بررسی میزان حلالیت، تولید امولسیون و کف در کنسانتره پروتئینی سبوس برنج ایرانی

علی‌اکبر کشاورز هدایتی[1*]، مهران اعلمی[2]، علی معتمد زادگان[3]، یحیی مقصودلو[4]، محمد قربانی[5]

[1]دانش آموخته کارشناسی ارشد دانشکده علوم و صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
[2] استادیار دانشکده علوم و صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
[3] استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
[4] دانشیار دانشکده علوم و صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
[5] استادیار دانشکده علوم و صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: 1391/7/27 تاریخ پذیرش: 1392/4/23

چکیده

به منظور اجرای پژوهش،ابتدا کنسانتره پروتئینی از سبوس چربی گیری‌شده حاصل از دو رقم برنج ایرانی ندا و طارم تهیه‌شد. کنسانتره‌های پروتئینی از نظر ترکیب شیمیایی و برخی از ویژگی‌های عملکردی مانند حلالیت پروتئین، ظرفیت امولسیون‌کنندگی و پایداری امولسیون، ظرفیت کف‌کنندگی و پایداری آن مورد تجزیه و تحلیل قرارگرفتند. بیشترین و کمترین حلالیت پروتئین به ترتیب در pH= 10 و pH= 4 مشاهده‌شد. کنسانتره‌های پروتئینی سبوس برنج میزان کف کمی تولید کردند که بین 16/72 تا 40/57 درصد متغیر بود. ظرفیت امولسیون‌کنندگی کنسانتره‌های پروتئینی دو رقم سبوس برنج بین 30 تا 37 درصد بود. نتایج این مطالعه نشان داد که سبوس برنج قابلیت استفاده به عنوان جزئی از فرمولاسیون غذاهای عملگر را دارد که ارزش غذایی و ویژگی‌های عملکردی فرآورده را افزایش می‌دهد.

کلید واژه‌ها: کنسانتره پروتئینی، ویژگی‌های عملکردی، حلالیت، کف.

*مسؤول مکاتبات: kaliakbar64@yahoo.com

1- مقدمه

برنج غذای اصلی بیش از نیمی از مردم کره زمین را تشکیل می‌دهد. حدود 90 درصد برنج جهان در آسیا تولید می‌شود و کشورهای چین، هند، اندونزی، بنگلادش، تایلند، ویتنام، ژاپن، و فیلیپین تولیدکنندگان عمدهٔ برنج جهان می‌باشند(4). سبوس برنج محصول جانبی حاصل از آسیاب برنج و ماده‌ای پودری و نرم است که از چندین جز شامل پوشش دانه، هسته، لایهٔ آلورون، جوانه، قسمتی از لایهٔ زیرین آلورون و آندوسپرم نشاسته‌ای تشکیل شده و غنی از پروتئین، روغن و کربوهیدرات است که عمدتا به منظور استخراج روغن، تغذیه دام و یا جزئی از فرآورده‌های غذایی استفاده می‌شود (19). سبوس برنج 3 تا 8 درصد از دانه برنج را تشکیل می‌دهد و حدود 12-15 درصد پروتئین دارد (11).

روغن سبوس برنج با سایر روغن‌های گیاهی، قابل مقایسه است و برای استفاده در سالادها، شورتنینگ و پخت و پز مناسب است(4). سبوس برنج در مقایسه با دانه برنج از محتوای روغن بیشتری برخوردار است زیرا پخش اعظم محتوای روغن حین فرآیند آسیاب از برنج جدا می‌شود(4). علاوه بر این، سبوس برنج به عنوان یک منبع مهم فیبر رژیمی مورد توجه قرار گرفته است (7). محتوای فیبر نسبتاً کم سبوس برنج استفاده از این ماده را در خوراک دام تسهیل می‌کند زیرا در ازای تغییر زیاد محتوای پروتئین تغییر چندانی در محتوای فیبر ایجاد نمی‌کند(15).هم‌چنین دارای ترکیبات گیاهی بسیاری مانند توکوفرول[1]، توکوتری‌انول[2] و گاماآریازانول[3]. است که اثرات مفیدی بر سلامت انسان دارند. سبوس برنج شامل حداقل 78 درصد تیامین، 47 درصد ریبوفلاوین و 67 درصد نیاسین است و غنی از سایر ویتامین‌های گروه B و منبع مناسبی از مواد معدنی مثل کلسیم، منیزیم، روی، منگنز و آهن می‌باشد (12). سبوس برنج نسبت به سبوس سایر غلات از میزان فسفر بیشتری برخوردار است(4). محتوای خاکستر سبوس برنج عامل اصلی در تعیین کیفیت برنج آسیاب‌شده است که میزان آسیاب دانه برنج بر اساس مقدار خاکستر و چربی، درجه سفیدی و بازده برنج پولیش شده تعیین می‌شود (21).

1 -Tocopherol
2-Tocotrienols
3- Gamma-oryzanol

سبوس برنج کیفیت پروتئینی خوب و قابلیت هضم بالایی دارد (29). پروتئین سبوس برنج، لایزین بیشتری نسبت به پروتئین آندوسپرم آن یا پروتئین‌های موجود در سبوس سایر غلات دارد (23). پروتئین سبوس برنج در مقایسه با آندوسپرم برنج از میزان بیشتری آلبومین برخوردار است(38). آلبومین و گلوبولین 60 تا 71 درصد از پروتئین قابل استخراج سبوس و سبوس چربی‌گیری شده را تشکیل می‌دهند(30). سبوس برنج می‌تواند به عنوان یک ترکیب مناسب برای فرمولاسیون غذای کودک به کار رود، به طوری که افزودن متناوب آن به غذای کودک می تواند باعث کاهش ترکیبات آلرژن در غذای کودکان شود (10). گزارش شده که پروتئین سبوس برنج دارای ترکیباتی ضد سرطانی نیز است (25). سبوس برنج می‌تواند به عنوان یک غذا دارو در جلوگیری از بروز بیماری‌های قلبی، کبدی و سنگ کلیه دخیل باشد(22). هم‌چنین منبع غنی از الکل‌های تری‌ترپنی[4] است که می تواند به عنوان جزئی از داروها، لوازم آرایشی و غذاهای عملگر به کار رود(32).

