Archive of SID

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 6, No. 3, Fall, 2010, p. 184-192

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۶، شماره ۳، پاییز ۱۳۸۹، ص. ۱۹۲-۱۸۴

بررسی میزان پروتئین محلول و ظرفیت جذب آب و روغن آرد حاصل از حبوبات مختلف

الهام اسدپور[۱]- سید مهدی جعفری[۲*]- علیرضا صادقی ماهونک[۳]- محمد قربانی[۴]

تاریخ دریافت: ۸۸/۱۱/۱۲
تاریخ پذیرش: ۸۹/۹/۱۶

چکیده

در این پژوهش، ترکیب شیمیایی و ویژگی‌های عملکردی آرد نخود، عدس، لوبیاقرمز و لوبیا چیتی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد این حبوبات دارای ترکیب شیمیایی متفاوتی نسبت به یکدیگر بودند طوریکه میزان پروتئین و چربی نخود از همه بیشتر (به ترتیب، ۴۳/۴ و ۵/۱۷ درصد) و پس از آن، عدس، لوبیا قرمز و لوبیاچیتی قرار دارند. در بررسی مقادیر پروتئین محلول، نتایج جالبی بدست آمد بطوریکه در تمام نمونه‌ها، pH حداقل حلالیت پروتئین حدود ۴ تعیین گردید اما درمورد آرد نخود، لوبیا قرمز و لوبیا چیتی، نقطه حداقل حلالیت پروتئین دومی نیز دیده شد. ظرفیت جذب آب، در مورد آرد لوبیا قرمز دارای بیشترین مقدار بود (۱۴۶/۱۵ درصد) و پس از آن به ترتیب، عدس، لوبیا چیتی و نخود قرار گرفتند. روند تغییرات جذب آب در ۴ نمونه مورد آزمایش با اعمال pH و غلظت نمک نیز یکسان بوده است. افزایش غلظت نمک باعث کاهش خاصیت جذب آب در نمونه‌ها گردید. خاصیت جذب روغن، ویژگی عملکردی بعدی بود. دراین رابطه، لوبیاقرمز دارای بیشترین میزان جذب روغن (۹۲/۱ درصد) و عدس دارای کمترین میزان (۸۰/۴۵ درصد) می باشد.

واژه‌های کلیدی: حبوبات، ویژگی‌های عملکردی، مقدار پروتئین محلول، ترکیب شیمیایی

مقدمه

حبوبات گیاهانی از خانواده فاباسه (یا لگومینوزا) هستند؛ که دارای ۱۶۰۰۰ تا ۱۹۰۰۰ گونه و تقریباً ۷۵۰ جنس هستند. تلاش برای یافتن منابع جایگزین و ارزان پروتئین برای تغذیه انسان منجر به انجام پژوهش‌های مختلفی در رابطه با بکارگیری برخی از حبوبات کمتر شناخته شده در کشورهای در حال توسعه شده است که می توان به حبوباتی نظیر موکونا بین، گیلابین، بامبارا گراند نات، جکبین و غیره اشاره نمود (۷). دلیل این تحقیقات گسترده، فراوان بودن و ارزان بودن حبوبات بعنوان منبعی بالقوه از پروتئین برای مردم این کشورها می باشد که توانایی کمتری در تامین پروتئین از منابع دامی دارند (۱۹). بعنوان مثال، حبوباتی مانند جکبین و موکونابین به ترتیب دارای ۲۹٪ و ۳۵٪ پروتئین می باشند. به طور کلی حبوبات نسبت به غلات دارای پروتئین بیشتری می باشند. پروتئین‌های گیاهی به سه شکل عمده طبقه بندی می شوند: آردها با ۶۵-۵۰٪ پروتئین، کنسانتره‌ها با ۹۰-۶۵٪ پروتئین و ایزوله‌ها با بیش از ۹۰٪ پروتئین (۹).

بخش عمده ای از ویژگی‌های عملکردی مربوط به پروتئین‌ها است که در اثر برهم کنش آنها با یون‌ها، حلال و سایر مولکول‌های اطراف آنها ازجمله ساکاریدها، لیپیدها و پروتئین‌های دیگر ظاهر می شود (۱۸). به عبارت دیگر، منظور از ویژگی‌های عملکردی اجزاء غذایی، یک سری ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی هستند که بر رفتار محصولات غذایی در طول فرآوری، تولید، نگهداری و آماده سازی تأثیر می گذارند. این ویژگی‌ها شامل ظرفیت جذب و نگهداری آب و روغن، حلالیت، ژلاتیناسیون، ویژگی‌های بین سطحی، تشکیل فیلم، کف کنندگی، تشکیل رنگ و ... می باشند (۱۲).

ویژگی‌های عملکردی بر اساس مکانسیم عمل به سه گروه عمده تقسیم می شوند:

۱) خواص مربوط به آبگیری شامل جذب آب، روغن، حلالیت، قوام دهندگی و قابلیت خیس شدن.

۲) خواص مربوط به ساختار پروتئینی و ویژگی‌های رئولوژیکی

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان و مربی موسسه آموزش عالی بهاران گرگان
۲، ۳ و ۴- استادیاران دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
(*-نویسنده مسئول: Email:smjafari@gau.ac.ir)

www.SID.ir

Archive of SID

(ویسکوزیته، انعقاد و تشکیل ژل)

۳) خواص مربوط به سطح پروتئین‌ها شامل امولسیون کنندگی، کف زایی، تشکیل فیلم‌های چربی- پروتئین و قابلیت هم زدن[1].

میزان آب جذب شده توسط پروتئین‌ها ارتباط نزدیکی با ساختار اسیدهای آمینه ی ان دارد و تحت تأثیر میزان گروههای باردار، آرایش فضایی، آبگریزی، pH ، دما، قدرت یونی و غلظت پروتئین می باشد.

حلالیت یا قابلیت استخراج پروتئین معمولاً در شیمی مواد غذایی به عنوان درصدی از مقدار کل پروتئین اطلاق می شود که به وسیله ی آب یا یک حلال مناسب در شرایط خاص قابل استخراج است. این قابلیت به خواص پروتئین و حلال، pH ، غلظت و بار الکتریکی یونهای دیگر و دما بستگی دارد. معمولاً پروتئین‌هایی که در شاخه‌های جانبی یونیزه هستند دارای سطح پایینی از آبگریزی می باشند و در آب و یا محلولهای نمکی رقیق محلول می باشند. در محلولهای آبی، حلالیت پروتئین‌ها در pH ایزوالکتریک (PI) دارای حداقل مقدار می باشد. چون در چنین pH هیچ گونه دافعه الکترواستاتیکی بین مولکولها وجود ندارد و لایه آبی به تنهایی نمی تواند از تجمع یونها جلوگیری کند. در pH بالا و پایین تر از نقطه ی ایزوالکتریک پروتئین، حلالیت به دلیل دافعه یونهای مثبت و منفی و همچنین افزایش برهم کنش زنجیره‌های پلی پپتیدی باردار با ملکول‌های دو قطبی آب افزایش می یابد (۱۹).

