Archive of SID

بررسی اثرمتغیر های دمایی و رطوبتی فرایند اکستروژن بر برخی خواص عملکردی و پارامترهای رنگ کنسانتره پروتئینهای سویا

رسول مظفرپور[۱]، آرش کوچکی[۲*]، الناز میلانی[۳]، مهدی وریدی[۴]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۲- دانشیارگروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۳- استادیار پژوهشکده علوم و صنایع غذایی، جهاد دانشگاهی مشهد
٤- استادیارگروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(تاریخ دریافت: ۹۵/۰۱/۱۵ تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۹/۱۵)

چکیده

در این پژوهش به مطالعه اثر دمای فرایند اکستروژن (سه دمای ۱۱۰، ۱۳۰و ۱٦۰ درجه سانتی گراد) در دو محتوای رطوبتی ۱۸و ۲۵ درصد بر برخی از خواص عملکردی و پارامتر های رنگ کنسانتره پروتئین سویا پرداخته شده است،مقایسه ظرفیت جذب آب و روغن بین کنسانتره خام و اکسترود شده حاکی از کاهش ظرفیت جذب آب و افزایش ظرفیت جذب روغن در نمونه ها بعد از اعمال فرایند اکستروژن بود ($P<0.05$) که علت این امر می تواند اثر فرایند اکستروژن بر دناتوره شدن ساختار پروتئین و در نتیجه حضور بیشتر گروه های آبگریز در سطح پروتئین باشد که به دنبال آن تعاملات هیدروفوب بین پروتئین و روغن افزایش یافته و بدین ترتیب ظرفیت جذب چربی افزایش می یابد. از طرفی حلالیت کنسانتره ها بعد از فرایند اکستروژن کاهش یافت ($P<0.05$) که دلیل این امر تشکیل ساختارهای با وزن مولکولی بالا می باشدکه نهایتاً منجر به کاهش حلالیت پروتئین می‌گردد.. همچنین مقایسه حلالیت نمونه های اکسترود شده نشان داد که با افزایش دمای فرایند اکستروژن در هر دو محتوای رطوبتی یک روند افزایشی در حلالیت نمونه های اکسترود شده صورت پذیرفت ($P>0.05$) .پارامتر L^* کنسانتره پروتئین سویا بعد از فرایند اکستروژن کاهش یافت در حالی که پارامتر های a^* و b^* آن بعد از فرایند اکستروژن افزایش یافتند.

کلید واژگان: کنسانتره پروتئین سویا، فرایند اکستروژن، خواص عملکردی، پارامتر رنگ

*مسئول مکاتبات: koocheki@um.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

