مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

استخراج و بررسی ویژگی‌های عملکردی پروتئین سبوس برنج و امکان استفاده از آن به عنوان جایگزین پروتئین شیر در دسر لبنی کم‌چرب فراسودمند

عاطفه محمدی[۱]، سید احمد شهیدی[۲*]، علی رافع[۳]، شهرام نقی زاده رئیسی[٤]، آزاده قربانی حسن سرایی[٥]

۱- دانشجوی دکترا،گروه علوم و صنایع غذایی، واحد آیت ا... آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران.

۲- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد آیت ا... آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران.

۳- دانشیار، گروه فرآوری مواد غذایی، مؤسسه علوم و صنایع غذایی، مشهد، ایران.

٤- استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد آیت ا... آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران.

٥- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد آیت ا... آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران.

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱٤۰۰/۱۰/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱٤۰۰/۱۲/۰۳

کلمات کلیدی:

دسر لبنی کم‌چرب،

پروتئین سبوس برنج،

ویژگی‌های عملکردی،

بافت.

DOI: 10.52547/fsct.19.124.157

DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.123.7.2

* مسئول مکاتبات:

sashahidy@yahoo.com

چکیده

پروتئین سبوس برنج یک پروتئین گیاهی ارزشمند است که به دلیل دارا بودن ویژگی‌های هایپوآلرژنیک، تغذیه‌ای و عملکردی قابل‌قبول، در سال‌های اخیر مورد توجه زیادی قرار گرفته است. در این پژوهش با هدف تولید دسر لبنی کم‌چرب برای مصرف کودکان حساس به پروتئین شیر، پروتئین سبوس برنج با روش قلیایی از سبوس برنج رقم چمپا استخراج و بعد از بررسی ویژگی‌های عملگری شامل حلالیت، ظرفیت و پایداری کف، ظرفیت جذب آب/روغن و ویژگی‌های امولسیفایری، به‌جای پروتئین شیر برای تهیه دسر لبنی استفاده شد. تأثیر این جایگزینی بر ویژگی‌های فیزیکو شیمیایی، حسی و بافت دسر مورد بررسی قرار گرفت. ویژگی‌های عملکردی پروتئین سبوس برنج به‌طور معنی‌داری به pH محیط بستگی داشت (P< ۰/۰۵). ظرفیت جذب آب ٤/۲۱ گرم بر گرم و جذب روغن ۳/۸۷ گرم بر گرم بود. نتایج مربوط به ویژگی‌های عملکردی بیانگر قابلیت استفاده از پروتئین سبوس برنج به‌عنوان جزئی از فرمولاسیون غذاهای فراسودمند ازلحاظ عملکردی می‌باشد. جایگزینی پروتئین سبوس برنج با پروتئین شیر در دسر لبنی کم‌چرب منجر به افزایش شاخص زردی و کاهش شاخص سفیدی دسر شد، pH دسر کم شد ولی آب اندازی تغییر معنی‌دار نکرد. ویژگی بافتی شامل کار کل، سختی، پیوستگی و چسبندگی و همچنین ویژگی‌های حسی دسر لبنی حاوی پروتئین سبوس برنج کاهش معنی‌داری نسبت به نمونه دسر حاوی پروتئین لبنی داشتند (P< ۰/۰۵).

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-29]

[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.124.23.0]

[DOI: 10.52547/fsct.19.124.157]

۱- مقدمه

در حال حاضر شیر گاو متداول‌ترین منبع پروتئینی است که در غذای کودکان استفاده می‌شود. برای درمان کودکانی که حساسیت به پروتئین شیر گاو دارند از فرمول‌های هیدرولیز شده بر پایه شیر یا غذاهای بر پایه سویا [۱] استفاده می‌شود. گران بودن،غیرقابل دسترس بودن وطعم و مزه ضعیف هیدرولیزات استفاده از آن را محدود کرده است، برخی از این کودکان به پپتیدهای شیر گاو موجود در هیدرولیزات [۳-۱] و تعدادی هم به پروتئین سویا حساسیت دارند [۲-۱]. از طرف دیگر تقاضا برای منابع نسبتاً ارزان پروتئینی که بتوان از آنها در محصولات غذایی ارزش‌افزوده استفاده نمود، در حال افزایش است. پژوهش‌های زیادی در سطح جهان در مورد انواع مختلف پروتئین‌های گیاهی انجام شده است [۸-٤]. پروتئین‌های گیاهی می‌توانند ارزش تغذیه‌ای محصولات غذایی را با هزینه پایین افزایش دهند [۸]. استفاده از پروتئین‌های گیاهی در مواد غذایی منجر به توسعه فرمول‌های جدید با ارزش تغذیه‌ای بهتر، پایداری و بافت مطلوب می‌شود. ایزوله پروتئینی نه‌تنها اسید آمینه‌ها را می‌افزاید بلکه در خواص عملکردی و بافتی نیز تأثیرگذار است [۹].

سبوس برنج به‌عنوان یک محصول جانبی کم‌ارزش، غنی از پروتئین، فیبرهای رژیمی، ویتامین و مواد معدنی است سبوس برنج و سبوس برنج چربی گرفته شده به ترتیب حدود ۱۵٪ و ۱۸٪ پروتئین دارند [۱۱]. اکثر پروتئین‌هایی که در دانه برنج هستند در سبوس برنج نیز وجود دارند [۱۲-۱۱]. پروتئین سبوس برنج با خواص خوب عملکردی، پروفایل متوازن اسیدآمینه، هضم پذیری بالا و هایپو آلرژیک بودنش، باعث شده است تا به‌عنوان یک ماده مفید در ارائه فرمولاسیون مواد غذایی معرفی گردد [۱۳-۹]. خواص عملکردی آنها قابل‌مقایسه با پروتئین‌های سایر غلات [۱۱-۱۰] و حتی کازئین [۱۱-۱۰] و پروتئین سویا [۸، ١٤] می‌باشد. پروتئین سبوس برنج همچنین حاوی آمینواسیدهای مهم (لایزین، هیستیدین، ارژنین، ترئونین، گلایسین، سیستین، والین، متیونین، لوسین، ایزولوسین، تیروزین و فنیل الانین) موردنیاز برای تغذیه می‌باشد. بعلاوه، آمینواسیدهای موجود در پروتئین‌های برنج بهتر از ایزوله پروتئین سویا و کازئین در برآوردن الزامات آمینو اسیدی برای کودکان ۵-۲ سال می‌باشد [۱۵- ۱۳، ۱۱، ۸].

دسرهای لبنی با خصوصیات تغذیه‌ای و حسی مطلوب خود توسط گروه‌های زیادی از مصرف‌کننده‌ها در سنین مختلف خصوصاً در کودکی و سالخوردگی به‌صورت روزانه مصرف می‌شوند [۱۷، ١٦]. انواع مختلفی از این دسرها با طعم، بافت و ظاهر متنوع موجود هستند که در آنها شیر پس چرخ یا کامل، پودر شیر، ایزوله یا کنسانتره پروتئینی پروتئین‌های آب‌پنیر به‌عنوان منبع پروتئینی مورداستفاده قرار می‌گیرند [۲۰-۱۸]. دسرهای لبنی منبع خوبی از انرژی و کلسیم هستند، لذا می‌تواند سلامت استخوان‌ها را افزایش دهند، ریسک مزمن را کم کنند و سلامت عمومی را بهبود دهند [۲۲، ۲۱]. همچنین با داشتن کلسیم، ویتامین D، فسفر، پتاسیم، منگنز ریبوفلاوین و نایسین می‌تواند نقش مهمی در رژیم غذایی کودکان داشته باشند. به همین خاطر طیف وسیعی از دسرهای لبنی با تنوع بافت، طعم و ظاهر برای بهبود و حفظ سلامت عمومی، کاهش ریسک بیماری‌هایی چون پوکی استخوان به بازار عرضه شده‌اند [۲۲، ۲۱].