سئوال اصلی این است که حبوبات بومی منطقه ازنظر ویژگی‌های عملکردی درچه سطحی هستند؟ و این ویژگی‌ها چگونه تحت تأثیر عوامل محیطی مانند اسیدیته و غلظت نمک قرار می گیرند؟ بطور کلی، هدف از انجام این پژوهش، تعیین ترکیب تقریبی حبوبات اشاره شده از نظر شیمیایی، ارزیابی مقدار پروتئین‌های محلول، ظرفیت جذب آب و روغن و بررسی تأثیر برخی عوامل نظیر اسیدیته و غلظت نمک بر این ویژگی‌های حاصل از آرد برخی حبوبات بومی متداول ایران می باشد. نتایج این پژوهش می تواند راه گشای استفاده از حبوبات بعنوان منبعی ارزان و فراوان از پروتئین و سایر ترکیبات تغذیه ای مطلوب در فرآورده‌های مختلف صنایع غذایی باشد. همچنین می توان ترکیبات عملگر مورد نیاز را از این منابع استخراج کرده و همراه باترکیبات دیگری نظیر آرد غلات در محصولاتی چون انواع کیک و بیسکوئیت استفاده نمود.

مواد و روش ها

تمامی ترکیبات شیمیایی مصرفی در این پژوهش دارای گرید آزمایشگاهی بوده و از شرکت‌هایی چون سیگما و مرک تهیه گردید.

تهیه و آماده سازی آرد حبوبات و تعیین درصد ترکیب شیمیایی آن‌ها

ابتدا میزان ۳ کیلوگرم از واریته‌های شناسنامه دار هر یک از حبوبات مختلف شامل نخود، عدس، لوبیا قرمز و لوبیا چیتی در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ از مرکز تحقیقات کشاورزی استان گلستان (گرگان) تهیه گردید. حبوبات در ظروف درب دار ریخته شده و بعد از انتقال به آزمایشگاه توسط آسیاب چکشی (مدل ام سی جی -۱۰۰ ساخت مایسان کره جنوبی) به آرد تبدیل شدند. پس از مخلوط کردن و همگن نمودن نمونه‌های آرد، از الک با مش مناسب (۱۸-۴۰) عبور داده شدند. در انتها نمونه‌های آرد در کیسه‌های پلاستیکی ریخته شده و در داخل ظروف درب دار در یخچال نگهداری شدند. آزمون‌های تعیین ترکیبات شیمیایی بر اساس استاندارد AOAC (۵) انجام شدند.

آزمون تعیین مقدار پروتئین‌های محلول

تعیین مقدار پروتئین‌های محلول در نمونه‌های مذکور، توسط روش بیوره انجام گرفت. ۰/۵ گرم از آرد حبوبات در بالن ۵۰ سی‌سی ریخته شده و حدود ۳۰ تا ۴۰ میلی لیتر به آن آب مقطر اضافه می-کنیم. توسط سود سوزآور ۰/۱ مولار و اسید کلریدریک ۰/۱ مولار که در داخل بورت ریخته‌ایم pH نمونه را تنظیم می‌کنیم، به طوری که pHهای مختلفی در محدوده ۲ تا ۱۰ توسط pH متر (مدل ۸۲۷ شرکت متیوهم) تهیه نموده و خوب هم می‌زنیم. سپس حجم را به ۵۰ سی سی می‌رسانیم. بالن‌ها را بر روی همزن مغناطیسی (مدل ۱۵۰ شرکت فن آزماگستر) گذاشته و به مدت ۰/۵ ساعت خوب هم می-زنیم. سپس داخل فالکون‌های ۵۰ سی‌سی مقداری از نمونه‌ها را ریخته و آنها را در داخل سانتریفوژ یخچال دار (مدل ۳ کا۳۰ شرکت سیگما) قرار داده و به مدت ۲۰ دقیقه با دور ۳۵۰۰ سانتریفوژ می‌کنیم. محلول سوپرناتانت را جدا می‌کنیم. در لوله آزمایش ریخته و مجدداً pH محلول سوپرناتانت را اندازه گیری کرده و یادداشت می‌کنیم. از سوپرناتانت، ۰/۵ میلی لیتر را داخل لوله آزمایش ریخته و ۴/۵ میلی لیتر محلول بیوره به آن اضافه می‌کنیم. بعد از مخلوط کردن، حدود ۲۰ دقیقه در درجه حرارت اتاق کنار گذاشته می‌شود. سپس توسط اسپکتروفتومتر (مدل تی ۸۰ شرکت پی جی اینسترومنت) جذب محلول و نمونه شاهد در طول موج ۵۴۰ نانومتر اندازه گیری می‌شود (۵).

اندازه گیری جذب آب و روغن

ظرفیت جذب آب از روشی مرکب از دو روش AACC (۲۰۰۰) و بوچت (۱۹۹۷) تعیین شد. به طوری که ۳ گرم از نمونه با ۱۸ میلی‌لیتر آب مقطر در فالکون ۳۰ سی‌سی ریخته شده و تا ۳۰ ثانیه مخلوط

1 - Whippability

www.SID.ir

Archive of SID

گردید. سپس فالکون‌ها به مدت نیم ساعت در درجه حرارت اتاق نگهداری شد و بعد از این زمان، به مدت ۳۰ دقیقه در ۵۰۰۰ دور بر دقیقه در سانتریفوژ بدون یخچال قرار گرفت. سوپرناتانت جدا شده از رسوب، از فالکون خارج شد و فالکون‌ها توسط دستمال کاغذی کاملاً خشک شدند و در نهایت توسط ترازو (مدل تی ای ۳/۳ شرکت سارتریوس) وزن آنها اندازه گیری شد. ظرفیت جذب آب، به صورت مقدار آب جذب شده توسط یک گرم نمونه بیان می‌شود.