پروتئین های سویا به عنوان مهمترین منبع پروتئین گیاهی، نقش بسیار مهمی در تغذیه جامعه بشری بر عهده دارند، کنسانتره پروتئینهای سویا،محتوی حدود۷۰درصد پروتئین ، محصولی است که دارای بالاترین ارزش تغذیه ای در بین محصولات تجاری حاصل از سویا می باشد. از طرفی کاربرد گسترده این دسته از پروتئین ها در فرمولاسیون های مواد غذایی هنوز هم به دلیل ناسازگاری ویژگی های عملکردی آن محدود می باشد [۱]. خصوصیات عمل کنندگی یک پروتئین آن دسته از ویژگیهای فیزیکو شیمیایی ذاتی یک پروتئین بوده که بر رفتار پروتئین در طی آماده سازی، تولید، کیفیت و مدت زمان نگهداری محصول تاثیر گذار است [۲]. حلالیت پروتئین به عنوان یکی از مهمترین خواص عمل کنندگی پروتئین نقش به سزائی در تعیین دیگر خصوصیات عملکردی پروتئین دارا است[۳]. امروزه به منظور دستیابی به خواص عملکردی مطلوب از تیمار های مختلف حرارتی ، فیزیکی و شیمیایی و آنزیمی در جهت اصلاح ساختار پروتئین ها استفاده می شود. که در این بین، می توان به تیمار مختلف حرارتی، فرایند اکستروژن، فراصوت و فشار هیدرواساتیک اشاره داست[۱, ٤]. فرایند پخت اکستروژن، نوعی فرایند دمای بالا و زمان کوتاه (HTST) می باشد، که در آن، ماده غذایی بعد از همگن شدن تا نقطه نرم شدگی (پلاستیسیته) خود تحت تاثیر حرارت، نیروی برش و فشار بالا قرار می گیرد [۵, ٦]. حرارت و فشار اعمال شده در طی اکستروژن، همچنین می تواند منجربه تغییر خصوصیات عملکردی پروتئین ها گردد. به طوری که، در طی فرایند اکستروژن، پروتئین در معرض دما، فشار بالا و نیروی نیروی برشی قرار گرفته، که این امر منجربه ایجاد یک سری فرایند های پیچیده از جمله باز شدن ساختار پروتئین (دناتوراسیون)، پلیمریزه شدن پلیمر ها از طریق باز آرائی پیوند ها، و نیز شکست پیوند های پپتدی همراه با کاهش وزن مولکولی پروتئین خواهد شد [٦, ۷]. لذا فرایند پخت اکستروژن یک تکنولوژی مقرون به صرفه و سریع در جهت اصلاح ساختار و خواص عملکردی پروتئین های با ساختار گلوبولار، قابل استفاده می باشد [۸].با توجه به اینکه شرایط حرارتی، فشار و رطوبت متفاوتی بر پروتئین سویا به منظور تولید پروتئین های بافت یافته گیاهی توسط اکستروژن اعمال می شود، لذا سعی در درک اثر هر یک از این تیمار ها بر خصوصیات عمل کنندگی پروتئین سویا در طی فرآیند اکستروژن و ساختار های تشکیل شده در حین بافت دهی، می تواند گامی موثر در تولید محصولاتی با کیفیت بالاتر باشد

۲- مواد و روش ها

۲-۱-تهیه کنسانتره پروتئین سویا و تعیین ترکیب شیمیایی آن

کنسانتره پروتئین سویا از شرکت (Shandong Yuxin Bio-tech China) خریداری گردید و سپس ترکیب شیمیایی آن با استفاده از روش های استاندارد AOAC(۱۹۹۰) اندازه گیری شد.برای تعیین رطوبت از آون ۱۰۵درجه سانتی گراد، تعیین چربی از روش سوکسله، تعیین پروتئین از روش کلدال (N*6.25)، تعیین خاکستر از کوره ۵۵۰ درجه سانتی گراد استفاده شد AOAC (1990). محاسبه میزان کربوهیدرات از طریق کسر درصد کلیه ترکیبات از ۱۰۰انجام شد.کلیه آزمون ها حداقل با دو تکرار انجام گردید.

۲-۲- فرآیند اکستروژن

نمونه های کنسانتره پروتئین سویا بعد از اینکه محتوای رطوبت آنها در دو مقدار ۱۸ و ۲۵ درصد تنظیم گردید به مدت یک شب برای تعدیل رطوبت نگهداری شدند، سپس با استفاده از اکسترودر (مدلDS 56 ساخت شرکت Jinan Saxin کشور چین دو ماردونه با چرخش هم جهت) در شرایطی که در بالا ذکر گردید تحت فرایند اکستروژن با سرعت هلیس ۱۸۰rpm قرار گرفتند.

۲-۳- بررسی پارامترهای رنگ

برای تعیین پارامترهای رنگ (*L، *a و*b) نمونه های کنسانتره سویا قبل و بعداز فرایند اکستروژن از رنگ سنج دیجیتال (مدلHunter lab 45 USA) استفاده شد. پارامتر *L نشان دهنده درجه روشنی می باشد و مقادیر صفر تا ۱۰۰را می تواند به خود اختصاص دهد، هر قدر میزان *L کمتر باشد نشان دهنده روشن تر بودن رنگ است. پارامتر *a از مقادیر منفی (نشان

www.SID.ir

Archive of SID

دهنده رنگ سبز) تا مقادیر مثبت نشان دهنده (نشان دهنده رنگ قرمز) و پارامتر*b نیز از مقادیر منفی (رنگ آبی) تا مقادیر مثبت (رنگ زرد) می باشند [۹]. از یک پلیت پلاستیکی با قطر ۵۸میلی متر و عمق ۱۵میلی متر برای قرار دادن نمونه و اندازه گیری پارامترهای رنگ استفاده گردید. کالیبراسیون اولیه دستگاه از طریق کاشی استاندارد سفید صورت گرفت.