در دهه‌های اخیر تلاش زیادی برای عرضه و بازاریابی دسر لبنی انجام‌شده است بطوریکه در حال حاضر انواع زیادی از دسرهای آماده به مصرف بر پایه شیر در بازار وجود دارد [۲٦-۲۳]. تمرکز اکثر تحقیقات و مطالعات در مورد انواع دسرهای لبنی، بر روی جایگزینی شیر با انواع پروتئین‌های گیاهی نظیر یا ایزوله پروتئینی سویا، ایزوله نخودفرنگی، نوشیدنی برنج در انواع دسرهای لبنی می‌باشد [۲۷].

در این مقاله تلاش شده است تا پروتئین سبوس برنج به‌عنوان منبع پروتئینی ارزان‌قیمت به‌جایپروتئین شیر استفاده گردد و اثر آن بر خواص رئولوژیکی و فیزیکو شیمیایی و همچنین بر پذیرش دسر توسط مصرف‌کننده هدف یعنی کودکان مورد بررسی قرار گیرد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

سبوس برنج واریته چمبای چهارمحال بختیاری با اندازه ذرات ۵۰۰ میکرون از شرکت سواهی (ایران)، شیر کم‌چرب و تراویده شیر از شرکت فراورده‌های لبنی کاله (ایران) و نشاسته اصلاح شده ذرت از شرکت تیل اند لایل (هلند) تهیه شدند. تمام مواد شیمیایی مورد استفادهبرای انجام آزمون‌ها،

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-29]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.124.23.0]
[DOI: 10.52547/fsct.19.124.157]

چربی‌گیری و استخراج پروتئین از شرکت مرک (آلمان) خریداری شدند.

۲-۲- استخراج پروتئین از سبوس برنج

برای جلوگیری از اکسیداسیون لیپید و بالابردن بازدهی استخراج، چربی زدایی از سبوس برنج مطابق روش وانگ و همکاران (۱۹۹۹) با کمی تغییر انجام شد [۱۳]. بعد از جداسازی ذرات درشت سبوس برنج با الک شماره ۸۰، دو بار با سه برابر وزنی ان-هگزان مخلوط و بعد همزنی در دمای اتاق با همزن مغناطیسی به مدت نیم ساعت و در ۲۵۰ دور در دقیقه، سانتریفیوژ (۱۰ دقیقه در ٤۰۰۰ برابر شتاب گرانشی) گردید. سبوس چربی گرفته زیر هود آزمایشگاهی خشک و سپس در بسته پلی‌اتیلنی بسته‌بندی شد. برای تهیه پروتئین سبوس برنج از استخراج قلیایی به روش گوپتا و همکاران (۲۰۰۸) با اندکی تغییرات استفاده شد [۲۸]. برای این منظور، سبوس برنج با آب مقطر مخلوط (نسبت ۱ به ۵ وزنی/وزنی) و سپس pH محلول با کمک سدیم هیدروکسید در ۹/۵ تنظیم گردید. مخلوط به مدت ۱ ساعت در دمای محیط همزده شد و سپس سانتریفیوژ گردید (۳۰ دقیقه در ۵۰۰۰ برابر شتاب گرانشی). در ادامه، pH سوپرناتانت توسط اسیدکلریدریک نرمال در ٤/۵ تنظیم و محلول مجدداً به مدت ۳۰ دقیقه در دمای محیط همزده شد. بعد ازسانتریفیوژ کردن محلول (۳۰ دقیقه در ۵۰۰۰ برابر شتاب گرانشی) و حذف سوپرناتانت، پروتئین رسوب کرده با کمی آب مقطر شستشو داده شد و سپس با سدیم هیدروکسید خنثی‌سازی گردید. پروتئین به دست آمده سپس توسط دستگاه خشک‌کن انجمادی خشک شد و در نهایت در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد تا روز مصرف نگهداری گردید.

۲-۳- بازدهی استخراج و پروتئین

مقدار پروتئین موجود در پروتئین سبوس برنج مطابق روش استاندارد (AOAC، ۲۰۱۰) با ضریب تبدیل ۵/۹۵ محاسبه شد[۲۹]. بازدهی استخراج پروتئین و بازدهی پروتئین بر اساس روابط زیر محاسبه گردید [۳۰].

$$\text{بازده استخراج (درصد)} = \frac{\text{گرم پودر پروتئین سبوس برنج}}{\text{گرم سبوس برنج}} \times 100$$

$$\text{بازده پروتئین(درصد)} = \frac{\text{گرم پودر پروتئین سبوس برنج} \times \text{مقدار پروتئین موجود در پروتئین سبوس برنج}}{\text{گرم سبوس برنج} \times \text{ مقدار پروتئین موجود در سبوس برنج}} \times 100$$

۲-٤- ویژگی‌های عملکردی پروتئین سبوس برنج

۲-٤-۱- حلالیت

میزان حلالیت مطابق روش گوپتا و همکاران (۲۰۰۸) اندازه‌گیری شد[۲۸]. برای این منظور، محلول ۱ درصد وزنی/حجمی پروتئین تهیه و pH آن در محدوده ۲ تا ۱۲ تنظیم گردید. بعد از ٦۰ دقیقه همزنی در دمای اتاق، محلول سانتریفیوژ (۲۰ دقیقه در ٤۵۰۰ برابر شتاب گرانشی) و سپس مقدار نیتروژن موجود در سوپرناتانت با روش لوری و در طول‌موج ۷۵۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. در نهایت، مقدار پروتئین محلول به‌صورت درصدی از پروتئین کل محاسبه گردید.

۲-٤-۲-ظرفیت جذب آب و روغن

ظرفیت جذب آب و روغن پروتئین بر اساس روش چندی و سوگی (۲۰۰۷) با کمی تغییر بررسی گردید[۸]. مقدار ۰/۵ گرم پروتئین در داخل لوله سانتریفیوژ توزین شده و با ۳ میلی‌لیتر آب مقطر یا روغن تصفیه شده بادام‌زمینی مخلوط شد. سوسپانسیون حاصله به مدت ۳۰ دقیقه همزده شد و سپس به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق ثابت نگه داشته شد. در ادامه، سوسپانسیون سانتریفیوژ (۱۵ دقیقه در ۷۵۰ برابر شتاب گرانشی)، محلول رویی جداسازی شد و لوله سانتریفیوژ به همراه محتویات آن توزین گردید. ظرفیت جذب آب و روغن بر حسب مقدار گرم آب یا روغن جذب شده در هر گرم وزن خشک نمونه محاسبه شد.