جذب روغن نیز بر اساس روش ایگ و همکاران (۱۹۸۴) انجام گردید. ابتدا ۳ گرم نمونه به ۱۸ میلی لیتر روغن تصفیه شده سویا در داخل فالکون ریخته شد. سپس به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق نگهداری شد و پس از آن در ۵۰۰۰ دوربردقیقه به مدت ۳۰ دقیقه عمل سانتریفوژ انجام گردید. نمونه‌ها به آهستگی از داخل سانتریفوژ خارج و میزان روغن قسمت بالای رسوب جدا سازی شد. وزن نمونه و فالکون دوباره ثبت گردید. اختلاف وزن نهایی و وزن اولیه محاسبه شده و میزان گرم روغن جذب شده توسط یک گرم نمونه به عنوان ظرفیت جذب روغن گزارش شد.

جهت بررسی تأثیر غلظت pH و نمک نیز در این خاصیت عملکردی، نمونه‌هایی با pH ۲، ۴، ۶، ۸ و ۱۰ و غلظت یونی صفر، نیم و یک مولار نمک طعام (کلرید سدیم) تهیه شد. برای تنظیم pH هر یک از نمونه‌ها از سود سوزآور و اسید کلریدریک ۰/۱ مولاراستفاده کرده و سایر مراحل مانند روش ذکر شده با آب مقطر است. سپس محلول نمکی را نیز تهیه کرده و به نمونه‌ها مانند روش قبل اضافه می‌کنیم (یعنی۳ گرم نمونه در ۱۸ میلی لیتر محلول نمکی).

آنالیز آماری داده‌ها

انتخاب نمونه‌ها در قالب طرح کاملا تصادفی بوده و هر یک از آزمون‌ها در سه تکرار انجام گرفت. تجزیه و تحلیل آماری نتایج بدست آمده با استفاده از نرم افزار مینیتب (نسخه ۱۶) و آزمون دانکن برای تعیین درجه اهمیت تفاوت در میانگین‌ها انجام پذیرفت. در صورتیکه اختلاف بین میانگین‌ها در P ‹۰/۰۵ معنی دار باشد، این اختلاف مهم درنظر گرفته می شود. برای رسم نمودارهااز نرم افزار اکسل استفاده شد.

نتایج و بحث

ترکیب شیمیایی حبوبات

همانطور که ملاحظه می شود (جدول ۱)، میزان پروتئین در آرد نخود از همه بیشتر (حدود ۴۳/۴ درصد) و پس از آن به ترتیب در عدس، لوبیا قرمز و لوبیا چیتی قرار دارد. ویژگی‌های عملکردی آرد حبوبات ارتباط مستقیمی با پروتئین موجود در آنها دارد چرا که اکثر این ویژگی‌ها از جمله ظرفیت جذب آب، روغن و غیره در اثر عملکرد پروتئین‌ها است. نکته مهم این است که نمی توان پیش بینی کرد با افزایش مقدار پروتئین، ویژگی‌های عملکردی نمونه مورد نظر نیز بهبود می یابد چرا که نتایج این پژوهش که داده‌های مربوط در بخش‌های بعدی ارایه می گردد دقیقاً نشان داد ویژگی‌های عملکردی آرد لوبیا قرمز (که پروتئین آن با حدود ۳۲/۷ درصد در رده ی سوم قرار دارد) بسیار بهتر و بیشتر از آرد نخود با پروتئین ۴۳/۴ درصد می باشد بنابراین احتمالا نقش کیفیت پروتئین در ویژگی‌های عملکردی بالاتر از کمیت پروتیئن در نمونه مورد نظر است.

جدول ۱- آنالیز ترکیب شیمیایی آرد حبوبات بر حسب درصد وزنی- وزنی

نمونه/ ترکیب	چربی	خاکستر	رطوبت	پروتئین
آرد نخود	۵/۱۷[a]*	۳/۱۰[a]	۵/۱۱[a]	۴۳/۴۳[a]
آرد لوبیا چیتی	۱/۶۷[b]	۳/۶۳[b]	۷/۲۲[b]	۲۷/۷۸[b]
آرد عدس	۲/۴۳[c]	۲/۹۵[a]	۸/۳۰[c]	۳۸/۹۸[a]
آرد لوبیا قرمز	۱/۶۰[b]	۴/۰۸[b]	۸/۱۰[b,c]	۳۲/۷۰[c]

*-نتایج ذکر شده در هر ستون که دارای حروف غیر مشابه هستند، با هم از نظر آماری دارای اختلاف معنی دار هستند ($P<0.05$).

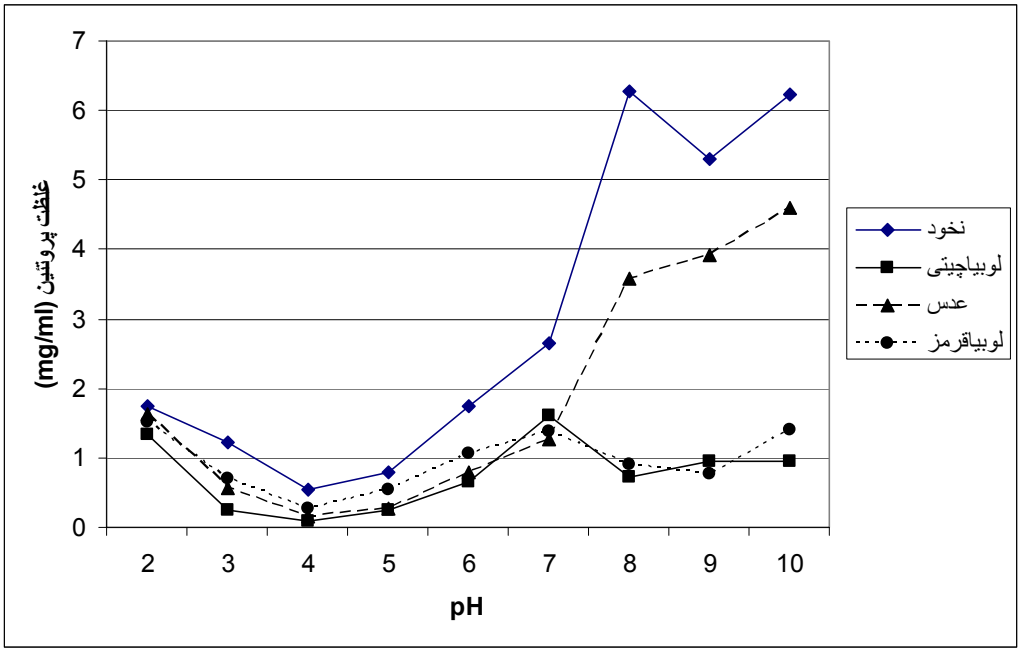
میزان چربی نیز همانطور که در جدول ۱ دیده می شود در نخود از همه بیشتر (۵/۱۷ درصد) و پس از آن در عدس (۲/۴۳ درصد) وجود دارد. میزان چربی در لوبیا قرمز و لوبیا چیتی تقریباً با هم برابر است. با توجه به نتایج داده شده می توان دید که میزان پروتئین حبوبات ذکر شده تقریباً در محدوده ی بالایی قرار دارد به طوریکه بیشتر از حبوباتی چون بنیسید با ۱۸/۱ درصد و بامبارا گراندنات با ۲۰/۷ درصد (۲۱)، فنوگریک با ۲۸/۴ درصد (۸) می باشد اما از میزان چربی در دو مورد ذکر شده کمتر بوده است.

