
شکل۸-اثر متقابل نوع آرد و روش شستشو بر تغییر مواد جامد قابل پخش

(ستون های با حروف متفاوت دارای تفاوت معنی داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند.)



شکل۹-اثر خشک کردن بر تغییر مواد جامد قابل پخش

(ستون های با حروف متفاوت دارای تفاوت معنی داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند.)

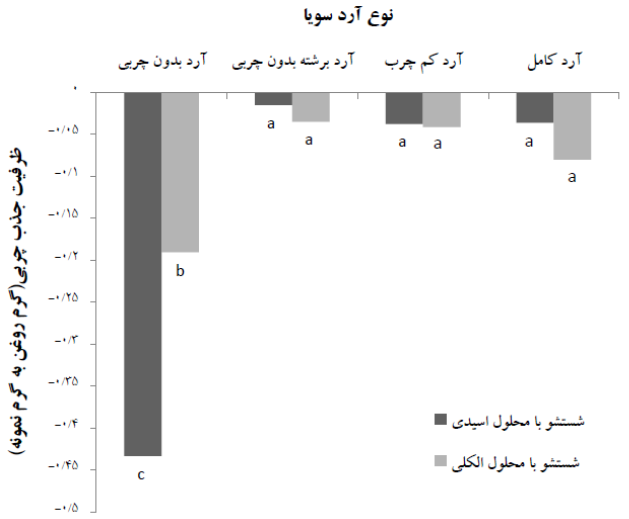


شکل۱۰- اثر متقابل نوع آرد وروش شستشو بر تغییر ظرفیت نگهداری آب

(ستون های با حروف متفاوت دارای تفاوت معنی داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند.)

ظرفیت جذب چربی. نتایج حاصل از روش تفاضلی نشان داد که نوع آرد سویا و روش شستشو اثر متقابل معنی داری در تغییر ظرفیت جذب چربی ایجاد کرد ($P<0/05$) (شکل۱۱). کنسانتره آرد بدون چربی خصوصاً در روش شستشوی اسیدی بیشترین کاهش را طی فرآیند تولید داشته است. به طور کلی دناتوراسیون حاصل از فرآیند به دلیل تغییر وضعیت گروه‌های هیدروفیل و هیدروفوب اثری منفی بر این خصوصیت داشت. بین نمونه‌های حاصل از آرد کامل، آرد کم چرب و آرد برشته بدون چربی که با هردو روش شستشو تهیه شده بودند تفاوت معنی‌داری ملاحظه نشد که احتمالاً به دلیل حضور چربی در نمونه‌ها و اثرات ناشی از دناتوراسیون شدید حین برشته کردن بود.

خصوصیات امولسیون کنندگی. بررسی اثرات تفاضلی حاکی از وجود اثر متقابل معنی‌دار بر اندیس فعالیت و اندیس پایداری امولسیون در سطح اطمینان ۹۵ درصد بود (شکل۱۲ و ۱۴). ظاهراً روند تغییرات PDI در اثر فرآیند تولید بر اندیس فعالیت امولسیون بسیار مؤثر است؛ بدین نحو کنسانتره الکلی خصوصاً در نمونه حاصل از آرد بدون چربی بیشترین تغییرات را در جهت منفی داشته است. در مورد اندیس فعالیت امولسیون، روش الکلی با کاهش PDI باعث کاهشی بیشتر از روش اسیدی شده است.