۲-٤-۳- تشکیل کف و پایداری کف

برای بررسی قدرت تشکیل کف و پایداری کف از روش گوپتا و همکاران (۲۰۰۸) استفاده شد[۲۸]. مقدار ۰/۵ گرم پروتئین را درون مخلوط کن ریخته و ۵۰ میلی‌لیتر بافر سیترات (۰/۵ مولار تنظیم شده در pH ۵-۷-۹) به آن اضافه شد. بعد از ۲ دقیقه اختلاط، سریعاً به یک استوانه مدرج (۱۰۰ میلی‌لیتری) منتقل گردید. حجم اولیه و مدت زمانی که لازم است تا حجم نصف شود اندازه‌گیری شد. مدت زمان لازم برای نصف شدن حجم کف به‌عنوان پایداری کف اعلام شد و ظرفیت کف کنندگی از نسبت حجم کف تولید شده به نسبت حجم کل محلول به دست آمد.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-29]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.124.23.0]
[DOI: 10.52547/fsct.19.124.157]

۲-٤-٤-خاصیت امولسیفایری

برای تعیین ظرفیت امولسیون کنندگی و پایداری امولسیون پروتئین سبوس برنج از روش گوپتا و همکاران (۲۰۰۸) استفاده شد[۲۸]. ۰/۵ گرم نمونه با ۵۰ میلی‌لیتر بافر سیترات و ۱۰ میلی‌لیتر روغن تصفیه شده بادام‌زمینی در یک مخلوط‌کن به مدت ۲ دقیقه مخلوط شدند. مخلوط را سریعاً به استوانه مدرج ۱۰۰ میلی‌لیتری منتقل کرده، حجم کل سوسپانسیون و ارتفاع خامه در یک دوره ۷ روزه، اندازه‌گیری شد و پایداری امولسیون مطابق فرمول زیر محاسبه گردید:

= ظرفیت امولسیون کنندگی (٪)

۱۰۰× (حجم کل مخلوط/حجم لایه امولسیون)

۲-۵- تولید دسر لبنی کم‌چرب

برای تهیه دسر لبنی، ابتدا نشاسته (۵ درصد وزنی/ وزنی) با شیر (پس چرخ، تراویده، تراویده غنی‌شده با پروتئین سبوس برنج) داخل حمام آب گرم تا دمای ٤۰ درجه سانتی‌گراد حرارت دهی گردید. شکر (۷ درصد وزنی/ وزنی) اضافه شد. حرارت دهی تا دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد ادامه یافت و بعد از ۱۰ دقیقه حرارت دهی در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد، مخلوط تا دمای ٤۰ درجه سانتی‌گراد خنک گردید. طعم‌دهنده وانیل (۰/۰۱ درصد وزنی/ وزنی) اضافه شد و بعد از یک دقیقه همزنی ملایم، محصول به داخل ظرف نمونه‌ها ریخته و در دمای ۱ ± ٤ درجه سانتی‌گراد تا روز آزمایش نگهداری گردید[۳۱]. براینمونه‌هاآزمون نفوذ، یک قالب پلی گلایسیال استوانه‌ای با قطر٤۰ میلی‌متر و ارتفاع٦۰ میلی‌متر از دسر پر شد. برآزمون حسی ۵۰ گرم و برای سایر آزمون‌ها ۳۰ گرم دسر داخل ظرف‌های پلاستیکیک بار مصرف با قطر٤۰ میلی‌متر از ریخته شد. برای جلوگیری از خروج رطوبت با ورق آلومینیومی سرش بسته شد.

مشخصات نمونه‌ها در جدول ۱ آمده است. برای تیمار ۳،پروتئین شیر تراویده با پودر پروتئین سبوس برنج با شیر پس چرخ تیمار ۱ برابر شده است.

Table 1 Dairy Dessert based on rice bran protein and skim milk/permeate

Treatment	Milk type	Protein type	Milk concentration	Rice bran protein concentration
Treatment 1	Skim milk	Milk protein	88	0
Treatment 2	Permeate	_	88	0
Treatment 3	Permeate	Rice bran protein	88	3.84

۲-٦-ویژگی‌های شیمیایی دسر لبنی

pH، محتوای چربی، ماده خشک و پروتئین دسر لبنی مطابق روش استاندارد (AOAC، ۲۰۱۰) اندازه‌گیری گردید[۲۹].

۲-۷- آب اندازی دسر لبنی

نمونه دسر استوانه‌ای شکل بین دو کاغذ صافی (واتمن شماره ٤) قرار گرفت و دو طرف آن پلیت شیشه‌ای به صورت صفحه موازی قرار داده شد. وزنه ۵۰۰ گرمی روی پلیت قرار داده شد و به مدت ۵ دقیقه تحت فشار قرار گرفت. اختلاف وزن قبل و بعد فشردن به‌صورت درصد آب اندازی بیان شد[۳۲].

۲-۸-ویژگی‌های رنگی دسر لبنی

با دستگاه هانتر لب (S/N CFEZ 1209 Model; Hunter AssociatesLaboratory, Inc. Reston, VA, USA) مشخصه‌های*L، *bو *aاندازه‌گیری و اندیس زردی (YI)، سفیدی (WI) و اختلاف رنگ کلی بین نمونه‌ها (ΔE) با فرمول‌های زیر محاسبه شد[۳۳]. نمونه دسر تهیه شده از شیر پس‌چرخ (تیمار ۱) به عنوان نمونه استاندارد در نظر گرفته شد.

$$YI = \frac{142.86 \times b}{L}$$

$$WI = 100 - \sqrt{(100-L)^2 + a^2 + b^2}$$

$$\Delta E = \sqrt{(L_{standard} - L_{sample})^2 + (a_{standard} - a_{sample})^2 + (b_{standard} - b_{sample})^2}$$

۲-۹- ویژگی‌های بافتی

برای بررسی بافت نمونه‌های دسر لبنی از روش نفوذ سنجی توسط دستگاه سنجش پروفایل بروکفیلد(Texture Pro. CT V1.6 Build, Brookfield Engineering Labs, Middleboro, MA, USA) مجهز به لود سل ۱۰ کیلوگرمی استفاده گردید. نمونه‌های دسر لبنی آماده شده برای این آزمون، بعد از ٢٤ ساعت نگهداری در دمای ۱ ± ٤ درجه سانتی‌گراد از یخچال خارج شدند و با همان ظرفی که در آن

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-29]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.124.23.0]
[DOI: 10.52547/fsct.19.124.157]

بسته‌بندی‌شده بودند زیر پروبTA10 (پروب استوانه ای ۱۲/۷ میلی‌متری) قرار داده شدند. آزمون در دمای محیط (۲٤ درجه سانتی‌گراد) انجام شد، دمای نمونه‌های دسر لبنی ۱ ±۱۰ درجه سانتی‌گراد بود. نمونه چند دقیقه در محیط قرار گرفت تا به دمای آزمون برسد. سرعت نفوذ ۱ میلی‌متر بر ثانیه و عمق نفوذ ۲۰ میلی‌متر، تنظیم شد. شاخص‌های کار کل (ژول)، سختی (نیوتن)، چسبندگی (ژول) و پیوستگی (بدون واحد)از نمودار نیرو- زمان و نیرومحاسبه شد[۳٤].

۲ -۱۰- ارزیابی حسی

نمونه‌های دسر به‌صورت تصادفی کدگذاری شدند و سپس از لحاظ مزه، بافت، آروما، رنگ و پذیرش کلی توسط ۱۲ ارزیاب که سن بین ۱۰-۷ سال داشتند، مطابق آزمون هدونیک ۵ نقطه‌ای (از ۱= بسیار بد تا ۵ = بسیار خوب) بررسی شدند.