حلالیت پروتئین

حلالیت پروتئین به عنوان اولین شاخص اندازه گیری ویژگی‌های عملکردی پروتئین‌ها مطرح می باشد. نمودار ۱ حلالیت پروتئین آرد حبوبات درمقادیر مختلف pH را نشان می دهد. در کل نمونه‌ها نقطه ی ایزو الکتریک حدود ۴ به دست آمد. البته غیر از عدس که پس از pH=4 حلالیت آن افزایش یافته است در سه مورد دیگر (نخود، لوبیا قرمز، و لوبیا چیتی) کاهش پروتئین محلول در pH قلیایی نیز مشاهده شده است. لازم به ذکر است که pH دقیق مربوط به نقطه ایزوالکتریک، pH سوپرناتانت می باشد؛ که با توجه به داده‌های بدست آمده به ترتیب برای نخود، لوبیاچیتی، عدس و لوبیا قرمز عبارت است از ۴/۰۵، ۴/۰۴، ۴/۲۰ و ۴/۲۶. سایر داده‌های مربوط به pH سوپرناتانت بر اساس pH تنظیمی محلول آردها در جدول ۲ ارایه شده است.

www.SID.ir

Archive of SID



نمودار ۱- حلالیت پروتئین آرد حبوبات درمقادیر مختلف pH

جدول ۲- داده‌های مربوط به pH سوپرناتانت در مقادیر مختلف pH تنظیمی محلول آرد حبوبات

نمونه/ pH محلول	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
آرد نخود	۲/۲۲	۳/۲۷	۴/۰۵	۵/۰۶	۵/۹۵	۶/۹۸	۷/۸۸	۸/۹۱	۹/۸۷
آرد لوبیا چیتی	۲/۲۲	۳/۱۱	۴/۰۴	۵/۰۲	۵/۹۴	۶/۹۶	۷/۸۲	۸/۶۹	۹/۵۶
آرد عدس	۲/۱۲	۳/۳۲	۴/۲۰	۵/۲۸	۶/۱۱	۶/۹۹	۷/۸۶	۸/۶۶	۹/۶۰
آرد لوبیا قرمز	۲/۱۲	۳/۱۳	۴/۲۶	۵/۱۵	۵/۸۹	۶/۹۰	۷/۸۵	۸/۶۶	۹/۷۰

در نتیجه به جز عدس که تنها دارای یک نقطه ی ایزوالکتریک و آن هم در pH=۴ است در سه نمونه دیگر دو نقطه ایزوالکتریک وجود داشته است که این نقاط به ترتیب برای لوبیا چیتی pH=۸ و برای نخود و لوبیا قرمز pH=۹ بوده است.

نتایج بدست آمده در مورد نقطه ی ایزوالکتریک در pH=۴ با اکثر مقالات مورد مطالعه یکسان است بطوری که در بیشتر آنها pH ایزوالکتریک ایزوله‌های پروتئینی، کنسانتره‌های پروتئینی و آرد حبوبات را pH=۴-۵ ذکر کرده اند (۳: ۲: ۲۱). دلیل کاهش حلالیت در نقطه ایزوالکتریک کاهش نیروی دافعه در بین اسیدهای آمینه تشکیل دهنده ی پروتئین و توازن بین یونهای مثبت و منفی و در نتیجه، کاهش نیروی دافعه الکترواستاتیک و کاهش حلالیت پروتئین عنوان شده است.

نکته ی قابل توجه دیگر که با نتایج بدست آمده در اکثر مقالات مطابقت دارد، افزایش مقدار پروتئین محلول با کاهش pH از نقطه ایزوالکتریک به سمت pH اسیدی می باشد (۲، ۳، ۸ و ۱۷). اما با نتایج رگاب و همکاران (۲۰۰۳) تناقض دارد زیرا بر اساس داده‌های پژوهش اخیر، با افزایش pH از ۱ به ۳، مقدار پروتئین محلول افزایش و سپس در pH حدود ۴ کاهش یافته است.

نکته مهم دیگر وجود نقطه حداقل حلالیت پروتئین دوم در سه نمونه مورد بررسی است که کمتر در پژوهش‌های به چاپ رسیده دیده می شود. آکینیاتو و همکاران (۴) نیز دو نقطه ایزوالکتریک حدود ۵-۴ و ۸-۹ را در مورد ۳ واریته ی مورد بررسی به دست آوردند. وجود دو نقطه ایزوالکتریک احتمالاً به این دلیل است که پروتئین در نمونه‌های مورد نظر ازدو جزءاصلی مانند آلبومین‌ها و گلوبولین‌ها تشکیل شده است بطوریکه هر یک در pH خاصی کمترین حلالیت را از خود نشان می دهند.

در بین آرد حبوبات مورد مطالعه به ترتیب، نخود، عدس، لوبیا قرمز و لوبیا چیتی دارای بیشترین حلالیت می باشند. بر طبق نظر ادبوال و لاوال (۲) اختلاف در پروفایل حلالیت آرد حبوبات مختلف احتمالاً به دلیل اختلاف در ترکیب فیزیکو شیمیایی آنها می باشد. از

www.SID.ir

Archive of SID

دلایل دیگر اختلاف پروفایل حلالیت پروتئین‌ها می توان به میزان توازن بین نسبت آبدوستی و آبگریزی اشاره نمود که به ترکیب اسیدهای آمینه خصوصاً در سطح پروتئین بستگی دارد. دناتوراسیون نیز ممکن است به دلیل تغییر در نسبت ذکر شده، حلالیت پروتئین را تحت تأثیر قرار دهد.