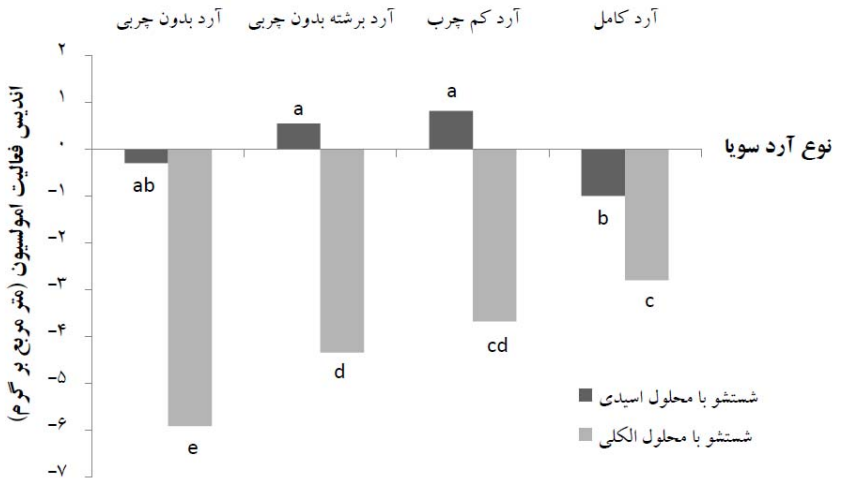


شکل۱۱- اثر متقابل نوع آرد و روش شستشو بر تغییر ظرفیت جذب چربی

(ستون های با حروف متفاوت دارای تفاوت معنی داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند.)

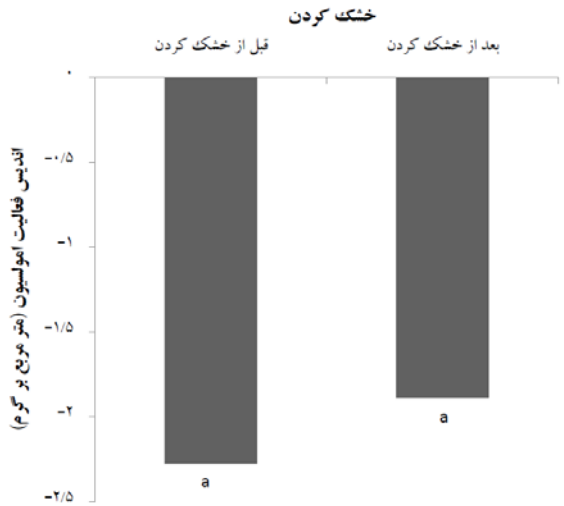
از طرف دیگر اندیس پایداری امولسیون کـه بیشـتر تـابع نسـبت گروه های هیدروفوب و هیـدروفیل اسـت (Fenema, 1996)، توسـط روش اسیدی بهبود بخشیده شده و در کنسـانتره‌هـای حـاوی چربـی بالاتر اهمیت بیشتری یافته است؛ بدین ترتیب در حـالی کـه انـدیس پایداری امولسیون در آرد سـویا بـا افـزایش محتـوای چربـی کـاهش می‌یافت، پس از فرآیند و اعمال تغییرات، مقدار آن در کنسانتره هـای حاوی چربی تا حد کنسانتره حاصل از آرد بدون چربی افزایش یافت.

نتایج نشان داد که خشک کردن تـأثیر معنـی‌داری بـر فعالیـت و اندیس پایداری امولسیون ایجاد نکرد (P>۰/۰۵) (شکل۱۳ و ۱۵). بـه عبارت دیگر اثر فرآیند بر فعالیت و اندیس پایداری امولسیون به حدی زیاد بود که اثر خشک کردن را بی معنی ساخت.



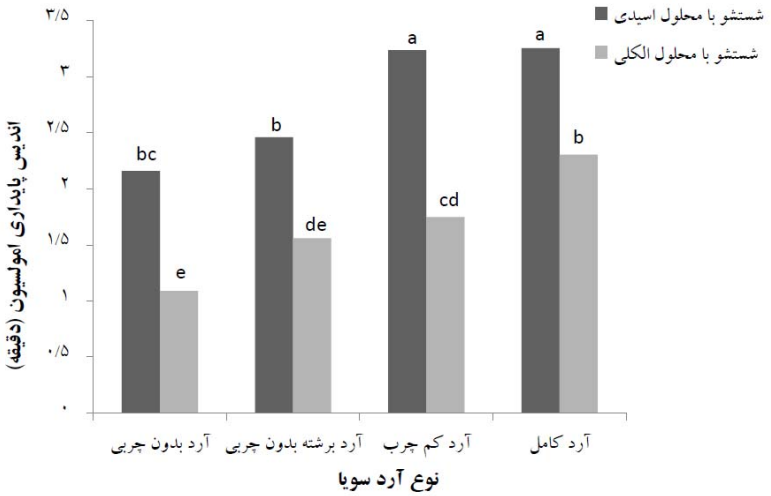
شکل۱۲- اثر متقابل نوع آرد و روش شستشو بر تغییر اندیس فعالیت امولسیون

(ستون های با حروف متفاوت دارای تفاوت معنی داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند.)