در حال حاضر، کنسانتره پروتئینی سبوس برنج به علت دارا بودن مقادیر بالای اسید فیتیک (1/7 درصد) و فیبر(17) و هم چنین حلالیت کم پروتئین‌های موجود در آن (به علت وجود پیوندهای دی‌سولفیدی فراوان) به صورت صنعتی تولید نمی‌شود (31). چندی و سوگی(11) در سال 2007 به بررسی ویژگی‌های عملکردی کنسانتره پروتئینی سبوس برنج و مقایسه این ویژگی‌ها با کازئین شیر پرداختند.در تحقیقی دیگر گوپتا و همکاران (17) جهت دسترسی به کنسانتره‌های پروتئینی با حلالیت بیشتر استخراج را در بازه دمایی30 تا 75 درجه سانتیگراد انجام دادند و گزارش نمودند که بهترین دما برای دسترسی به حداکثر حلالیت 30 درجه سانتی گراد بود.

بخش عمده‌ای از ویژگی‌های عملکردی مربوط به پروتئین‌ها است که در اثر بر هم‌کنش آن‌ها با یون‌ها، حلال و سایر مولکول‌ها از جمله ساکاریدها، لیپیدها و پروتئین‌های دیگر ظاهر می‌شود (37). به عبارت دیگر منظور از ویژگی‌های عملکردی اجزای غذایی، یک سری ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی هستند که بر رفتار محصولات غذایی در طول فرآوری، تولید، نگهداری و آماده‌سازی تاثیر می‌گذارند. این ویژگی‌ها شامل ظرفیت جذب و نگهداری آب و روغن، حلالیت، ژلاتینه شدن، ویژگی‌های بین

4-Triterpene alcohols

سطحی، تشکیل فیلم، کف‌کنندگی و غیره می‌باشند(26). ویژگی‌های عملکردی براساس مکانیسم عمل به سه گروه تقسیم می‌شوند: الف) خواص مربوط به آبگیری مانند حلالیت، جذب آب و روغن. ب) خواص مربوط به ساختار پروتئینی مانند تشکیل ژل. ج) خواص مربوط به سطح پروتئین‌ها مانند تولید کف و امولسیون (31).

به طور کلی، هدف از انجام این پژوهش، تعیین ترکیب تقریبی سبوس برنج از نظر شیمیایی، ارزیابی مقدار پروتئین‌های محلول، ظرفیت تولید کف و امولسیون و بررسی تاثیر برخی از عوامل مانند pH بر ویژگی‌های کنسانتره پروتئینی سبوس برنج ایرانی می‌باشد. نتایج این پژوهش می‌تواند راه گشای استفاده از این ماده به عنوان منبعی ارزان و فراوان از پروتئین و سایر ترکیبات تغذیه‌ای مطلوب در فرآورده‌های مختلف صنایع غذایی می‌باشد. همچنین می‌توان ترکیبات عملگر مورد نیاز را از این منابع استخراج و همراه با ترکیبات دیگری نظیر آرد سایر غلات در محصولاتی چون انواع کیک و بیسکوئیت استفاده نمود.

2- مواد و روش‌ها

2-1- مواد

تمامی ترکیبات شیمیایی مصرفی در این پژوهش دارای درجه تجزیه‌ای بوده و از شرکت‌هایی چون سیگما و مرک تهیه گردیدند.

2-2- نمونه‌ها

در این پژوهش 2 نمونه سبوس روغن گیری نشده حاصل از ارقام برنج ایرانی شامل ندا و طارم‌هاشمی در سال زراعی 89-90 از یکی از کارخانه‌های شالیکوبی شهرستان بابل تهیه و در کیسه‌های پلاستیکی پلی اتیلنی مقاوم به نفوذ رطوبت و هوا بسته‌بندی شد و تا انجام آزمایشات در یک فریزر با دمای 10- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد.

2-3- آماده سازی نمونه

در ابتدا به منظور جداسازی پوسته، سبوس برنج روغن گیری نشده از الک شماره 80 عبور داده شد و سپس با استفاده از حلال n- هگزان [(دو مرتبه هر بار به مدت 45 دقیقه و نسبت سبوس به حلال 1 به 3 (وزنی– حجمی)] روغن گیری شد. سبوس برنج روغن‌گیری شده حاصل به مدت 24 ساعت در زیر هود قرار داده‌شد.

2-4-آزمون‌هایشیمیایی

میزان رطوبت، فیبر، پروتئین (N × 5/95)، چربی و خاکستر بر اساس روش استاندارد AOAC (2003) تعیین شد(6). مقدار کربوهیدرات نیز از حاصل تفاوت مقادیر سایر ترکیبات از 100 محاسبه‌شد.

2-5- استخراج کنسانتره پروتئینی

به منظور استخراج کنسانتره پروتئینی سبوس برنج از روش گوپتا و همکاران (17) استفاده شد. جهت استخراج کنسانتره پروتئینی سبوس برنج، صد گرم سبوس برنج روغن گیری شده و خشک شده را با آب مقطر به نسبت 1 به 5 (وزنی- حجمی) مخلوط کرده، با استفاده از محلول هیدروکسید سدیم 0/5 مولار pH محلول را به 9/5 رسانده و به مدت یک ساعت در دمای محیط هم زده و سپس مخلوط در 12600×g به مدت ده دقیقه سانتریفوژ شد. سپس محلول رویی جدا و pHآن با استفاده از اسیدکلریدریک به 4/5 رسانده و برای نیم ساعت هم زده و یک شب در دمای 4 درجه سانتیگراد برای رسوب پروتئین‌ها نگه داشته شد. سپس لایه رویی مخلوط با دقت از پروتئین‌های رسوب داده شده جدا شد، پروتئین‌های رسوب‌یافته با آب مقطر شسته و خنثی شدند و با استفاده از خشک کن انجمادی (اوپرون، کره جنوبی) خشک شدند.

2-6- حلالیت پروتئین

بدین منظور، سوسپانسیون یک درصد وزنی– حجمی با آب مقطر از کنسانتره پروتئینی سبوس برنج تهیه و pH آن با استفاده از اسیدکلریدریک یا هیدروکسید سدیم نیم نرمال به 2 تا 12 رسانده و به مدت 30 دقیقه هم زده شد. سپس به مدت یک شب در دمای 4 درجه سانتی‌گراد قرار داده و در مرحله بعد در 20000× g به مدت 20 دقیقه سانتریفوژ گردید. محلول رویی حاصل صاف و محتوای پروتئین با استفاده از روش لوری و همکاران (28) تعیین شد، بدین صورت که یک گرم از محلول رویی جدا شده جهت آزمون میزان پروتئین در روش کلدال به کار رفت.