مشاهده حداکثر میزان حلالیت در pH=۱۰ با اکثر مقالات منتشر شده مطابقت دارد (۱۷و۲)؛ زیرا با کاهش یا افزایش pH از نقطه ی ایزوالکتریک، دافعه ی الکترواستاتیک زیاد شده و در نتیجه حلالیت افزایش می یابد. همچنین، در این حالت میزان زنجیره‌های جانبی آبگریز کاهش یافته و آبگیری یونی بویژه در مقادیر بالاتر pH بیشتر می شود (دموداران، ۱۹۹۷).

در نمودار ۲ نیز مقادیر پروتئین محلول عدس در مقادیر مختلف pH تنظیمی محلول آرد عدس و داده‌های pH سوپرناتانت مربوط ارایه شده است.

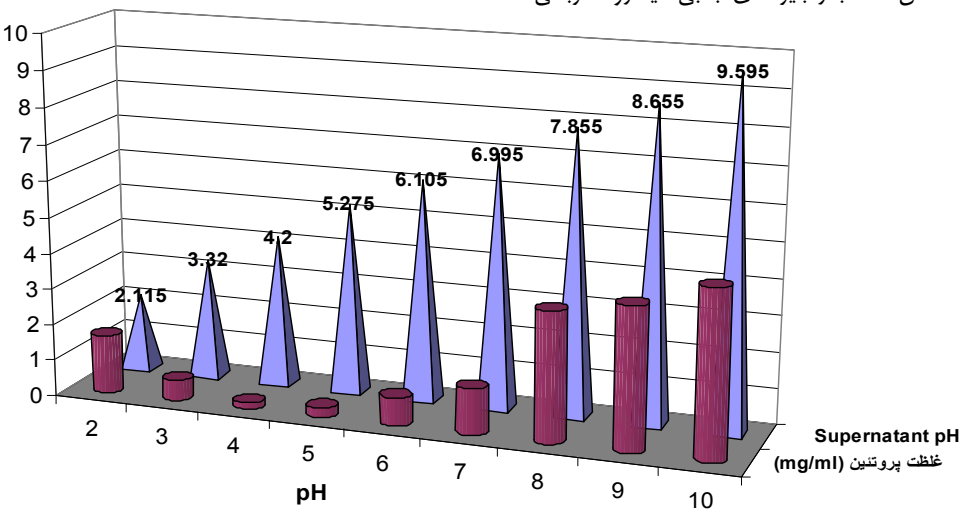
ظرفیت جذب روغن

بر اساس نمودار ۳ کمترین میزان جذب روغن مربوط به آرد عدس (۸۰/۴۵ درصد) و بیشترین میزان مربوط به آرد لوبیا قرمز (۹۲/۱۰ درصد) بوده است که با یکدیگر از نظر آماری اختلاف معنی داری دارند ($p<0/05$). مقدار بدست آمده برای آرد نخود (۹۰/۲۰ درصد) از مقدار ذکر شده توسط کار و سینک (۱۰) در مورد آرد نخود (۱۱۷–۱۰۵ درصد) کمتر است ولی این مقدار تا حدودی متناسب با آرد پیجن پی (۹۸–۹۶٪) می باشد (۱۱).

بسیاری از پژوهشگران میزان جذب روغن را به عنوان محبوس کردن فیزیکی روغن عنوان نموده اند و آن را به زنجیره‌های غیر قطبی پروتئین که ممکن است با زنجیره‌های جانبی هیدرو- کربنی روغن پیوند برقرار کنند و همچنین به شکل فضایی پروتئین نسبت می دهند و در نتیجه اختلاف بین این عوامل را در مواد غذایی مختلف نظیر حبوبات باعث اختلاف در اعداد بدست آمده در جذب روغن پیشنهاد می کنند (۱۱). همچنین، ابو و همکاران (۲) به این نتیجه رسیده اند که هر چه اسیدهای آمینه غیر قطبی در زنجیره جانبی پروتئین‌ها بیشتر باشند، ظرفیت جذب روغن بیشتر است.

به دلیل جذب بالای روغن در لوبیا قرمز می توان به این جمع بندی رسید که اسیدهای آمینه غیر قطبی در آرایش فضایی پروتئین (در معرض قرار گرفتن این اسیدهای آمینه) در بالاترین مقدار قرار دارند. بنابراین، هر چه ظرفیت جذب روغن بالاتر باشد میزان اسیدهای آمینه غیر قطبی در زنجیره جانبی غالب تر خواهد بود. در نتیجه می توان پیش بینی کرد در محصولاتی مانند دسرها و سس مایونز که مقدار روغن مصرفی بالاست باید از حبوباتی نظیر لوبیا قرمز استفاده شود که ظرفیت جذب روغن بالایی داشته باشد تا بتواند روغن موجود در فرمولاسیون را در محصول حفظ نماید.

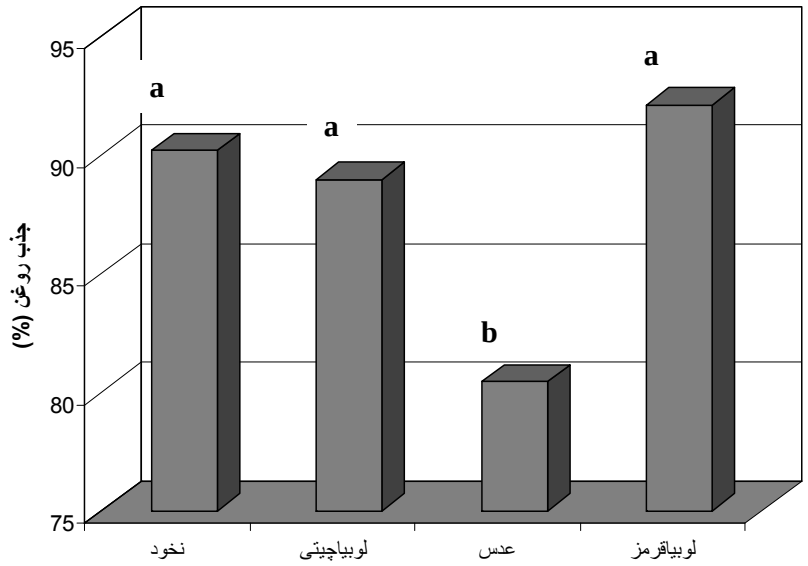
باید توجه داشت که بین ویژگی جذب روغن و خاصیت امولسیون کنندگی در آرد (پروتئین) حبوبات تفاوت تکنیکی وجود دارد به عبارت دیگر جذب روغن بیشتر یک پدیده ی فیزیکی است طوریکه ترکیبات و بیوپلیمرهای موجود در نمونه باعث محبوس شدن و به دام افتادن قطرات روغن در داخل خود می شوند اما ویژگی امولسیون کنندگی یک پدیده ی فیزیکو شیمیایی است و از طریق پیوندهای شیمیایی مختلف مانند پیوند واندروالسی، یونی، قطبی–قطبی و غیره فاز روغن در فاز آب توسط بیوپلیمرهای چربی دوست –آبدوست (اکثراً پروتئین‌ها) درگیر می شود.