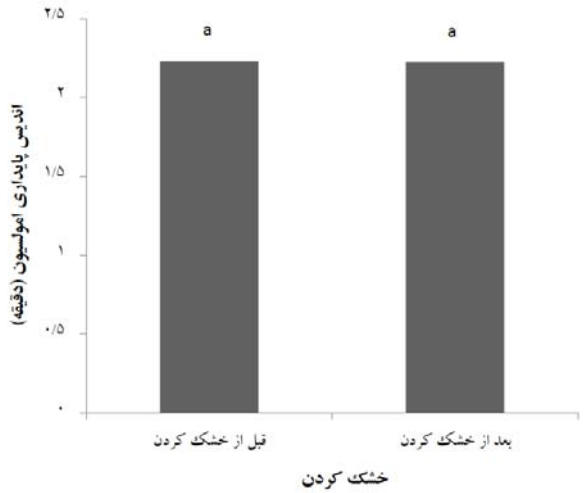
شکل۱۳- اثر خشک کردن بر تغییر اندیس فعالیت امولسیون

(ستون های با حروف مشابه تفاوت معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد ندارند.)



شکل۱۴- اثر متقابل نوع آرد و روش شستشو بر تغییر اندیس پایداری امولسیون

(ستون های با حروف متفاوت دارای تفاوت معنی داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند.)

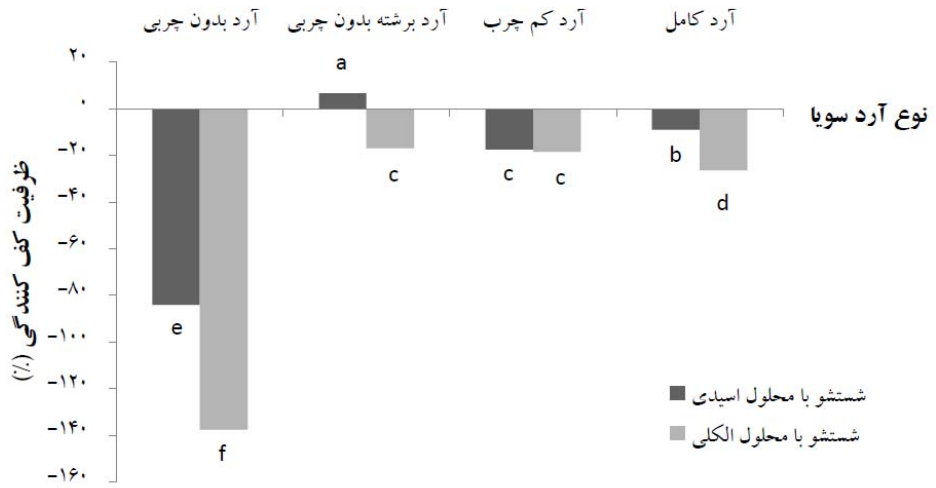


شکل۱۵- اثر خشک کردن بر تغییر اندیس پایداری امولسیون

(ستون های با حروف مشابه تفاوت معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد ندارند.)