۲-٤- حلالیت پروتئین

بررسی میزان حلالیت پروتئین نمونه های اکسترود شده ونمونه خام در سدیم بافر فسفات (pH=7) با استفاده از روش بیورت انجام گرفت [۱۰]. محلول پروتئینی با افزودن یک دهم گرم نمونه به ۱۰میلی لیتر فسفات بافر تهیه گردید (w/v،1%) [۸]. سپس محلول حاصل توسط شیکر به مدت ۳۰دقیقه در دمای اتاق همزده شد و سپس به منظور جداسازی فاز معلق، نمونه ها در ۱۲۱۰۰×g به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ گردیدند.میزان پروتئین موجود در فاز رویی از طریق مخلوط کردن ۱میلی لیتر از محلول رویی (نمونه) با ٤ میلی لیتر از معرف بیورت و سپس اندازه گیری جذب در طول موج ٥٤٠ نانومتر پس از ۲۰ دقیقه نگهداری توسط اسپکتروفوتومتر (مدل S2000 uv/vis spectrophotometer) تعیین گردید. همچنین برای مقایسه حلالیت نمونه های اکسترود شده با نمونه شاهد مطابق روش گفته شده در pH=7 عمل شد. برای رسم منحنی کالیبراسیون از محلول سرم آلبومین گاوی[1] در غلظت های صفر تا ۱۰ (میلی گرم/میلی لیتر) استفاده گردید[۱۱].

۲-۵- ظرفیت جذب آب

اندازه گیری ظرفیت جذب آب و روغن به روش Kaur and Singh (۲۰۰۷) با اندکی اصلاح انجام گرفت.برای این منظور میزان ۱,۵گرم نمونه درون لوله سانتریفوژ از قبل توزین شده ریخته شد و سپس ۲۵ میلی لیتر آب مقطر به نمونه اضافه گردید و سپس با استفاده از ورتکس به مدت ۱دقیقه مخلوط گردید و بعد از این نمونه ها به مدت ۳۰ دقیقه درون شیکر همزده شدند.در مرحله بعد نمونه ها به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۱۲۱۰۰× g سانتریفیوژ شدند و فاز رویی جدا گردید آنگاه به منظور حذف آب اضافی باقی مانده لوله های سانتریفوژ محتوی نمونه به مدت ۲۵دقیقه درون آون با دمای ۵۰ درجه به صورت معکوس قرار گرفتند و نمونه ها مجددا توزین شدند[۱۲].

۲-٦- ظرفیت جذب روغن

برای تعیین میزان جذب روغن نیم گرم از نمونه با ٦ میلی لیتر از روغن ذرت درون لوله های سانتریفوژ از قبل توزین شده مخلوط گردید و پس از ورتکس به مدت ۱دقیقه نمونه ها به مدت ۳۰ دقیقه نگهداری شدند و آنگاه به مدت ۲۵ دقیقه با دور ۳۰۰۰×g سانتریفیوژ شدند و بعد از آن روغن جدا شده توسط یک پیپت از لوله ها خارج گردید و لوله ها به مدت ۲۵ دقیقه به منظور خروج روغن اضافی بر عکس شدند. ظرفیت جذب آب و روغن به صورت گرم آب یا روغن باند شده به وسیله هر گرم از نمونه محاسبه گردید [۱۲].

۳- نتایج و بحث

۳-۱-تعیین ترکیب شیمیایی

ترکیب شیمیایی کنسانتره پروتئین سویا در جدول ۱ مشخص گردیده است.