جدول 1- ترکیب شیمیایی سبوس برنج چربی گیری نشده بر حسب وزن مرطوب (درصد)

نمونه/ترکیب	پروتئین	چربی	خاکستر	رطوبت	فیبر	کربوهیدرات
ندا	17/33±0/05[b]	15/53±0/14[a]	11/81±0/10[a]	9/67±0/47[b]	8/13±0/01[b]	37/53±0/40[a]
طارم	18/02±0/04[a]	15±0/03[b]	11/44±0/11[a]	12/03±0/12[a]	8/8±0/23[a]	34/71±0/46[b]

در هر ستون اعداد با حروف یکسان دارای تفاوت معنی داری نیستند(p≥0/05).

2-7- ظرفیت امولسیون کنندگی و پایداری امولسیون

به منظور تعیین ظرفیت امولسیون کنندگی و پایداری امولسیون کنسانتره پروتئینی سیوس برنج از روش گوپتا و همکاران(17) استفاده شد. جهت تعیین ظرفیت امولسیون کنندگی، نیم گرم کنسانتره پروتئینی و 50 میلی لیتر بافر سیترات (0/5 مولار- تنظیم شده در 9- 7- 5=pH) و 10 میلی لیتر روغن ذرت تصفیه شده در یک مخلوط‌کن ریخته شد. سوسپانسیون حاصل به مدت دو دقیقه مخلوط و بلافاصله به یک استوانه مدرج 100 میلی لیتری انتقال داده‌شد. جهت تعیین پایداری امولسیون، حجم کل سوسپانسیون و ارتفاع امولسیون در یک دوره یک هفته‌ای اندازه‌گیری شد. ظرفیت امولسیون کنندگی(درصد) از رابطه زیر تعیین شد:

$$\text{رابطه (1)} \quad \frac{\text{حجم لایه امولسیون}}{\text{حجم کل مخلوط}} \times 100$$

2-8- ظرفیت کف‌کنندگی و پایداری کف

به منظور تعیین ظرفیت کف‌کنندگی و پایداری کف کنسانتره پروتئینی سیوس برنج از روش گوپتا و همکاران (17) استفاده شد. نیم گرم کنسانتره پروتئینی را به درون یک مخلوط کن ریخته و 50 میلی لیتر بافر سیترات (0/5 مولار- تنظیم شده در 9- 7- 5 =pH) به آن افزوده شد. سوسپانسیون حاصل به مدت دو دقیقه مخلوط و سریعا به یک استوانه مدرج 100 میلی لیتری انتقال داده شد. حجم کف تا مدت زمانی که نیمی از کف‌ها متلاشی شدند یادداشت شد. ظرفیت کف‌کنندگی(درصد) از رابطه زیر محاسبه شد:

$$\text{رابطه (2)} \quad \frac{\text{حجم کف تولید شده}}{\text{حجم کل محلول}} \times 100$$

پایداری کف نیز مدت زمانی است که حجم کف به نیمی از مقدار اولیه کاهش یابد.

2-9- تجزیه و تحلیل آماری

تمامی نتایج حاصل از این پژوهش با استفاده از نرم افزار SAS (version 2001) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون t در سطح احتمال 5درصد استفاده گردید. رسم نمودارها با نرم افزار Excel صورت گرفت. تمامی آزمایشات حداقل در سه تکرار انجام شد.

3- نتایج و بحث

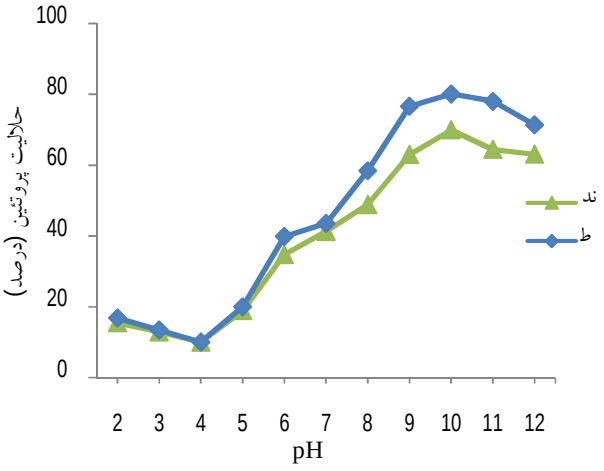
3-1- ترکیب شیمیایی سبوس برنج

ترکیب شیمیایی رقم‌های سبوس برنج مورد استفاده در این تحقیق در جدول 1 نشان داده شده است.

سبوس‌های مورد مطالعه به لحاظ مقدار رطوبت، پروتئین، چربی، فیبر و کربوهیدرات اختلاف معنی‌داری با یکدیگر داشتند (p ≤0/05). میزان پروتئین و چربی در رقم‌های سبوس برنج چربی گیری شده به ترتیب برای رقم ندا 18/24 و 4/01 و برای رقم طارم 19/03 و 2/51 درصد بود. باتاچاریا (8) مقدار چربی سبوس برنج چربی‌گیری نشده را13 تا 23 درصد، فیبر را 6 تا 14 درصد، پروتئین را 14 تا 17 درصد و خاکستر را در محدوده6/68 تا 11/55 درصد گزارش نمود. آمیساه و همکاران (4) نیز مقدار کربوهیدرات سبوس برنج را حدود 26/61 تا 46/34 درصدگزارش کردند. پراکاش و رامانتاهام (33) گزارش کردند که سبوس برنج چربی گیری شده شامل 5/8 درصد رطوبت، 17/5 درصد پروتئین، 13/8 درصد خاکستر، 6/6 درصد فیبر خام است در حالی که کاهلون و همکاران (24) وولز (41) میزان خاکستر، چربی، پروتئین و فیبر را در سبوس برنج چربی گیری شده به ترتیب از 17/7-8، 29/6- 12/8، 17/2- 11/5و 31/5-6/2 درصد گزارش کردند. ساندرس (35) میزان پروتئینرا 6/9 درصد، چربی را 15 تا 20 درصد، فیبر را 0/5 تا 1/5 درصد و خاکستر را 9 تا12 درصدگزارش کرد. نتایج این تحقیق کاملاً با یافته‌های این محققین هم‌خوانی داشت.

3-2- حلالیت پروتئین

میزان حلالیت پروتئین در pHهای مختلف (12-2) برای کنسانتره‌های استخراج شده از سبوس برنج در شکل 1 نشان داده شده است.