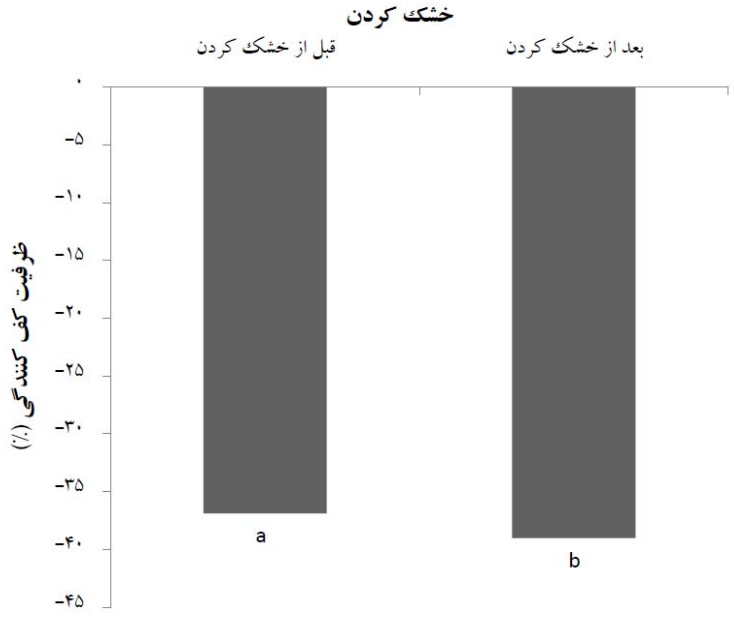
خصوصیات کف کنندگی. نتایج حاصل از تغییرات حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار در اثر متقابل بین نمونه‌ها بود ($P<0/05$) (شکل۱۶ و ۱۸). کنسانتره حاصل از آرد بدون چربی خصوصاً در روش شستشوی الکلی به دلیل تغییرات PDI و مواد جامد قابل پخش بیشتر از سایرنمونه‌ها تحت تأثیر قرار گرفت. به علاوه در اثر کنسانتره‌کردن و با افزایش غلظت چربی، شکستن کف بلافاصله پس از تشکیل رخ داد که این امر بر ظرفیت کف‌کنندگی مؤثرتر از پایداری کف بود. Morr (۱۹۹۰) نشان داد که تأثیرات تداخلی محتوای روغن باقیمانده باعث کاهش خصوصیات کف کنندگی می‌گردد. حضور ذرات خارجی خصوصاً لیپید تأثیر زیادی در تخریب پایداری کف دارد و فیلم‌های نسبتاً ضخیم را از بین می‌برد. این امر دلیل احتمالی کاهش معنی‌دار خصوصیات کف‌کنندگی با افزایش محتوای چربی است. از طرف دیگر روش شستشوی الکلی به دلیل دناتوراسیون پروتئین‌ها و کاهش بیشتر مواد قابل پخش باعث کاهش معنی‌داری در میزان ظرفیت کف‌کنندگی و پایداری کف شد. طبق نظر Wang و همکاران (۲۰۰۴) دناتوراسیون الکلی مکانیسمی متفاوت از فرآیند حرارتی داشته و از این رو منجر به اثرات منفی بیشتری بر کف‌کنندگی می‌شود.

نتایج نشان داد که خشک‌کردن اثر معنی‌داری بر تغییرات ظرفیت کف‌کنندگی و پایداری آن داشت ($P<0/05$) (شکل۱۷ و ۱۹). در واقع نه تنها دناتوراسیون در اثر فرآیند تولید بر این خصوصیات مؤثر بود، بلکه دناتوراسیون ناشی از خشک کردن نیز باعث کاهش این ویژگی‌ها گردید؛ با این وجود اثرات فرآیند به دلیل خروج بیشتر مواد جامد قابل پخش مؤثرتر از مرحله خشک‌کردن بود. به علاوه از آنجا که در پایداری کف نسبت گروه‌های هیدروفوب و هیدروفیل اهمیت دارد، ظاهراً فرآیند تأثیر بیشتری بر تغییر این نسبت‌ها در مقایسه با مرحله خشک کردن داشته است.



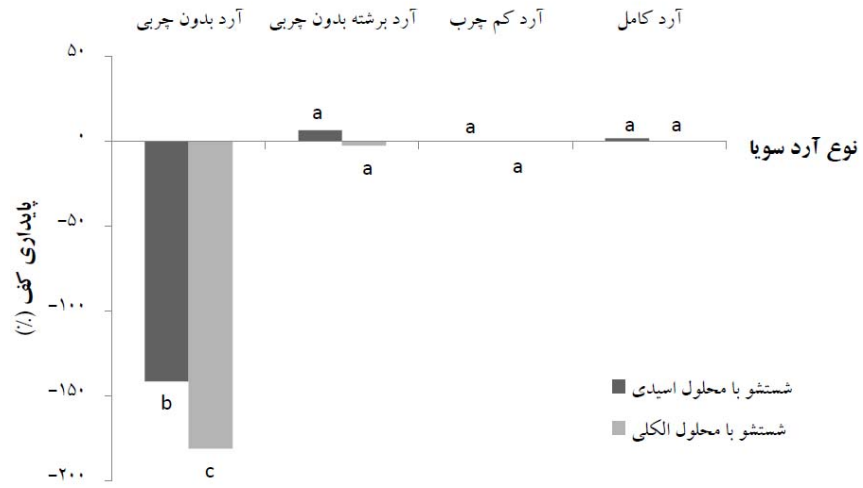
شکل۱۶- اثر متقابل نوع آرد و روش شستشو بر تغییر ظرفیت کف‌کنندگی

(ستون های با حروف متفاوت دارای تفاوت معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند.)