۲- ۱۱- تجزیه‌وتحلیل آماری

تمام آزمایش‌ها در سه تکرار انجام و نتایج به‌صورت انحراف معیار ± میانگین گزارش شدند. تجزیه‌وتحلیل توسط آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) انجام شد.از نرم‌افزار مینی تب (نسخه ۱۸) جهت آنالیز نتایج استفاده گردید و آزمون توکی در سطح اطمینان ۹۵ درصد (P<۰/۰۵) جهت مقایسه اختلاف بین میانگین نتایج مورد استفاده قرار گرفت.

۳- نتایج و بحث

۳- ۱- بازدهی استخراج و پروتئین

مقدار پروتئین در پودر پروتئین سبوس برنج برابر با ۰/۵۳± ٦۹/۳۲ درصد به دست آمد که اختلاف ناچیزی با پژوهش قبلی دارد [۳۵].میزان پروتئین در پروتئین سبوس برنج توسط چندی و سوگی (۲۰۰۷) در محدوده‌ی۵۸/۹۲ – ۵۲/٤٦ درصد[۸]، گوپتا و همکاران (۲۰۰۸) درمحدوده‌ی ۷۹/۹ –۷۱ درصد [۲۸]، جیام یانگوئنو همکاران (۲۰۰۵) در محدوده ۷۲/٦۳ – ٦/۷۵ درصد[۳٦] و رافع وهمکاران (۲۰۱٤) معادل ۷٦ درصد [۳۰]اعلام شده است. بازده استخراج و بازده پروتئین در این پژوهش به ترتیب ۰/۲٤ ±۷/۸۵ درصد و ۱/۵٦ ±۳٤/٤۵ درصد بود. در تحقیقات کشاورز و همکاران (۱۳۹۲) بازدهی استخراج پروتئین در سبوس برنج رقم ندا و طارم به ترتیب ۸/۵۲ و ۸/۷٤ بوده است[۳۷]،جیام یانگوئن و همکاران (۲۰۰۵) بازدهی استخراج را بین ۱۲/۲۰- ۳/٦۵ درصد [۳٦]، به دست آوردند که با بازدهی استخراج این پژوهش تطابق دارد. گوپتا و همکاران (۲۰۰۸) بازدهی پروتئین را ٤۸/۱۰ – ۲۱/۱۷ درصد در دماهای مختلف استخراج گزارش کردند [۲۸]،علت اختلاف در نتایج این پژوهش با یافته‌های سایر محققین را می‌توان به تفاوت‌های موجود در واریته برنج، میزان محتوای پروتئین سبوس برنج و همچنین تفاوت‌های موجود در روش و شرایط استخراج نسبت داد.

۳- ۲- ویژگی‌های عملکردی پروتئین سبوس برنج

۳- ۲- ۱- حلالیت

خصوصیات امولسیفایری، کف‌کنندگی و پایداری آن، ژلاتینه شدن،توانایی جذب و نگهداری آب و روغن در پروتئین وابسته به میزان حلالیت آن می‌باشد. به همین دلیل میزان حلالیت پروتئین یکی از ویژگی‌های عملکردی مهم در نظر گرفته شده است که اهمیت زیادی در انتخاب و نقش پروتئین در مواد غذایی دارد[۸]. میزان حلالیت پروتئین سبوس برنج در *pH* های مختلف در شکل ۱ نشان داده شده است. حلالیت پروتئین به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر pH محیط قرار گرفت (p<۰/۰۵). کمترین میزان حلالیت در *pH*=٤ و در نزدیکی نقطه ایزوالکتریک پروتئین سبوس برنج (*pH* = ٤/۵) مشاهده شد و با دور شدن از نقطه ایزوالکتریک پروتئین، حلالیت پروتئین به‌طور معنی‌داری افزایش یافت؛ بطوریکه بیشترین میزان حلالیت در *pH*=۱۰ مشاهده گردید (۷۳/۵ درصد).

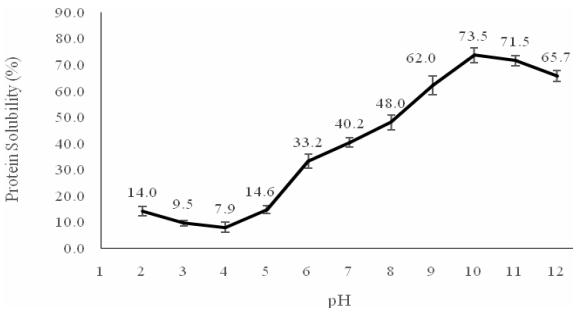

Fig 1 The protein solubility of rice bran protein at different pH values (2.0–12.0).

روند افزایش حلالیت بـا *pH* و همچنـین وابـستگی حلالیـت پروتئین به *pH* های مختلف در این پژوهش با یافته‌های قبلی مطابقـــت دارد[۲۸ و ۳۷]. اســـماعیلی و همکـــاران (۲۰۱٦) بیـــشترین حلالیـــت پـــروتئین ســـبوس بـــرنج را در *pH*=۱۰ و

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-29]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.124.23.0]
[DOI: 10.52547/fsct.19.124.157]

کمتـرین حلالیـت را در ٦=pH اعـلام نمودنـد[٩]. افـزایش حلالیت با افزایش pH محیط می‌تواند ناشی از بارهـای منفـی مولکول‌های پروتئین در شرایط قلیایی باشد که سبب دافعه بین مولکول‌های پروتئین و در نتیجه واکنش بیشتر با مولکول‌هـای آب می‌گردد[٣٧].

٣-٢- ٢- ظرفیت جذب آب و روغن

ظرفیت جذب آب در ماده غذاییبه‌عنوان شاخص سنجش میزان حفظ رطوبت در بافت ماده غذایی و درنتیجه حفظ تازگی و احساس چشایی مطلوب در نظر گرفته می‌شود[٨]. این شاخص مستقیماًدر انتخاب پروتئین و نقش آن در محصولات گوشتی،نانوایی و نوشیدنی تأثیر می‌گذارد[٩]. ظرفیت آب در محدوده ١/٤٩ تا ٤/٧٢ گرم بر گرم محدوده‌ی مناسبی برای استفاده در غذاهای ویسکوز تلقی می‌شود[٣٨]. توانایی جذب آب پروتئین سبوس برنج مورد مطالعه در پژوهش جاری ٠/٤٠ ± ٤/٢١ گرم بر گرم بود که این پروتئین را برای استفاده در غذاهای ویسکوزمناسب می‌سازد. جذب آب پروتئینی سبوس برنج در تحقیقات چندی و سوگی (٢٠٠٧) در محدوده‌ی ٥/٦٠-٣/٨٧ گرم آب بر گرم پروتئین گزارش شده است که در تطابق با یافته‌های پژوهشجاری می‌باشند [٨].

در فرمولاسیون مواد غذایی مثل سوسیس، خمیر کیک و مایونز جذب بالای روغن مورد نیاز است. ظرفیت جذب روغن برای بهبود حس دهانی و حفظ طعم در دهان نیز حائز اهمیت است. در پژوهش جاری میزان جذب روغن ٠/٣٧ ± ٣/٨٧ گرم بر گرمبود که در راستای نتایج سایر محققین می‌باشد[٢٨، ٩٨].