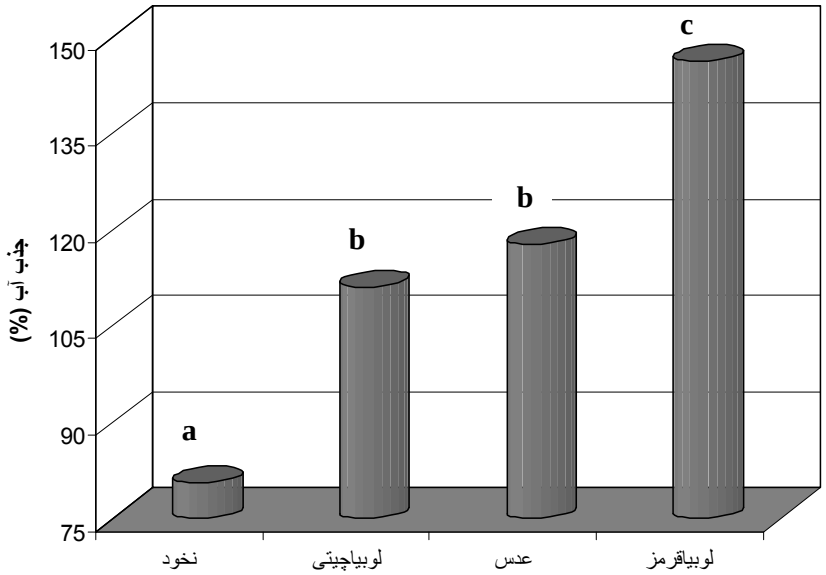
نمودار ۲- مقادیر پروتئین محلول عدس در مقادیر مختلف pH با توجه به داده‌های pH سوپرناتانت

www.SID.ir

Archive of SID



نمودار ۳- میزان جذب روغن آرد حبوبات (بر حسب درصد وزنی)



نمودار ٤- ظرفیت جذب آب در آرد حبوبات مختلف (بر حسب درصد وزنی)

ظرفیت جذب آب

همانطور که در نمودار ۴ مشاهده می شود حداکثر ظرفیت جذب آب مربوط به آرد لوبیا قرمز به میزان ۱۴۶/۱۵ درصد می باشد که از نظر آماری دارای اختلاف معنی دار ($p < ۰/۰۵$) با مقادیر جذب آب آرد سایر حبوبات می باشد. بعد از آرد لوبیا قرمز، به ترتیب آرد عدس، لوبیا چیتی و نخود در رتبه ی بعدی از نظر ظرفیت جذب آب هستند.

در نتیجه، لوبیا قرمز به میزان قابل توجهی نسبت به نمونه‌های دیگر خاصیت جذب آب بیشتری دارد. این مقدار متناسب است با جذب آب آرد گندم دوروم به میزان ۱۴۰/۳۶ درصد ، آرد کاناوالیا به میزان ۱۵۳-۱۴۳٪ (۱۷) و آرد لوبیای آفریقایی به میزان ۱۴۵٪ (اشودی و همکاران، ۱۹۹۷). اما از آرد لوبیای سویا به میزان ۱۳۰٪ و آرد برخی واریته‌های رنگی لوبیای یام افریقایی به میزان ۱۱۸٪، آرد باقلا به میزان۱۴۰-۱۳۰٪، آرد دانه‌های روغنی به میزان ۱۲۰-۷۰٪ و آرد بامبارا گراندنات به میزان ۱۳۰٪ که توسط لین و ادبوال و لاول

www.SID.ir

Archive of SID

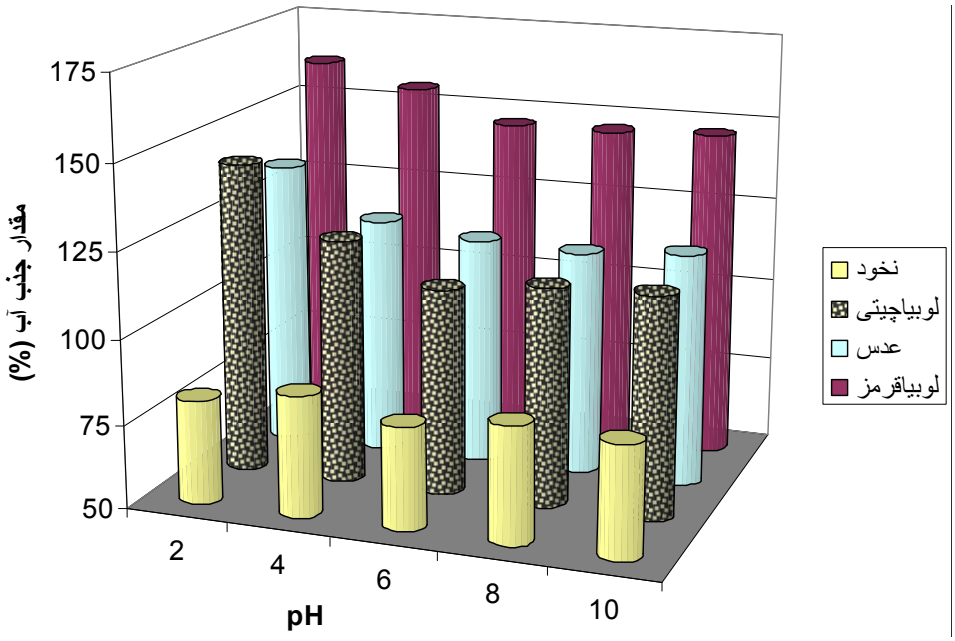
(۲) گزارش شده است بیشتر می باشد. همچنین مقدار جذب آب لوبیا قرمز در مقایسه با آرد لوبیای موکونا (۱۶۰٪) و جکبین (۱۷۰٪) (۲)، آرد بعضی از واریته‌های رنگی لوبیای یام افریقایی (۱۷۹٪) و آرد کانافر (۳۴۰٪) (ادملام، ۲۰۰۳) کمتر می باشد. بر اساس توضیحات قبلی، ظرفیت جذب آب در مواد غذایی مختلف به ترکیب اسیدهای آمینه، آرایش فضایی پروتئین، میزان آبدوستی و آبگریزی پروتئین و همچنین حضور کربوهیدراتهای آبدوست بستگی دارد (۱۷ و ۲۰). راگاب و همکاران (۱۶) علاوه بر عوامل ذکر شده، وجود فیبر خام را نیز به عنوان عامل جذب آب موثر می دانند.