شکل1- میزان حلالیت کنسانتره‌های پروتئینی سبوس برنج در pHهای مختلف

حلالیت به عنوان اولین شاخص اندازه‌گیری ویژگی‌های عملکردی پروتئین‌ها مطرح می‌باشد. حلالیت یا قابلیت استخراج پروتئین‌ها عنوان درصدی از مقدار کل پروتئین اطلاق می‌شود که به وسیله آب یا یک حلال مناسب در شرایط خاص قابل استخراج است.کمترین میزان حلالیت پروتئین در pH= 4 که برابر با pH ایزوالکتریک کنسانتره‌های پروتئینی سبوس برنج است مشاهده‌شد در حالی که بیشترین میزان حلالیت پروتئین در pH= 10 دیده‌شد. با افزایش pH از 4 تا 10 افزایش قابل ملاحظه‌ای در مقدار حلالیت پروتئین مشاهدهشد که این افزایش حلالیت با افزایش pH در گزارشات گناناسامباندام و هیتراچی (16) نیز دیده‌شد. بیشترین حلالیت پروتئین در رقم ندا با میزان 69/97 درصد و در رقم طارم با میزان 80/13 در pH=10 مشاهده‌شد، در حالی که در pH ایزوالکتریک که در هر دو رقم برابر 4 بود میزان حلالیت پروتئین برای رقم ندا 9/99 و برای رقم طارم 10/01 درصد بود. گوپتا و همکاران (17) نیز بیشترین حلالیت کنسانتره پروتئینی سبوس برنج را در pH=10 و کمترین حلالیت را در pH= 4 (pH ایزوالکتریک) مشاهده‌کردند. تری کولکایت و همکاران (40) بیشترین میزان حلالیت پروتئین سبوس برنج را در pH= 9 با میزان 66/74 درصد و کمترین مقدار را در pH= 4 میزان 10/75 درصد گزارش کردند. دلیل کاهش حلالیت در نقطه ایزوالکتریک کاهش نیروی دافعه در بین اسیدهای آمینه تشکیل‌دهنده پروتئین و توازن بین یون‌های مثبت و منفی و در نتیجه، کاهش نیروی دافعه الکترواستاتیک و کاهش حلالیت پروتئین عنوان شده‌است. بیشترین حلالیت پروتئین که درpH9= یا pH=10 دیده‌شد ممکن است به خاطر بارهای منفی مولکول‌های پروتئینی در این pH باشد که در نتیجه آن افزایش نیروهای دافعه و واکنش بیشتر با مولکولهای آب را به دنبال دارد. همچنین در این حالت میزان زنجیره‌های جانبی آب‌گریز کاهش یافته و آبگیری یونی به ویژه در مقادیر بالاتر pH بیشتر می‌شود(42). با این حال در برخی رقم‌ها مانند رقم ندا مقدار حلالیت پروتئین در بیشترین مقدار حلالیت در مقایسه با برخی از تحقیقات میزان مطلوبی نیست که احتمالا ناشی از واکنش پروتئین‌ها با دیگر ترکیبات موجود در کنسانتره پروتئینی سبوس برنج باشد(18 ، 23).

بر طبق نظر آدبوال و لاوال (2) اختلاف در ساختار حلالیت نمونه‌های مختلف احتمالاً به دلیل اختلاف در ترکیب فیزیکوشیمیایی آن‌ها می‌باشد. از دلایل دیگر اختلاف ساختار حلالیت پروتئین‌ها می‌توان به میزان توازن بین نسبت آب‌دوستی و آب‌گریزی اشاره نمود که به ترکیب اسیدهای آمینه خصوصاً درسطح پروتئین بستگی دارد. دناتوره شدن نیز ممکن است به دلیل تغییر در نسبت ذکر شده، حلالیت پروتئین را تحت تاثیر قرار دهد(31).

3-3- ظرفیت امولسیون کنندگی و پایداری امولسیون

امولسیون‌ها به خاطر حضور گروه‌های آب‌دوست و آب‌گریز پروتئین‌ها تشکیل می‌شوند (11). ظرفیت امولسیون کنندگی به شاخص قابلیت پراکندگی پروتئین، میزان بخش آب‌دوست، تفاوت در ترکیب پروتئین کل (نسبت پروتئین محلول به غیر محلول) و میزان حلالیت نیتروژن بستگی دارد (20). پروتئین‌ها به عنوان امولسیفایر مناسب در تشکیل یک فیلم یا یک لایه نازک اطراف قطرات ریز روغن در محیط آبی عمل می‌کنند ولذا از تغییرات ساختاری مثل الحاق[5]، خامه‌ای شدن[6]، لخته شدن[7] و رسوب جلوگیری می‌کنند (10). البته فعالیت امولسیون کنندگی

1- coalescence
2- creaming
3- flocculation

به میزان روغن باقی مانده در نمونه و تفاوت نمونه در سایر ترکیبات مثل کربوهیدرات نیز بستگی دارد.عواملی نظیر جرم مولکولی، خاصیت آب‌گریزی، بار و فاکتورهای فیزیکوشیمیایی (pH، قدرت یونی و دما) در قابلیت امولسیون‌کنندگی پروتئین‌ها نقش دارند (31).

رفتار امولسیون کنندگی کنسانتره پروتئینی سبوس‌های برنج در سه pH 5، 7 و 9در شکل‌های 2 و 3 نشان داده شده است. نتایج نشان داد که کنسانتره پروتئینی سبوس برنج ظرفیت امولسیون کنندگی خوبی با حجم امولسیون 37 درصد در pH اسیدی (شکل‌های 2 الف و 3 الف) و 30 و 33 درصد در pH قلیایی به ترتیب برای رقم ندا و طارم (شکل‌های 2 ج و 3 ج) دارد. چندی و سوگی(11) نیز در نتایج خود روند افزایش یا کاهش یکنواختی را در حین افزایش pH از حالت اسیدی به قلیایی مشاهده نکردند. همین مشاهدات نیز در تحقیق گوپتا و همکاران(17) حاصل شد. البته تری کولکایت و همکاران(40) افزایشی در ظرفیت امولسیون کنندگی و پایداری امولسیون با افزایش pH مشاهده کردند که این حالت را به افزایش حلالیت پروتئین‌هادر pHهای بالاتر نسبت دادند. کمترین میزان امولسیون کنندگی در نقطه ایزوالکتریک مشاهده شد که این کاهش عمدتا به کاهش حلالیت پروتئین در این pH نسبت داده می‌شود(34).