٣-٢-٣- ظرفیت کف کنندگی و پایداری کف

خاصیت کف کنندگی نقش مهمی در ویژگی‌های رئولوژیکی و بافت مواد غذایی دارد؛ به همین دلیل کف و پایداری آن یکی از معیارهای مهم در کیفیت مواد غذایی در نظر گرفته می‌شود. تشکیل کف مستلزم حل شدن پروتئین‌ها در فاز آبی و خارج شدن سریع آنها از حالت تاخورده برای تشکیل یک لایه ویسکوالاستیک پروتئینی به دور حباب‌های هوا می‌باشد[٣٩]. مطابق نتایج جدول ٢، کمترین ظرفیت کف کنندگی در ٥= pH مشاهده شد و با افزایش قلیاییت، در $pH=9$ ظرفیت کف کنندگیبه‌طور معنی‌داری افزایش یافت. علت کف کنندگی پایین‌تردر ٥= pH و $pH=7$ را می‌توان به نزدیک بودن pH محیط به نقطه ایزوالکتریک پروتئین‌های موجود در پروتئین سبوس برنج نسبت داد. پایین بودن قابلیت کف کنندگی در pH ایزوالکتریک و pH های اسیدی به فشردگی بیشتر پروتئین‌ها در این محدوده pH نسبت داده شده است[٤١،٤٠]. با افزایش قلیاییت، انحلال و بازآرایی ساختار پروتئین‌ها بیشتر و در نتیجه ظرفیت کف کنندگی آن نیز افزایش یافته است[٨]. با افزایش بار خالص پروتئین در pH قلیایی، آب‌گریزی پروتئین تضعیف می‌شود و با افزایش حلالیت و انعطاف‌پذیری پروتئین، پراکندگی پروتئین در فضای بین هوا-آب تسریع شده و باعث به دام افتادن ذرات هوا و در نتیجه افزایش کف کنندگی می‌شود [٤٢].

Table 2 Effect of pH on foaming capacities and foam stability of RBP

	pH =5	pH=7	pH=9
Foaming capacity (%)	40.67 ± 0.58^{b}	41.33 ± 0.58^{b}	44.67 ± 1.16^{a}
Foaming stability(minute)	$38.63 + 0.55^{b}$	$48.04 + 0.67^{a}$	$36.33 + 0.94^{c}$

Values with different letters in each row indicate significant difference ($p<0.05$)

علاوه بر توانایی تشکیل کف، پایداری و حفظ کف تشکیل‌شده تا زمان ممکن نیز اهمیت زیادی دارد. فیلمی که دور حباب‌های هوا تشکیل می‌شود باید بتواند حباب‌های تشکیل‌شده را حفظ نماید و مانع از اتصال آنها به هم یا ترکیدن آنها شود[٤٣]. برای داشتن کف پایدار، مولکول‌های پروتئین بایستی به‌طور پیوسته پلیمرهای بین‌مولکولی اطراف حباب‌های هوا تشکیل دهند[١٤]. با افزایش اثرات متقابل پروتئین- پروتئین ویسکوزیته بالا می‌رود و تشکیل فیلم پروتئینی چند لایه‌ای متصل به سطح تسهیل می‌شود و اتصال حباب‌های هوا کم می‌شود. علاوه بر این فیلم ضخیم‌تر تشکیل می‌شود که اثر زهکشی پروتئین از فیلم‌ها را کم می‌کند [٤٤]. در این پژوهش بیشترین پایداری کف در ٧= pH مشاهده گردید و افزایش و کاهش pH منجر به کم شدن پایداری کف شد (جدول ٢). روند افزایش ظرفیت کف کنندگی و پایداری کف در این پژوهش با برخی از تحقیقات قبلی نظیر تحقیقات کشاورز و همکاران (١٣٩٢) [٣٧] و گوپتا و همکاران (٢٠٠٨) [٢٨] مطابقت دارد. در این سری تحقیقات بیشترین پایداری در 7= pH مشاهده شد و افزایش و کاهش شرایط قلیایی منجر به کاهش پایداری گردید. در برخی تحقیقات روند متفاوت است

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-29]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.124.23.0]
[DOI: 10.52547/fsct.19.124.157]

بطوریکه افزایش قلیاییت منجر به کاهش پایداری کف شده است [٤٤، ۹].

اختلاف در میزان کف کنندگی و پایداری کف نمونه‌ی این پژوهش با سایر تحقیقات را می‌توان به مقدار و نوع پروتئین‌های محلول، نوع واریته، روش استخراج و همچنین شرایط خاص استفاده شده جهت بررسی تولید کف نسبت داد. میزان لیپید خصوصاً لیپید قطبی نیز می‌تواند تأثیرگذار باشد. چربی‌ها چون فعالیت سطحی بیشتری نسبت به پروتئین‌ها دارند به‌سرعت در سطح هوا-آب جذب‌شده و از جذب پروتئین در طی تشکیل جلوگیری می‌کند [٤٥]. هر چه مولکول پروتئین انعطاف‌پذیری بیشتر داشته باشد، قادر خواهد بود کشش سطحی را بیشتر کاهش دهد. مولکول‌های پروتئین کروی به‌طور منظم قرار گرفته‌اند و در برابر غیرطبیعی شدن سطحی مقاومت می‌کنند‌درنتیجه قابلیت کف کنندگی آنها ضعیف می‌شود[٤٦]. اکثر پروتئین‌های حبوبات کروی هستند و قابلیتتشکیل کف پایین دارند [٤٥].

۳-۲- ٤- فعالیت امولسیفایری

خاصیت امولسیفایری در فراورده‌های پروتئینی به مقدار پروتئین کل و مقدار ترکیبات غیر پروتئینی نسبت داده شده است. علاوه بر این، تعداد گروه‌های آب‌دوست و آب‌گریز، شاخص قابلیت پراکندگی پروتئین و میزان حلالیت پروتئین از دیگر عوامل تأثیرگذار بر خاصیت امولسیفایری معرفی شده‌اند. پروتئین به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین ترکیبات تأثیرگذار بر خاصیت امولسیفایری، باعث تشکیل فیلم نازک اطراف قطرات ریز روغن در محیط آبی می‌شود و از اتصال، خامه‌ای شدن، لخته شدن و همچنین رسوب جلوگیری می‌کند. البته میزان روغن موجود در نمونه و حضور سایر ترکیبات مثل کربوهیدرات، چربی و نمک نیز به دلیل برهمکنش با پروتئین یا با یکدیگر بر فعالیت امولسیون کنندگی تأثیر دارد[٤٧].

همان‌طور که در شکل ۲ ملاحظه می‌شود حجم امولسیونی پروتئین سبوس برنج در pH قلیایی برابر با ۳۵ میلی‌لیتر و در pH اسیدی برابر ۲۷ میلی‌لیتر می‌باشد. ظرفیت امولسیونی پروتئین سبوس برنج در این پژوهش قابل مقایسه با نتایج کشاورز هدایتی و همکاران (۱۳۹۲) می‌باشد[۳۷]، اما از ظرفیت امولسیونی گزارش شده توسط چندی و سوگی (۲۰۰۷) بیشتر می‌باشد [۸].