نکته قابل توجه دیگر وجود چربی در نمونه است به طوریکه بر اساس نظریه ادبوال و همکاران (۳) با افزایش میزان چربی در نمونه، جذب آب کاهش می یابد زیرا وجود چربی باعث پوشاندن سایت‌های قابل اتصال با آب می شود. بنابراین با حذف چربی از آرد حبوبات، ادبوال و همکاران (۳) به این نتیجه رسیدند که خاصیت جذب آب افزایش می یابد. همچنین کار و سینک (۱۱) نیز با بررسی ایزوله‌های پروتئینی نخود نتایج مشابهی بدست آوردند یعنی هر چه میزان چربی بالاتر باشد، ظرفیت جذب آب کاهش بیشتری می یابد. با توجه به دلیل ذکر شده شاید بتوان میزان کم ظرفیت جذب آب در آرد نخود را در مقایسه با آرد حبوبات دیگر به دلیل بالا بودن میزان چربی در آن (۵/۱۶ درصد) توجیه نمود.

اثر pH برظرفیت جذب آب حبوبات

در تمام مقادیر pH مورد بررسی روند تغییرات جذب آب در ۴ نمونه مورد آزمایش یکسان است به طوریکه، آرد نخود دارای کمترین ظرفیت جذب آب و پس از آن لوبیا چیتی، عدس و لوبیا قرمز قرار دارند (نمودار ۵).

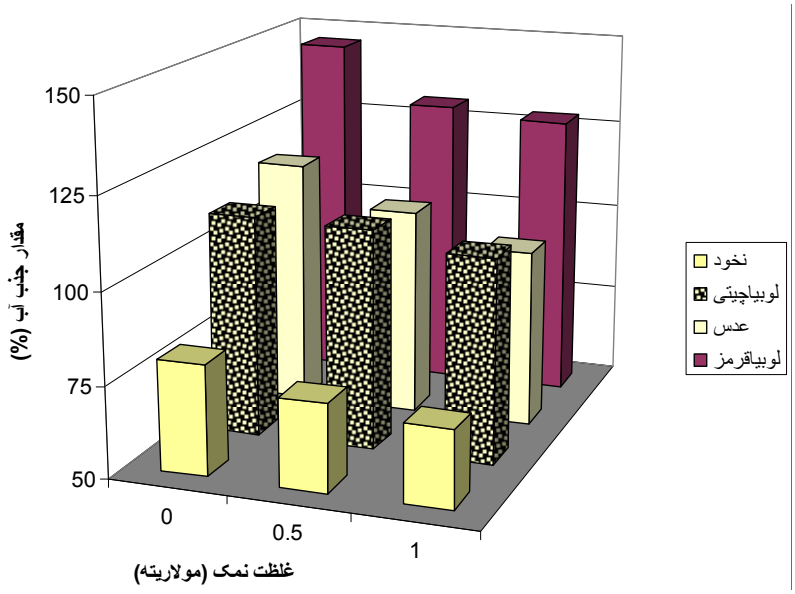
با توجه به داده‌های بدست آمده، اثر pH بر دو نمونه ی لوبیا قرمز و نخود تأثیر معنی داری نداشته است ($p>0/05$) اما در دو نمونه عدس و لوبیا چیتی تنها با افزایش pH از ۲به ۴ میزان جذب آب به طور معنی داری کاهش یافته است ($p<0/05$) که این موضوع می تواند به دلیل کاهش حلالیت پروتئین و رسیدن به نقطه ی ایزوالکتریک باشد و بر اساس نمودار ۱ می توان مشاهده نمود که دو نمونه عدس و لوبیا چیتی در pH=۴ دارای کمترین مقدار پروتئین محلول بوده اند. قبلا توضیح داده شد که حلالیت پروتئین نقش بسزایی در جذب آب و سایر ویژگی‌های عملکردی پروتئین‌ها دارد. نکته ی جالب دیگر در مورد جذب آب آرد نخود است که اگر چه افزایش آن از نظر آماری معنی دار نیست، اما در نقطه حداقل حلالیت (pH =۴)، میزان جذب آب آن بیشتر شده است. دلیل آن نیز احتمالاً میزان بالای چربی موجود در نخود است که افزایش pH از ۲ به ۴ می تواند باعث آزاد شدن سایت‌های قابل اتصال با آب به روی زنجیره‌های جانبی پروتئین شود که قبل از این pH توسط محیط لیپولیتیک مسدود شده بودند و در نتیجه میزان جذب آب در این pH افزایش می یابد. ادبوال و همکاران (۳) نیز نتایج مشابهی بدست آوردند. بطور کلی می توان گفت که تأثیر pH بر میزان جذب آب آرد حبوبات خیلی ناچیز بوده و اهمیت زیادی ندارد.



نمودار ۵- تأثیر pH بر میزان جذب آب در آرد حبوبات مختلف (برحسب درصد وزنی)

www.SID.ir

Archive of SID



نمودار ٦- تأثیر غلظت نمک بر جذب آب در آرد حبوبات مختلف (برحسب درصد وزنی)

اثر غلظت نمک بر ظرفیت جذب آب حبوبات

نمودار ۶ بیانگر اثر غلظت نمک در سه سطح صفر، ۰/۵ و ۱/۰ مولار بر ظرفیت جذب آب در آرد حبوبات مورد آزمایش است.