برخی پژوهشگران معتقدند تنها افزایش حلالیت پروتئین باعث افزایش قدرت امولسیون کنندگی نمونه نمی‌شود و به عوامل دیگری نظیر بار خالص، pH، کشش سطحی، شکل فضایی پروتئین، غلظت نمک و غلظت پروتئین نیز مرتبط است (42،3). هم‌چنین آدبووال و لاوال (1) اختلاف در فعالیت امولسیونی را به دلیل بر هم کنش ترکیبات دیگر نمونه با پروتئین و با یکدیگر نسبت داده اند. به عنوان مثال میزان بالای کربوهیدرات را دلیل کاهش این خاصیت پیش‌بینی نموده‌اند.

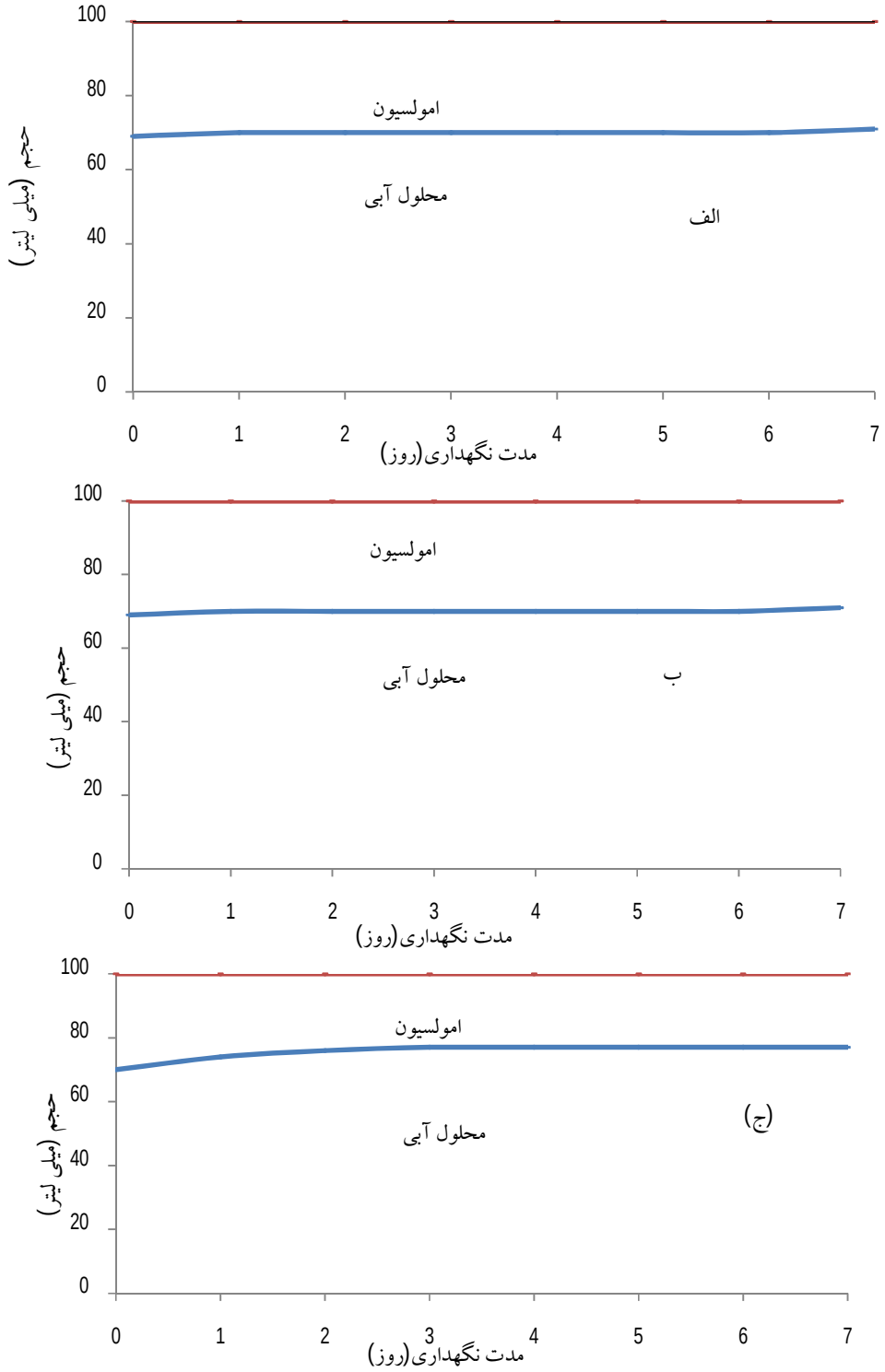
روند پایداری تمامی امولسیون‌ها بعد از روز دوم به صورت خطی مسطح دیده‌شد (شکل‌های 2 و 3). همه امولسیون‌ها به صورت کاملاً مشهودی پایدار و مستحکم بودند به طوری که طی روزهای مختلف انجام این آزمایش (7 روز) شکستگی و از هم پاشیدگی‌ای در آنها مشاهده نشد، در حالی که چندی و سوگی (11) در تحقیق خود تنها در pH= 9 امولسیون پایداری را بعد از گذشت هفت روز مشاهده کردند و دو امولسیون دیگر اسیدی و قلیایی در طی این دوره دو فاز (ناپایدار) شدند.

همان طور که از این دو شکل مشاهده می‌شود بیشترین میزان امولسیون کنندگی در pH اسیدی دیده شد در حالی که چندی و سوگی (11) بیشترین میزان امولسیون کنندگی را در pH خنثی مشاهده کردند.