شکل۱۷- اثر خشک کردن بر تغییر ظرفیت کف‌کنندگی

(ستون های با حروف متفاوت دارای تفاوت معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند.)



شکل۱۸- اثر متقابل نوع آرد و روش شستشو بر تغییر پایداری کف

(ستون های با حروف متفاوت دارای تفاوت معنی داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند.)

شکل۱۹- اثر خشک کردن بر تغییر پایداری کف

(ستون های با حروف متفاوت دارای تفاوت معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند.)

نتیجه‌گیری

شناخت تغییرات ایجاد شده در طی فرآیند تولید کنسانتره پروتئینی سویا از مهم‌ترین عواملی است که باید در تولید کنسانتره پروتئینی سویا در نظر گرفته شود. کنسانتره حاصل از آرد بدون چربی در تمام خصوصیات عملکردی به جز اندیس پایداری امولسیون بیشترین تغییرات در اثر فرایند را داشت. حضور چربی یا تیمار حرارتی ناشی از برشته کردن در سایر نمونه ها از مقدار این تغییرات کاست. شستشوی اسیدی محصولی با خصوصیات شیمیایی و عملکردی بهتر (به جز ظرفیت نگهداری آب) تولید کرد. علی رغم تأثیر منفی اندک فرآیند بر خصوصیات عملکردی نمونه‌های محتوی چربی، میزان برخی پارامترها مانند کف‌کنندگی در محصول نهایی به حدی کم بود که نمی‌توان از این کنسانتره بدین منظور بهره گیری کرد. به علاوه فرآیند باعث بهبود ظرفیت نگهداری آب در کنسانتره حاصل از آرد کامل شد. گرچه خشک کردن دارای اثر معنی داری بر PDI و

خصوصیات کف‌کنندگی بود، اما تأثیر کلی فرایند تولید خصوصاً در مورد اندیس فعالیت امولسیون به حدی بالا بود که اثر ناشی از مرحله خشک‌کردن را بی‌معنی ساخت.

منابع

شاهکار، غ.، ۱۳۸۰، طرح و تحلیل آزمایشها، مرکز نشر دانشگاهی، تهران، ۵۵۶–۵۳۹.

AACC, 1983, Approved Method of American Association of Cereal Chemistry.

AOAC, 2002, Official Methods of Analysis from Official Analytical Chemists.

Fenema, O. R., 1996, Food chemistry, Marcel Dekker Inc, New York, 383-385.

Heywood, A.A., Myers, D.J., Baiely, T.B. and Johnson, L.A., 2002, Functional properties of low fat soy flour produced by an extrusion-expelling system. Journal of American Oil Chemist' Society, 79(12): 1249-1253.

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

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

Liu, K., 2004, Soybean as functional foods and ingredients. American Oil Chemist' Society press, U.S.A.

Meyer, E.W., 1971, Oilseed protein concentrate and isolate. Journal of the American Oil Chemists' Society, 48(9), 484-488.

Morr, C.V., 1990, Current status of soy protein functionality in food systems. Journal of American Oil Chemist' Society, 67(5), 265-271.

Nelson, A.I., Wijeratne, W.B., Yeh, S.W., Wei, T.M. and Wei, L.S., 1987, Dry extrusion as an aid to mechanical expelling of oil from soybean. Journal of the American Oil Chemists' Society, 64(9), 1341-1347.

Pearce, K. N. and Kinsella, J. E., 1978, Emulsifying properties of proteins: evaluation of a turbidimetric technique. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 26(3), 716–723.

Pringle, W., 1974, Full fat soy flour. Journal of American Oil Chemist' Society, 51, 74-76.

Singh, P., Kumar, R., Sabapathy, S.N., and Bawa, S., 2008, Functional and edible uses of soy protein products. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 7(1), 14-28.

Smith, K. J., and Huyser, V., 1987, World distribution and significance of soybean, In: Wilcox, J.R., ed., Soybeans: improvement, production and uses, 2nd ed. American Society of Agronomy Incorporation, USA.

Statistical Analysis System, 2002-2003, SAS Institute, Cary, North Carolina, USA.

Sugarman, N., 1956, Process for simultaneously extracting oil and protein from oleaginous materials, U.S. Patent. 4,307,014.

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