چندی و سوگی (۲۰۰۷) و گوپتا و همکاران (۲۰۰۸)، با افزایش pH محیط، روند افزایشی یا کاهشی یکنواختی مشاهده نکردند [۲۸،۸].

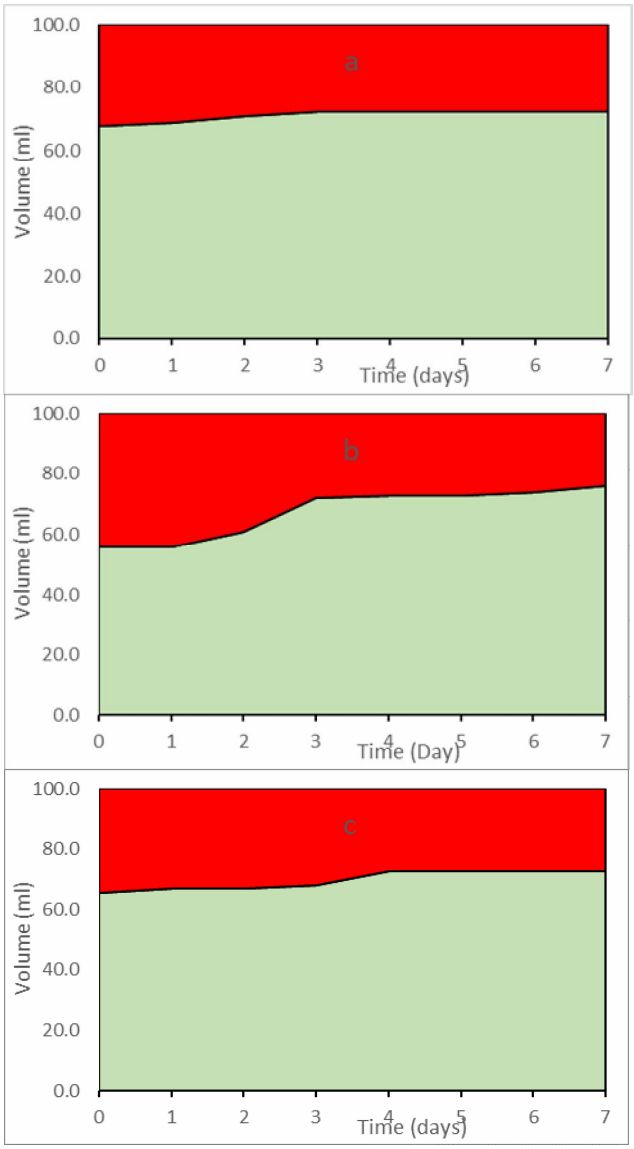

Fig 2 Emulsification properties of rice bran protein under pH 5(a), 7(b) and 9(c). Aqueous (Green color), Cream (Red color).

ولی در تحقیقات تیراکول‌کیت و همکاران (۲۰۰٦)، با افزایش pH ظرفیت امولسیون کنندگی بالا رفت[٤٨]. این محققین افزایش در ظرفیت امولسیون کنندگی را به افزایش حلالیت در pH های بالاتر نسبت دادند.

بیشترین میزان امولسیون کنندگی در این پژوهش در *pH* اسیدی مشاهده شده است در حالیکه چندی و سوگی (۲۰۰۷) بیشترین میزان امولسیون کنندگی را در *pH* خنثی [۸] وتیراکول‌کیت و همکاران (۲۰۰٦) در *pH* قلیایی مشاهده نمودند [٤٨]. کشاورز هدایتی و همکاران (۱۳۹۲) نیز بیشترین

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-29]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.124.23.0]
[DOI: 10.52547/fsct.19.124.157]

میزان امولسیون کنندگی را در pH اسیدی مشاهده نمودند[۳۷]، اختلاف بین ظرفیت امولسیون کنندگی پروتئینی سبوس برنج در این پژوهش با یافته‌های سایر پژوهش‌ها را می‌توان به تفاوت‌های موجود در عوامل تأثیرگذار بر امولسیون نسبت داد. اختلافات موجود در شکل فضایی پروتئین‌ها و قدرت یونی می‌تواند تفاوت‌های موجود در پایداری امولسیون‌ها را در نمونه‌های مختلف توجیه نماید. افزایش چسبندگی دوطرفه بین چربی و پروتئین در اثر غیر طبیعی شدن پروتئین‌ها می‌تواند منجر به افزایش مقاومت و استحکام لایه بین آب و روغن شود و در نتیجه پایداری امولسیون را افزایش دهد. علاوه بر این، کاهش پایداری امولسیون طی زمان نگهداری ممکن است ناشی از تماس بیشتر بین مولکول‌ها و درنتیجه لخته شدن و به هم پیوستن قطرات روغن باشد [۳۷، ٤٧].

۳-۳- ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی دسر لبنی

نتایج ترکیبات شیمیایی دسرهای لبنی در جدول ۳ آورده شده است. اختلاف معنی‌دار در ماده خشک و پروتئین تیمار ۱ و ۳ وجود نداشت که قابل انتظار بود. لازم به ذکر است که دسر لبنی بر پایه شیر پس چرخ (تیمار ۱) pH بالاتری نسبت به دسرهای بر پایه تراویده شیر نشان داد ($p<۰/۰۵$) که ممکن است ناشی از ظرفیت بافری بالاتر شیر پس چرخ در مقایسه با تراویده شیر باشد.

Table 3 The physicochemical properties of dairy desserts

Treatment	Dry material (%)	Protein (%)	Fat (%)	pH
Treatment 1	20.90 ± 0.66^{a}	3.19 ± 0.10^{a}	< 0.05	6.48 ± 0.03^{a}
Treatment 2	17.74 ± 0.03^{b}	< 0.5	< 0.05	6.19 ± 0.03^{c}
Treatment 3	20.76 ± 0.08^{a}	3.18 ± 0.15^{a}	< 0.05	6.33 ± 0.02^{b}

Values with different letters in each column indicate significant difference ($p<0.05$)

۳- ٤- آب اندازی دسر لبنی

نتایج آب اندازی دسرهای لبنی در شکل ۳ نشان داده شده است. همان‌گونه که در شکل مشاهده می‌شود حذف پروتئین در تیمار ۲، منجر به افزایش معنی‌دار آب اندازی دسر شد. استفاده از پودر پروتئین سبوس برنج آب اندازی در نمونه دسر تیمار ۳ را کاهش داد، طوریکه اختلاف معنی‌دار با نمونه دسر تهیه شده از شیر پس چرخ نداشته ندارد ($p<۰/۰۵$).

آب اندازی به نفوذپذیری ژل (اندازه حفرات و اتصالات درونی) و متجانس بودن شبکه ژلی وابسته می‌باشد[٤٩]. آب اندازی پایین دسر لبنی حاوی پروتئین شیر و پروتئین سبوس برنج ممکن است ناشی از ظرفیت اتصال آب گروه‌های هیدروکسیل پروتئین و قابلیت پروتئین در تشکیل شبکه‌های مشبک منظم با اندازه حفرات ریز باشد که فضای کافی جهت به دام انداختن مولکول‌های آب را دارا می‌باشند[۱۱].