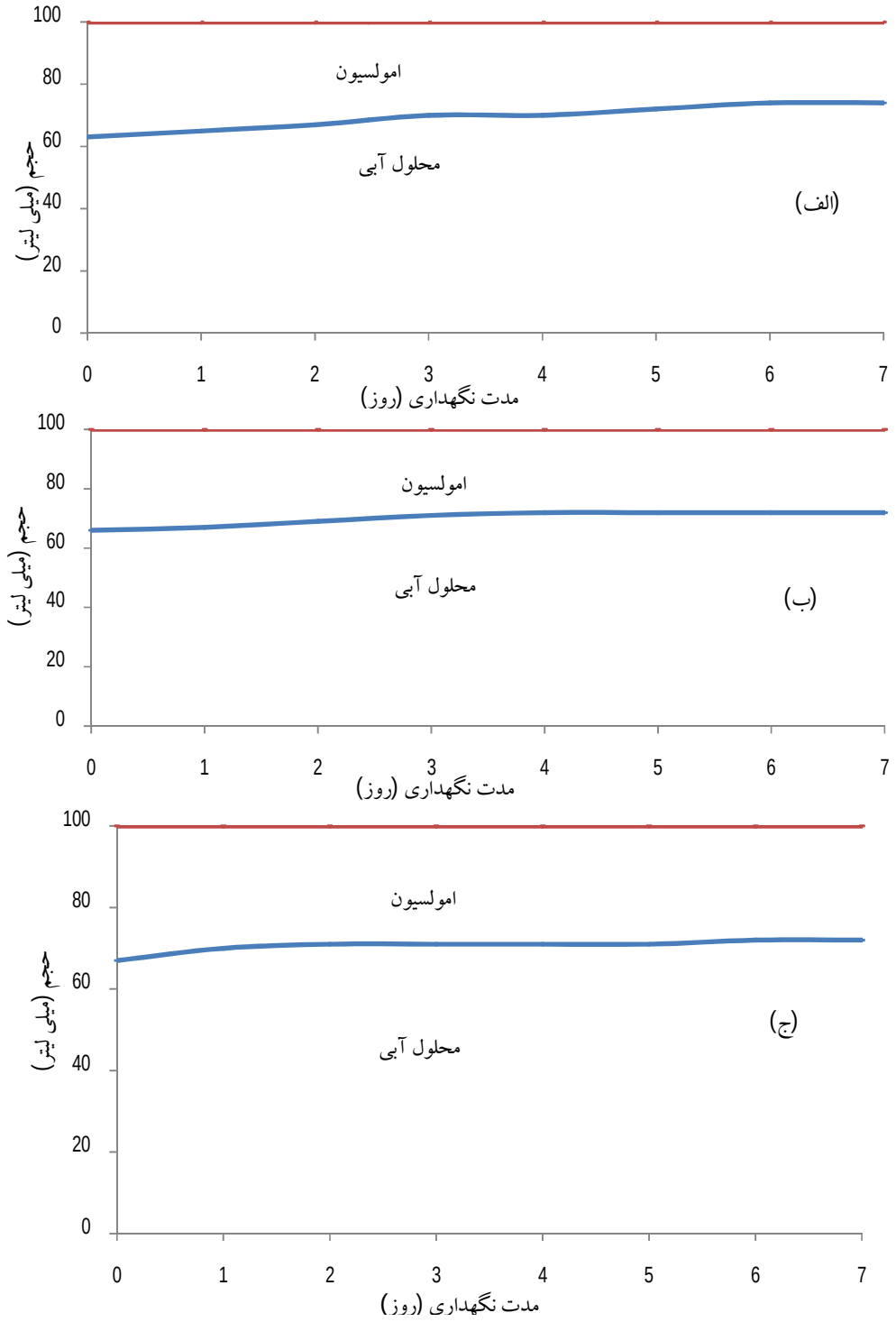
کاهش در مقدار پایداری امولسیون با گذشت زمان ممکن است به دلیل تماس بیشتر بین مولکول‌ها و در نتیجه تجمع (لخته شدن) و به هم‌پیوستن قطرات روغن به عنوان فاز پراکنده باشد. بر اساس تحقیقات زایاس (42) فاکتورهای متفاوتی نظیر pH، اندازه ذرات، بار خالص، کشش بین سطحی، ویسکوزیته و شکل فضایی پروتئین در پایداری امولسیون مؤثر هستند.

3-4- ظرفیت کف‌کنندگی و پایداری کف

ظرفیت کف‌کنندگی بر اساس توانایی پروتئین در کاهش تنش‌سطحی، انعطاف‌پذیری مولکولی و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی (خواص آب‌دوستی، بار و توزیع آن و خواص هیدرودینامیکی) تعیین می‌شود. بر اساس نظر آدبووال و لاوال (2) افزایش غلظت نمونه، واکنش‌های پروتئین- پروتئین را تشدید می کند که موجب افزایش ویسکوزیته شده و تشکیل یک فیلم پروتئینی چند لایه متصل به سطح آن را تسهیل می‌کند. هم‌چنین افزایش در غلظت نمونه می‌تواند منجر به تولید فیلم‌های ضخیم تر شود. پایداری کف مدت زمانی است که کف تولیدی بر اثر عواملی مانند نیروی جاذبه و تنش‌های مکانیکی به 50 درصد حجم اولیه خود کاهش یابد (13). بالا بودن پایداری کف سبوس برنج بیانگر فعالیت سطحی خوب پروتئین‌های طبیعی محلول در فاز پیوسته (آب) است. علاوه بر کمیت پروتئین ماهیت پروتئین نیز روی توانایی کف کنندگی مؤثر است (5).



شکل 2- ظرفیت امولسیون کنندگی و پایداری امولسیون کنسانتره پروتئینی سبوس برنج ندا در یک دوره 7 روزه تحت تیمار pH (الف- pH=5) و(ب- pH= 7) و (ج- pH= 9).



شکل3- ظرفیت امولسیون کنندگی و پایداری امولسیون کنسانتره پروتئینی سبوس برنج طارم در یک دوره 7 روزه تحت تیمار pH (الف- pH= 5) و(ب- pH= 7) و (ج- pH= 9).

جدول 2- ظرفیت کف‌کنندگی کنسانتره‌های پروتئینی سبوس برنج(درصد).

نمونه	=pH5	=pH7	=pH9
ندا	16/72 ±0/ 66[b]	18/99 ±0/33[b]	23/92 ±0/46[b]
طارم	40/10 ±0/59[a]	37/03 ±0/52[a]	40/57 ±0/90[a]

در هر ستون اعداد با حروف یکسان دارای تفاوت معنی داری نیستند(p≥0/05).

جدول 3- پایداری کف (نیمه عمر) کنسانتره‌های پروتئینی سبوس برنج (دقیقه).

نمونه	=pH 5	=pH 7	=pH 9
ندا	43/83±1/10[a]	47±0/51[a]	38±0/89[a]
طارم	38/16±1/07[b]	43/13±0/47[b]	33±1/54[b]

در هر ستون اعداد با حروف یکسان دارای تفاوت معنی‌داری نیستند(p≥0/05).