Table1 chemical content of soy protein concentrate (%)

Chemical compound	(%)
protein	80±1.41
Fat	2.48±0.07
moisture	6.1±0.04
carbohydrates	5.35±1.56
ash	5.07±0.03

۳-۲- ظرفیت جذب آب و روغن

ظرفیت جذب آب در مواد غذایی مختلف به ترکیب اسیدهای آمینه، آرایش فضایی پروتئین، میزان آبدوستی و آبگریزی پروتئین و همچنین حضور کربوهیدراتهای آبدوست بستگی دارد [۱۳]. پارامتر قابل توجه دیگر میزان چربی در نمونه است به طوری که

1. Bovine serum albumin(BSA)

www.SID.ir

Archive of SID

با افزایش چربی قابلیت جذب آب کاهش می یابد،علت این پدیده پوشانده شدن و کاهش بخش های در دسترس برای اتصال گروه های هیدروفیل با آب می باشد [۳]. میانگینهای جذب آب و روغن نمونه های کنسانتره پروتئین سویا معمولی و اکسترود شده در شکل ۱و۲ مقایسه شده اند.مقدار جذب آب و روغن کنسانتره پروتئین سویا معمولی و اکسترود شده تفاوت آماری معنی داری داشتند ($P<0.05$). کنسانتره پروتئین اکسترود شده سویا در مقایسه با کنسانتره معمولی ظرفیت جذب آب کمتری از خود نشان داد، این ظرفیت جذب آب کمتر می تواند به دلیل قابلیت دسترسی کمتر به اسید های آمینه قطبی که به عنوان مکانهای اولیه برای واکنش با آب و جذب آن شناخته می شوند،باشد و دلیل این امر اثر دمای فرایند اکستروژن بر دناتوره کردن پروتئین و در نتیجه حضور بیشتر گروه های هیدروفوب در سطح پروتئین می باشد.از طرفی کنسانتره های پروتئین اکسترود شده سویا ظرفیت جذب روغن بالاتری نسبت به نمونه معمولی نشان دادند که این امر نشان دهنده حضور مقدار بیشتری از اسیدهای آمینه غیر قطبی در نمونه های اکسترود شده می باشد.حضور چندین زنجیره جانبی غیر قطبی ممکن است زنجیره های هیدروکربنی مربوط به روغن را جذب خود نماید که به دنبال آن منجر به افزایش ظرفیت جذب روغن خواهد شد [۱۲].

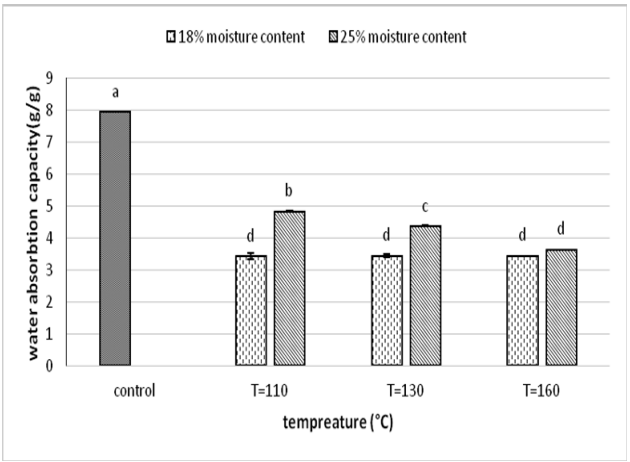

Fig1 water absorption capacity of extruded SPC at different extrusion temperature and moisture content (g/g)
Different letters in each column indicate significant difference ($p<0.05$)