روند جذب آب در هر دو غلظت نمک در حبوبات مختلف مشابه نمونه شاهد (فاقد نمک) است و جذب آب از نخود به سمت لوبیا قرمز افزایش می یابد. نتایج نشان می دهند که با افزایش غلظت نمک از صفر تا یک مولار در تمام نمونه‌ها به جز لوبیا چیتی، جذب آب بطور معنی داری کاهش می یابد ($p <$ ۰/۰۵). داده‌های بدست آمده با نتایج گزارش شده توسط سینا و سریدها (۱۷)، ارگاندد و همکاران (۲۰۰۶)، لاوال و همکاران (۱۳) و اگانگ بنله (۱۵) مطابقت دارد. در آزمایشات این محققان تا دامنه ی غلظت ۰/۲ مولار، افزایش جذب آب و پس از ۰/۴ مولار، کاهش جذب آب مشاهده است. پژوهشگران علت این موضوع را بدین صورت توضیح داده اند که در غلظت‌های پایین نمک (۰/۳ مولار $\leq$)، یونهای هیدراته نمک به طور ضعیفی با گروه های قطبی کربوکسیل و آمین روی پروتئین پیوند برقرار کرده و بر آبگیری پروتئین تأثیر ندارند. بنابراین افزایش اتصال آب، بستگی به جذب آب پروتئین همراه با یون دارد اما در غلظت‌های بالاتر، یونهای نمک با پروتئین در جذب آب رقابت کرده و در جذب آب پروتئین ممانعت ایجاد می نمایند (۱۳). سینا و سریدها (۱۷) نیز افزایش جزیی در قدرت یونی را به دلیل باز شدن گروههای اصلی مخفی شده در پروتئین و افزایش تعداد آنها در افزایش جذب آب موثر می دانند، اما غلظت بالای نمک را عامل جلوگیری کننده از جذب آب آرد و کاهش ظرفیت جذب آب آن ذکر کرده اند.

نتیجه گیری کلی

در جمع بندی نهایی می توان گفت که آرد لوبیا قرمز بهترین ویژگی‌های عملکردی را از خود نشان می دهد و علیرغم میزان بالاتر پروتئین در آرد نخود، ویژگی‌های عملکردی آن در سطح پایین تری نسبت به لوبیا قرمز بوده است. بنابراین، می توان نتیجه گرفت که میزان بالای پروتئین موجود در نمونه صرفا دلیل بر بهتر بودن ویژگی‌های عملکردی آن نمی باشد بلکه سایر ترکیبات موجود در نمونه نظیر چربی، کربوهیدرات و غیره و نیز کیفیت پروتئین و آرایش فضایی آن از شاخص‌های اصلی در تعیین ویژگی‌های عملکردی می باشند. نتایج مقادیر پروتئین محلول نشان داد که غیر از عدس، سایر نمونه‌ها یعنی نخود، لوبیاقرمز و لوبیاچیتی دارای دونقطه حداقل حلالیت بودند. جذب آب نمونه‌ها در نقطه حداقل حلالیت پروتئین دارای کمترین مقدار بوده و در رابطه با جذب روغن نیز لوبیا قرمز بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد. انجام این پژوهش، اولین گام در توسعه و تکمیل پروژه‌های بعدی در مورد حبوبات می باشد که می توانند بعنوان جایگزین پروتئین‌های حیوانی در رژیم غذایی مردم در کشورهای درحال توسعه و همچنین بعنوان ترکیبات عملگر در فرمولاسیون مواد غذایی مطرح باشند.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

1- Abu, J. O., & K. Muller, et al. 2005. Functional properties of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) flours and pastes as affected by gamma-irradiation. Food Chemistry 93: 103-111.
2- Adebowale, K. O. and O. S. Lawal .2004. Comparative study of the functional properties of bambarra groundnut (*Voandzeia subterranean*), jack bean (*Canavalia ensiformis*) and mucuna bean (*Mucuna pruriens*) flours." Food Research International 37(4): 355-365.
3- Adebowale, Y. A., I. A. Adeyemi, et al. 2005. Functional and physicochemical properties of flours of six Mucuna species." African Journal of Biotechnology 4(12): 1461-1468.
4- Akintayo, E. T., E. A. Adebayo, et al. 2007. Chemical composition, physicochemical and functional properties of akee (*Bilphia sapida*) pulp and seed flours. Food Chemistry 77(3): 333-336.
5- AOAC 2005. Official methods of analysis (18th ed.). Washington, DC, Association of Official Analytical Chemists.
6- Arogundade, L. A., M. Tshay, et al. 2006. Effect of ionic strength and/or pH on Extractability and physico-functional characterization of broad bean (*Vicia faba* L.) Protein concentrate. Food Hydrocolloids 20: 1124-1134.
7- Chau, C. F. and P. C. K. Cheung 1998. "Functional properties of flours prepared from three Chinese indigenous legume seeds." Food Chemistry 61(4): 429-433.
8- El Nasri, N. A. and A. H. Tinay 2007. Functional properties of fenugreek (*Trigonella foenum graecum*) protein concentrate. Food Chemistry 103: 582-589.
9- Gueguen, J. 1998. "Overview on functional properties of grain legume components." Grain Legumes 20(2): 13-14.
10- Kaur, M. and N. Singh 2005. Studies on functional, thermal and pasting properties of flours from different chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. Food Chemistry 91(3): 403-411.
11- Kaur, M. and N. Singh 2007. Characterization of protein isolates from different Indian chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars." Food Chemistry 102: 366-374.
12- Kinsella, J. E. 1981. "Functional properties of proteins: Possible relationships between structure and function in foams. Food Chemistry 7(4): 273-288.
13- Lawal, O. S., K. O. Adebowale, et al. 2005. On the functional properties of globulin and albumin protein fractions and flours of African locust bean (*Parkia biglobossa*). Food Chemistry 92(4): 681-691.
14- Odoemelam, S. A. 2005. "Functional Properties of Raw and Heat Processed Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) Flour." Pakistan Journal of Nutrition 4(6): 366-370.
15- Ogungbenle, H. N. 2008. "Effects of Salt Concentrations on the Functional Properties of Some Legume Flours." Pakistan Journal of Nutrition 7(3): 453-458.
16- Ragab, D. M., E. E. Babiker, et al. 2004. Fractionation, solubility and functional properties of cowpea (*Vigna unguiculata*) proteins as affected by pH and/or salt concentration. Food Chemistry 84(2): 207-212.
17- Seena, S. and K. R. Sridhar 2005. "Physicochemical, functional and cooking properties of under explored legumes, Canavalia of the southwest coast of India. Food Research International 38: 803-814.
18- Sikorski, Z. E. 2002. Chemical and Functional Properties of Food Components. Florida, CRC Press.
19- Vadivel, V. and K. Janardhanan 2001. Nutritional and anti-nutritional attributes of the under-utilized legume, *Cassia floribunda Cav.* Food Chemistry 73: 209-215.
20- Yu, J., M. Ahmedna, et al. 2007. Peanut protein concentrate: Production and functional properties as affected by processing. Food Chemistry 103: 121-129.
21- Yusuf, A. A., & H. Ayedun, et al. 2008. "Chemical composition and functional properties of raw and roasted Nigerian benniseed (*Sesamum indicum*) and bambara groundnut (*Vigna subterranean*). Food Chemistry 111: 277-282.

www.SID.ir