ظرفیت کف‌کنندگی کنسانتره‌های پروتئینی سبوس در رقم‌های مختلف برنج در محدوده بین 16/72 تا 40/57 درصد بود (جدول 2). میزان کف‌کنندگی سبوس‌های روغن گیری شده مورد مطالعه نسبتاً کم و با پایداری زیاد همراه بود. تشکیل کف نیاز به پروتئین‌هایی دارد که توانایی انحلال در فاز پیوسته(آب) را داشته و به سرعت باز شوند و تشکیل یک لایه چسبنده در اطراف ذرات گاز/ هوا دهند (39). در کنسانتره پروتئینی سبوس ندا با افزایش pH از اسیدی به قلیایی میزان کف‌کنندگی افزایش پیدا کرد (جدول2). گوپتا و همکاران (17) افزایش ظرفیت کف‌کنندگی در pH قلیایی را به افزایش حلالیت بیشتر پروتئین‌ها و بازآرایی ساختار پروتئین‌ها نسبت دادند که این حالت در مورد کنسانتره ندا صادق نبود. پروتئین سبوس برنج کهpH ایزوالکتریکی برابر 4/5 دارد که این عامل می‌تواند دلیلی بر ظرفیت کم کف‌کنندگی این رقم در pH اسیدی باشد. لاوال(27) و سینا و سریدهار (36) کاهش کف‌کنندگی در pH ایزوالکتریک و pHهای اسیدی نسبت به pH قلیایی را به فشرده تر بودن پروتئین‌ها در این محدوده pH نسبت داده اند. همچنین النصری و تینای (14) ظرفیت کف‌کنندگی بیشتر در pHهای قلیایی نسبت به اسیدی را به افزایش بار خالص پروتئین نسبت داده اند که واکنشهای آب‌گریزی را ضعیف کرده و با افزایش حلالیت و انعطاف پذیری پروتئین، پراکندگی آن را در فضای بین هوا- آب تسریع کرده و باعث به دام افتادن ذرات هوا شده و در نتیجه میزان کف‌کنندگی بیشتر می‌شود.

پایداری کف معمولاً عامل مهمی در فرآورده‌های غذایی است که تا هنگام مصرف به مقدار کم و در شرایط سرد انبار می‌شوند. پایداری کف که بر حسب نیمه عمر کف آنها حاصل شد در جدول 3ارائه شده است. همان طورکه مشاهده می‌شود بیشترین پایداری در pH= 7 دیده شد که رقم ندا پایداری بیشتری نسبت به رقم طارم داشت. با افزایش pH از اسیدی به سمت خنثی پایداری افزایش و از خنثی به قلیایی کاهش یافت. تفاوت معنی داری نیز در پایداری کف بین این دو کنسانتره پروتئینی در pHهای مختلف مشاهده شد. گوپتا و همکاران (17) نیم عمر پایداری کف را برای کنسانتره‌های پروتئینی سبوس برنج استخراج شده در دماهای مختلف بین 11 تا 180 دقیقه گزارش کردند. چندی و سوگی (11) نیز پایداری کف را در کنسانتره‌های سبوس برنج بین 4 تا 5 ثانیه تا 4/5 ساعت درpH = 5 به دست آوردند.

4 – نتیجه‌گیری

نمونه کنسانتره پروتئینی حاصل از دو رقم برنج ندا و طارم از نظر ویژگی‌های عملکردی و ترکیب شیمیایی اختلاف معنی داری با یکدیگر داشتند(p<0/05). می‌توان گفت که میزان بالای پروتئین موجود در نمونه صرفاً دلیل بر بهتر بودن ویژگی‌های عملکردی آن نمی‌باشد 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 می‌باشد. حلالیت پروتئین کنسانتره سبوس هر دو رقم برنج با افزایش pH از نقطه ایزوالکتریک افزایش یافت. کنسانتره پروتئینی سبوس

برنج ظرفیت کف‌کنندگی کمی داشت در حالی که از پایداری خوبی برخوردار بود. امولسیون‌های به دست آمده از کنسانتره‌های پروتئینی هر دو رقم سبوس برنج نیز پایداری خوبی را در pHهای مختلف از خود نشان دادند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که کنسانتره پروتئینی سبوس برنج با داشتن ویژگی‌های عملکردی مناسب، می‌تواند ترکیب غذایی مناسبی برای مصرف انسان باشد و هم‌چنین پتانسیل بالقوه مناسبی برای استفاده در فرمولاسیون‌های غذایی جدید دارد.

5- منابع

1- Adebowale, K. O. and Lawal, O. S. 2003. Foaming, gelation and electrophoretic characteristics of mucuna bean (*Mucunapruriens*) protein concentrate. *Food Chemistry*, 83, 237–246.

2- Adebowale, K. O. and Lawal, O. S. 2004. Comparative study of the functional properties of bambarra groundnut (*Voandzeia subterranean*), jack bean (*Canavaliaensiformis*) and mucuna bean (*Mucunapruriens*) flours. *Food Research International*, 37(4): 355-365.

3- Adebowale, Y. A. Adeyemi, I. A. and Lawal O. S. 2005. Functional and physicochemical properties of flours of six Mucuna species.*African Journal of Biotechnology*, 4; 1461-1468.

4- Amisah, J. G. N. Ellis, W. O. Oduro, I. and Manful, J. T. 2003. Nutrient composition of bran from new rice varieties under study in Ghana.*Food Research Institute*, 14, 21-24

5- Anderson, A. K. and Guraya, H. S. 2001. Extractability of protein in physically processed rice bran. *Journal of the American Chemical Society*, 78, 969-972.

6- Association of Official Analytical Chemists (AOAC) 2003. Official methods of analysis.14th edition. Washington, DC.

7- Azizah, A. H. and Yu, S. L.2000. Functional properties of dietary fiber prepared from defatted rice bran. *Food Chemistry*, 68; 15-19.

8- Bhattacharya, K. R. 1988. Rice bran: Regional Extension Service Centre (Rice Milling) Scientific Series No. 7. *Department of Food Government of India*. CFTRI, Mysore 570013.

9-Boye, J. Zare, F. and Pletch, A. 2009. Pulse proteins: processing, characterization, functional properties and applications in food and feed. *Journal Food Research International*, 43, 617-634.

10- Burks, A. W. and Helm, R. M. 1994. Hypoallerginicity of rice protein. In: Presented at annual meeting of the America Association of *Cereal Chemists*. Nashville, TN.