نتایج این پژوهش با یافته‌های لی و همکاران (۲۰۰۳) مطابقت داشت. این محققین بیان نمودند که افزایش غلظت پروتئین در سامانه‌های ژلی چندگانه سبب بهبود ظرفیت نگهداری آب و کاهش آب اندازی می‌گردد[۵۰]. علاوه بر این، گزارش شده است که همبستگی مثبت بین سفتی ژل و ظرفیت نگهداری آب/آب اندازی وجود دارد[۵۱]. در این راستا، میزان آب اندازی پایین دسرهای لبنی حاوی پروتئین ممکن است ناشی از سفتی بالاتر این نمونه‌ها باشد.

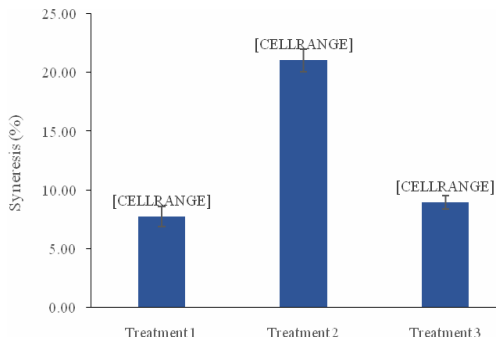

Fig 3 Syneresis of dairy desserts as a function of fat and RBP. Statistical significant difference was provided with alphabetic order ($P<0.05$).

۳- ٥- ویژگی‌های رنگی دسر لبنی

نتایج پارامترهای رنگی ΔE WI و YI در شکل ٤ نشان داده شده است. استفاده از پروتئین سبوس برنج در فرمولاسیون دسر لبنی تأثیر معنی‌داری بر شاخص‌های رنگی نمونه‌ها نشان داد. همان‌گونه که در شکل مشاهده می‌شود حذف پروتئین شیر کاهش معنی‌داری در ΔE نداشت اما استفاده از تراویده شیر غنی‌شده با پروتئین سبوس برنج منجر به افزایش معنی‌دار در

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-29]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.124.23.0]
[DOI: 10.52547/fsct.19.124.157]

ΔE شد ($p<۰/۰۵$). نمونه‌های دسر لبنی اختلاف معنی‌داری در شاخص سفیدی، WI، داشتند (شکل ٤).

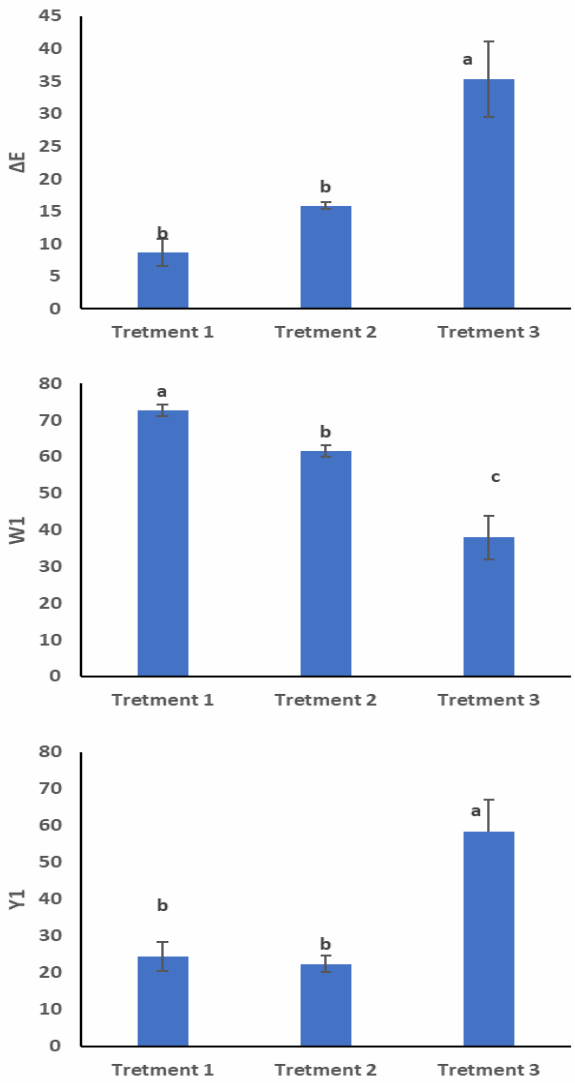

Figure 4- Color parameters of dairy desserts. Statistical significant difference was provided with alphabetic order (P<0.05)

بالاترین میزان WI در تیمار ۱ (۷۲/٦۹) و کمترین میزان آن در تیمار ۳ (۳۷/۹۸) مشاهده شد ($p<۰/۰۵$). به‌طورکلی حذف پروتئین لبنی باعث کاهش شاخص WI شد و استفاده از پروتئین سبوس برنج این کاهش را بیشتر نمود (شکل ٤). میزان زردی نمونه‌های تیمار ۱ و ۲ اختلاف معنی‌دار با هم نداشتند در حالیکه این دو دسر لبنی اختلاف معنی‌دار با دسر تهیه شده از تراویده شیر و پروتئین سبوس برنج داشتند (شکل ٤، $p<۰/۰۵$). به‌طورکلی همان‌گونه که انتظار می‌رفت استفاده از پودر پروتئین سبوس برنج سفیدی (WI) را کاهش و زردی (YI) را افزایش داد که احتمالاً ناشی از واکنش مایلارد بین اسیدآمینه‌های آزاد پروتئین (مانند لایزین) و گروه‌های کربونیل قندهای احیاء کننده موجود در دسر لبنی (مانند لاکتوز) طی فرایند حرارتی تولید دسر لبنی می‌باشد[۵۳،۵۲]. در راستای نتایج این پژوهش، پانتاوانگ (۲۰۱۷) گزارش نمود که پودینگ حاوی هیدرولیزاتپروتئین سبوس برنج دارای شاخص روشنایی کمتر و شاخص قرمزی و زردی بالاتری می‌باشد و این اثر به واکنش مایلارد بین لایزین پروتئین سبوس برنج و قندهای احیاء کننده نسبت داده شد[٥٤].

۳- ٦- بافت دسر لبنی

شاخص‌های کار کل(میلی ژول)، سختی (نیوتن)، چسبندگی (میلی ژول) و پیوستگی (بدون بعد) از نمودار نیرو- زمان در جدول ٤ آمده است.

کار کل سطح زیر منحنی اولین فشردگی به عنوان قدرت ژل می‌باشد[۳٤]، نتایج جدول ٤ نشان می‌دهد اختلاف معنی‌داری در قدرت ژل وجود دارد. حذف پروتئین لبنی باعث کاهش معنی‌دار در قدرت ژل شد ($p< ۰/۰۵$) و استفاده از پروتئین سبوس برنج تا حدودی توانست باعث برگرداندن قدرت ژل گردد. با این وجود بیشترین قدرت ژل در تیمار ۱ (۸/٤۰) و کمترین قدرت ژل در تیمار ۲ (۳/۳۰) مشاهده گردید.

سختی که حداکثر نیرو برای تغییر شکل موردنظر در سیکل اول نفوذ است، از دیدگاه حسی، حداکثر نیروی موردنیاز برای فشردن ماده غذایی بین دندان‌ها می‌باشد [۳٤]. میزان سختی دسر لبنی در این پژوهش اختلاف معنی‌دار با هم دارند ($p<۰/۰۵$). بیشترین سختی در نمونه دسر لبنی حاوی پروتئین شیر و کمترین سختی هم در نمونه دسر لبنی تهیه شده از تراویده شیر می‌باشد. با وجودی که افزایش پودر پروتئین سبوس برنج باعث شد سختی در تیمار ۳ کمی بیشتر شود شد اماپودر پروتئین برنج نتوانست سختی پروتئین لبنی را به وجود آورد و اختلاف معنی‌دار وجود دارد ($p<۰/۰۵$).