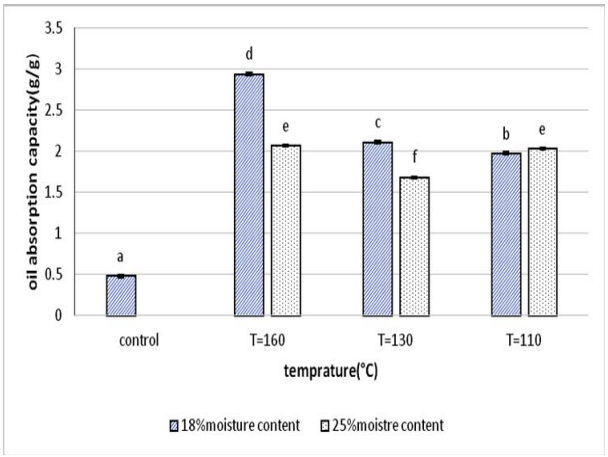

Fig2 oil absorption capacity of extruded SPC at different extrusion temperature and moisture content (g/g)

بررسی پارامترهای رنگ

یک پارامتر مهم در مورد آرد و فراورده‌های پروتئینی نظیر کنسانتره پروتئین رنگ آن‌ها می‌باشد، مقادیر پارامترهای هانتر لب مربوط به رنگ کنسانتره های پروتئین خام و اکسترود شده سویا در جدول ۲ نشان داده‌شده است. مقایسه مقادیر پارامتر L^*و a^* در مورد کنسانتره ها قبل و بعد از فرایند اکستروژن نشان داد که کنسانتره های اکسترود شده به‌طور معنی‌داری ($P<0.05$) تیره‌تر شده و شدت رنگ قرمز در آن‌ها افزایش‌یافته بود، یعنی پارامتر a^* به سمت طیف قرمز متمایل شده بود که دلیل این امر می‌تواند اثر دمای فرایند اکستروژن بر انجام واکنش میلارد و در نتیجه تشکیل رنگدانه های ملانوئیدینی باشد[۱٤]. همچنین بین پارامتر b^*کنسانتره پروتئین سویا قبل و بعد از فرایند اکستروژن اختلاف آماری معنی داری ($P<0.05$) مشاهده گردید، به طوریکه این پارامتر پس از فرایند اکستروژن افزایش پیدا کردو کمی به سمت طیف زرد متمایل گردید،علت این پدیده را می توان تشکیل رنگدانه های ملانوئیدینی در اثر بروز واکنش میلارد دانست که باعث افزایش b^* گردیده است[۱٤].

www.SID.ir

Archive of SID

Table2 hunter lab parameters of raw and extruded SPC at different extrusion temperature and moisture content.

Samples	L*	a*	b*
Control	85.66^{a}	-0.51^{a}	20.09^{a}
18-110	82.24^{b}	1.81^{b}	20.4^{b}
18-130	82.51^{c}	1.81^{b}	20.8^{c}
18-160	82.1^{d}	2.4^{c}	22.81^{d}
25-110	78.8^{e}	1.68^{d}	22.54^{e}
25-130	79.6^{f}	1.64^{e}	21.81^{f}
25-160	80.73^{g}	1.86^{f}	22.2^{g}

Table 3 percent protein solubility of raw and extruded samples at different extrusion temperature and moisture content.

Moisture content of feed (%)	Extrusion temperature (°C)	Percent protein solubility in pbs[1] (%)
control	-	36.7 ± 3.54^{a}
18	**110**	23 ± 1.03^{cde}
	130	28.2 ± 2.88^{bc}
	160	31.2 ± 4.02^{ab}
25	**110**	18.1 ± 1.09^{e}
	130	21.6 ± 0.93^{de}
	160	26.2 ± 1.9^{bcd}