11- Chandi, G. K. and Sogi, K. D. 2007. Functional properties of rice bran protein concentrates. *Journal of Food Engineering*, 79, 592-597.

12- Chen, M. H. and Bergman C. J. 2005. Influence of kernel maturity, milling degree, andmilling quality on rice bran phytochemical concentration. *Cereal Chemistry*, 82, 4-8.

13- Cherry, J. P. and McWatters, K. H. 1981. Whippability and aeration.In Cherry, J. P. (Ed.), Protein functionality in foods, ACS symposiumseries 147 (p. 149). Washington, DC: *American Chemical Society*.

14- El Nasri, N. A. and Tinay, A. H. 2007. Functional properties of fenugreek (*Trigonellafoenumgraecum*) protein concentrate. *FoodChemistry*, 103; 582-589.

15- FAO 1964. Rice bran: Utilization and trade. FAO Monthly Bulletin of Agricultural Economics and Statistics. 13, 9–14.

16- Gnanasambandam, R. and Hettiarachchy, N. S. 1995. Protein concentrates of non heat stabilized rice bran, Preparation and properties. Journal of *Food Science*, 60, 1066-1069.

17- Gupta, S., Chandi, G. K. and Sogi, D. S. 2008. Effect of extraction temperature on functional properties of rice bran protein concentrates. International Journal of *Food Engineering*, 66: 103-116.

18- Hamada, J. S. 1997. Characterization of protein fractions of rice bran to devise effective methods of protein solubilization.*CerealChemistry*, 74; 662-668.

19- Hangmoungjai, P., Pyle, D. L. and Nirinjan, K. 2001. Enzymatic process for extracting oiland protein from rice bran.*Journal of the American Oil chemist society*, 78, 817-821.

20- Heywood, A. A. Meyers, D. J. Bailey, T. B. and Johnson, L. A. 2002. Functional properties of extruded-expelled soybean flours from value-enhanced soybeans. JAOCS, 79, 699-702.

21- Hogman, J. T. and Deobald, H. J. 1961. Note on a method of determining the degree of milling of whole milled rice. *CerealChemistry*, 38, 291.

22- Jariwalla, R. J. 2001. Rice-bran products: phytonutrients with potential applications in preventive and clinical medicine. Drugs Experimental *ClinicalResearch*. 27, 17–26.

23- Juliano, B. O. 1985. Rice bran, pp. Phytochemistry, 2; 647-687.

24- Kahlon, T. S. Saunders, R. M. Chow, F. I. and Betschart, A. A. 1990. Influence of rice bran, oat bran and wheat bran on cholesterol and

35- Saunders, R. M. 1990. The properties of rice bran as a food stuff. *CerealFoods World*, 35, 632-636.

36- Seena, S. andSridhar, K. R. 2005. Physicochemical, functional and cooking properties of under explored legumes, Cannavalia of the southwest coast of India.*Food Research International*, 38; 803-814.

37- Sikorski, Z. E. 2002. Chemical and functional properties of food components. Florida, CRC Press.

38- Tanaka, K. Yoshida, T. Asada, K. and Kasai, Z. 1973. Subcellular particles isolated from aleurone layer of rice seeds. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 155, 136–143.

39- Tang, S. Hettiarachchy, N. S. Horax, R. and Eswaranandam, S. 2003. Physicochemical properties and functionality of rice bran protein hydrolyzate prepared from heat stabilized defatted rice bran with the aid of enzymes. *Journal of Food Science*, 68, 152-157.

40- Theerakulkait, C. Chaiseri, S. and Mongkolkanchanasiri, S. 2006. Extraction and some functional properties of protein extract from rice bran. *Journal of Natural Science*, 40; 209-214.

41- Wells, J. H. 1993. Utilization of rice bran and oil in human diets.*Louisiana agriculture*, 36 (3), 5-8.

42- Zayas, J. F. 1997. Functionality of proteins in food.Springer-Verlag Heidelberg, New York.373 p.

triglycerides in hamsters. *Cereal Chemistry*, 67, 439-443.

25- Kawamura, Y. and Muramoto, M. 1993. Antitumorigenic and immunoactiveprotein and peptide factors in food stuff. 2. Antitumorigenic factors in rice bran. In Gupta, S. Chandi, G. K. and Sogi, D. S. 2008. Effect of extraction temperature on functional properties of rice bran protein concentrates. International *Journal of Food Engineering*, 66: 103-116.

26- Kinsella, J. E. 1981. Functional properties of proteins: Possible relationships between structure and function in foams. *FoodChemistry* 7(4): 273-288.

27- Lawal, O. S. 2004. Functionality of Africa locust bean (*parkiabiglobossa*) protein isolate; effects of pH, ionic strength and various protein concentrate. *FoodChemistry*, 86; 345-355.

28- Lowry, O. H. Rosebrough, N. J. Farr, A. C. and Randal, R. J. (1951). Protein analysis with folin–phenol reagent.*Journal of Biological Chemistry*, 193, 265–275.

29- Marshall, W. E. 1993. Utilization of rice bran/hulls in value added products. Proceedings of rice utilization workshop developing innovative, non conventional uses of rice.August 5-6, 1993, New Orleans, L. A. pp. 68-76.

30- Mitsuda, H. Kawai, F. Suzuki. A. and Honjo, J. 1977. Studies on the production of a protein-rich fraction from rice bran by means of fractional sedimentation of n-hexane.In Barber. S. Mitsuda, H. Desikachar, H. S. R. and Tortosa, E. (Eds.), Rice report 1976 (pp. 67– 73). Valencia, Spain: Institute. AgroquimTecnol. Aliment.

31-Moure, A. Sineuro, J. Dominguez, H. Parajo, J. C. 2006. Functionality of oilseed protein products: A review. *Journal Food Research International*. 39, 945-963.

32- Paraddo, J. Miramontes, E. Jover, M. Gutierrez, J. F. Teran, L. C. D. and Bautista, J. 2006. Preparationof a rice bran enzymatic extract with potential use as functional food.*Journal of FoodChemistry*.98, 742 -748.

33- Prakash, J. and Ramanatham, G. 1994. Effect of stabilization of rice bran on nutritional quality of protein concentrates. International *Journal of Food Science and Nutrition*, 46, 177-184.

34- Ragab, D. M. and Babiker, E. E. 2007. Fractionation, solubility and functional properties of cowpea (*vignaunguiculata*) properties as affected by pH and/or salt concentration, *FoodChemistry*; 84; 207-211.