حلالیت پروتئین

یکی از مهمترین خواص پروتئین ها حلالیت آنهاست زیرا این خصوصیت به طور مستقیم روی سایر خواص عملکردی پروتئین تاثیر گذار است [۱۵]. فرایند پخت اکستروژن ترکیبات پروتئینی را درمعرض دما و فشار بالا و نیروی برشی قرار می دهد که منجر به دناتوراسیون پروتئین و کاهش حلالیت آن می گردد [٦]. نمونه معمولی کنسانتره پروتئین سویا دارای ۳٦/۷درصد حلالیت در محلول فسفات بافر بود که دلیل این حلالیت کم می تواند به شرایط فراوری آن در حین تولید کنسانتره مرتبط باشد از جمله شرایط خشک کردن پاششی و..... اعمال فرایند اکستروژن حلالیت کنسانتره پروتئین سویا را کاهش داد. این پدیده نشان‌دهنده این واقعیت است که در طی فرایند اکستروژن بین زنجیره‌های پروتئینی پیوندهای عرضی غیر کووالان (مانند باندهای هیدروژنی) و هیدروفوبی تشکیل می‌گردد و درنهایت یکسری ساختارهای پلیمری با اتصالات پروتئین-پروتئین و با وزن مولکولی بالا شکل می‌گیرد [۱٦]. یک روند افزایشی در حلالیت نمونه های اکسترود شده با افزایش دما در هر دو رطوبت مورد استفاده برای فرایند (۱۸و ۲۵ درصد) زمانیکه نمونه ها در سه دمای ۱۱۰ ،۱۳۰و ۱٦۰درجه سانتی گراد اکسترود شدند مشاهده گردید؛ به گونه ای که میزان پروتئین حل شده به وسیله محلول فسفات بافر به میزان کمی افزایش یافت ($P>0.05$). این نتایج نشان می دهد که افزایش دمای فرایند اکستروژن اثر قابل ملاحظه ای روی بهبود حلالیت پروتئین در نمونه های اکسترود شده خواهد داشت [٦].

٤- نتیجه گیری

در این پژوهش اثر سه دمای فرایند اکستروژن در دو محتوای رطوبتی خوراک اولیه بر ویژگی های عملکردی و پارامتر های رنگ کنسانتره پروتئین سویا مورد بررسی قرار گرفت. فرایند اکستروژن بر حلالیت پروتئین،ظرفیت جذب آب و روغن و پارامتر های رنگ دارای اثر معنی داری بود ($P<0.05$)، به گونه ای که حلالیت و ظرفیت جذب آب نمونه های اکسترود شده نسبت به نمونه معمولی کاهش پیدا کرد اما ظرفیت جذب روغن نمونه های اکسترود شده نسبت به نمونه معمولی افزایش یافت. همچنین مقایسه حلالیت نمونه های اکسترود شده نشان داد که با افزایش دمای فرایند اکستروژن در هر دو محتوای رطوبتی یک روند افزایشی در حلالیت نمونه های اکسترود شده صورت پذیرفت($P>0.05$). نتایج این پژوهش نشان داد که فرایند اکستروژن می تواند به عنوان یک تیمار موثر در جهت اصلاح خواص عملکردی پروتئین های گلوبولار موثر واقع گردد. در تهیه محصولاتی که جذب آب بالایی مد نظر نیست مانند بیسکوئیت های خمیر نرم می توان از این پروتئین اکسترود شده بهره گرفت و دراین راستا نمونه های اکسترود شده در رطوبت ۱۸درصد بدلیل جذب آب کمتر می توان به عنوان نمونه بهینه در نظر گرفت و از طرفی در محصولاتی مانند کیک روغنی برای توزیع بهتر روغن در بافت محصول می توان از نمونه های اکسترود شده کنسانتره پروتئین بهره گرفت که دراین راستا نمونه

www.SID.ir

Archive of SID

اکسترود شده در رطوبت ۱۸ درصد و دمای ۱۶۰درجه سانتی گراد بدلیل جذب بیشتر روغن مناسب تر است.

منابع

[1] Valle, G.D., L. Quillien, and J. Gueguen, Relationships between processing conditions and starch and protein modifications during extrusion - cooking of pea flour. Journal of the Science of Food and Agriculture, 1994. 64(4): p. 509-517.

[2] Chen, L., et al. Modifications of soy protein isolates using ultrasound treatment for improved emulsifying properties. in Advanced Materials Research. 2012. Trans Tech Publ.

[3. Francis, F.J., Color analysis. Food analysis, 1998. 3.

[4] Karaca, A.C., N. Low, and M. Nickerson, Emulsifying properties of chickpea, faba bean, lentil and pea proteins produced by isoelectric precipitation and salt extraction. Food Research International, 2011. 44(9): p. 2742-2750.

[5] Gornall, A.G., C.J. Bardawill, and M.M. David, Determination of serum proteins by means of the biuret reaction. J. biol. Chem, 1949. 177(2): p. 751-766.

[6] Kaur, M. and N. Singh, Characterization of protein isolates from different Indian chickpea (Cicer arietinum L.) cultivars. Food Chemistry, 2007. 102(1): p. 366-374.

[7] Wang, X.-S., et al., Effects of high-pressure treatment on some physicochemical and functional properties of soy protein isolates. Food Hydrocolloids, 2008. 22(4): p. 560-567.

[8] Hettiarachchy, N. and U. Kalapathy, Soybean protein products, in Soybeans ,۱۹۹۷ . Springer. p. 379-411.

[9] Heywood, A., et al., Functional properties of low-fat soy flour produced by an extrusion-expelling system. Journal of the American Oil Chemists' Society, 2002. 79(12): p. 1249-1253.

[10] Hu, H., et al., Effects of ultrasound on structural and physical properties of soy protein isolate (SPI) dispersions. Food Hydrocolloids, 2013. 30(2): p. 647-655.

[11] Moscicki, L., Extrusion-cooking techniques: applications, theory and sustainability. 2011: John Wiley & Sons.

[12] Guerrero, P ,.et al., Extrusion of soy protein with gelatin and sugars at low moisture content. Journal of Food Engineering, 2012. 110(1): p. 53-59.

[13] Chen, L., et al., Modifications of soy protein isolates using combined extrusion pre-treatment and controlled enzymatic hydrolysis for improved emulsifying properties. Food Hydrocolloids, 2011. 25(5): p. 887-897.

[14] Sikorski, Z.E., Chemical and functional properties of food components. 2006: CRC Press.

[15] Guzmán-Ortiz ,F.A., et al., Physico-chemical, nutritional and infrared spectroscopy evaluation of an optimized soybean/corn flour extrudate. Journal of food science and technology, 2015. 52(7): p. 4066-4077.

www.SID.ir

Archive of SID

Study the effect of temperature and moisture extrusion process on the functional properties of soy protein concentrates and color parameters in order to use in flour products

Mozaffarpoor, R. [1*], Koocheki, A. [2], Elnaz, M. [3], Varidi, M. [4]

1. MSc. Student, department of food science and technology,ferdowsi university of Mashhad
2. Associate professor, department of food science and technology,ferdowsi university of Mashhad
3. Assistant professor, department of food science and technology, institute food science and technology of SID
4. Assistant professor, department of food science and technology,ferdowsi university of Mashhad

(Received: 2016/04/03 Accepted: 2016/12/05)

In this work, the effect of temperature extrusion process at three levels (110, 130 and 160 ° C) and moisture content at two levels (18 and25%) on some functional properties and color parameters of soy protein concentrates have been investigated Comparison between the oil and water absorption capacity of raw and extruded concentrate showed reduced water absorption capability and increasing the absorption capacity of the oil in the samples after the extrusion process ($P<0.05$) Because it would be the result of the extrusion process on the denaturation of protein structure and therefore the presence of hydrophobic groups on the protein level and the subsequent ,hydrophobic interactions between the protein and oil increased, thus increases fat absorption capacity, On the other hand the solubility of concentrated, reduced after the extrusion process ($P <0.05$) the reason noted above. Also comparison the solubility of extruded samples showed that with increasing extrusion temperature at both moisture content observed an increasing trend about solubility of samples ($P> 0.05$). L* Parameter of Soy protein concentrate reduced after the extrusion process, while a* and b* parameters increased after the extrusion process.

Keywords: Soy protein concentrate, Extrusion process, Functional properties, Color parameters

* Corresponding Author E-Mail Address: koocheki@um.ac.ir

www.SID.ir