میزان سختی بالاتر نمونه‌های دسر لبنی حاوی پروتئین شیر و پروتئین سبوس برنج می‌تواند به میزان ماده خشک، تخلخل و یکنواختی شبکه ژلی نمونه‌ها نسبت داده شود. در این راستا، کاظمی_تسکوه و وریدی (۲۰۲۰) گزارش نمودند که ژل‌های دوتایی (پروتئین-پلی ساکارید) با محتوای ماده خشک بالاتر دارای بافت سفت‌تر، شبکه یکنواخت و تعداد/اندازه حفرات کمتر می‌باشند [۵۵].

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-29]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.124.23.0]
[DOI: 10.52547/fsct.19.124.157]

Table 4 Textural attributes of dairy desserts as a function of Protein type

Treatment	Total work (mJ)	Hardness (N)	Adhesiveness(mJ)	Cohesiveness
Treatment 1	8.40 ± 0.12^{a}	0.61 ± 0.01^{a}	4.5 ± 0.1^{a}	0.85 ± 0.04^{a}
Treatment 2	3.30 ± 0.07^{b}	0.24 ± 0.01^{b}	2.2 ± 0^{b}	0.68 ± 0.01^{b}
Treatment 3	5.00 ± 0.08^{c}	0.34 ± 0^{c}	1.7 ± 0.1^{c}	0.73 ± 0.02^{b}

Values with different letters in each column indicate significant difference ($p<0.05$)

علاوه بر این، رافع و همکاران (۲۰۱٦) نشان دادند که بهبود سختی بافت سامانه‌های ژلی ناشی از یکنواختی ساختار این سامانه‌ها می‌باشد. همان‌طور که بیان شد، پروتئین سبوس برنج و پروتئین‌های شیر قابلیت تشکیل شبکه‌های مشبک منظم با اندازه حفرات ریز را دارا می‌باشند[۱۱]. بنابراین، برهمکنش‌های جاذب بین پروتئین‌های سبوس برنج و شیر ممکن است به تشکیل ساختارهای ژلی با تخلخل کمتر منجر گردد؛ ژل‌های با تخلخل کمتر معمولاً دارای سختی بالاتری می‌باشند[٥٦].

چسبندگی نشان‌دهنده کار موردنیاز برای کشیدن و جدا شدن پروب از نمونه را نشان می‌دهد و مقدار آن از سطح منحنی منفی سیکل اول نفوذ در هنگام خارج شدن پروب از نمونه محاسبه شده است. از دیدگاه حسی، چسبندگی مقدار کاری است که برای غلبه بر نیروی جاذبه بین سطح نمونه و سطوح در تماس با آن در دهان مورد نیاز است[٣٤]. اختلاف معنی‌دار در چسبندگی نمونه‌های دسر لبنی این پژوهش وجود دارد. حذف پروتئین شیر باعث کاهش معنی‌دار چسبندگی شد طوریکه استفاده از جایگزین آن در تیمار ۳ نتوانست این اثر کاهشی را جبران نماید ($p<$۰/۰۵).

پیوستگی نسبت سطح مثبت اولین سیکل به سطح مثبت دومین سیکل است و قدرت اتصالات درون بافتی پیکره ماده غذایی را نشان می‌دهد. بدیهی است هر چه این نسبت به یکنزدیک‌تر باشد، مقاومت درونی بافت در برابر نیروی اعمال شده و تغییر شکل بیشتر است[٣٤]. پیوستگی در دسر لبنی تهیه شده دارای پروتئین شیر به‌صورت معنی‌دار بیشتر از پیوستگی نمونه‌های دسر تهیه‌شده از تراویده شیر و تراویده شیر غنی‌شده با پروتئین سبوس برنج است ($p<$۰/۰۵).

۳- ۷- ویژگی‌های حسی دسر لبنی

نتایج ارزیابی ویژگی‌های حسی دسرهای لبنی در جدول ۵ ارائه شده است. مطابق نتایج، بالاترین امتیاز مزه در تیمارهای ۱ و کمترین امتیاز در تیمار ۲ مشاهده شد ($p<$۰/۰۵). افزایش پروتئین سبوس برنج با نمونه دسر حاوی پروتئین شیر در تیمار ۱ دارد ($p<$۰/۰۵). در ارتباط با پارامتر بافت، اختلاف معنی‌دار بین نمونه‌های دسر لبنی وجود دارد و حذف پروتئین شیر باعث کاهش معنی‌دار در امتیاز بافت شد و افزایش پروتئین سبوس با وجود افزایش معنی‌دار امتیاز بافت، نتوانست اختلاف امتیاز بافت تیمار ۲ با تیمار ۱ را جبران کند ($p<$۰/۰۵).

Table 5 Sensory evaluation scores of dairy desserts as a function of Protein type

Treatment	Taste	Texture	Aroma	Color	Overall acceptance
Treatment 1	4.47 ± 0.01^{a}	3.64 ± 0.13^{a}	4.33 ± 0.22^{a}	4.92 ± 0.083^{a}	4.00 ± 0.22^{a}
Treatment 2	2.83 ± 0.08^{b}	2.52 ± 0.07^{b}	4.09 ± 0.04^{a}	4.78 ± 0.025^{b}	3.13 ± 0.05^{b}
Treatment 3	3.44 ± 0.06^{c}	2.87 ± 0.04^{c}	3.27 ± 0.06^{b}	3.21 ± 0.03^{c}	3.50 ± 0.05^{c}

Values with different letters in each column indicate significant difference ($p<0.05$)

همان‌طور که از جدول ۵ قابل مشاهده است، آرومای دسرهای لبنی تحت تأثیر غلظت پروتئین شیر قرار گرفت و حذف پروتئین سبب کاهش معنی‌دار آرومای نمونه‌ها گردید طوریکه افزایش پروتئین سبوس برنج نه تنها نتوانست آن را جبران کند بلکه به خاطر آرومای خاص پروتئین سبوس برنج، آرومای دسر کاهش بیشتری پیدا کرد ($p<$ ۰/۰۵).تغییرات امتیاز رنگ دسرهای لبنی نیز روند مشابهی نشان داد و حذف پروتئین شیر باعث کاهش معنی‌دار در این معنی‌دار این پارامتر گردید و افزایش پروتئین سبوس برنج این کاهش را بیشتر نمود ($p<$ ۰/۰۵).

پذیرش کلی دسرهای لبنی نیز تحت تأثیر نوع پروتئین قرار گرفت. دسرهای لبنی حاوی پروتئین شیر بیشترین قابلیت پذیرش را داشت. به‌طورکلی، کاهش ویژگی‌های حسی دسرهای لبنی در اثر حذف پروتئین شیر و حتی افزودن پروتئین سبوس برنجمی‌تواند ناشی از حضور ساپونین و پپتیدهای تلخ در پروتئین استخراج شده و همچنین تشکیل واکنش مایلارد و در نتیجه تولید رنگ‌دانه‌های قهوه‌ای یا زرد

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-29]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.124.23.0]
[DOI: 10.52547/fsct.19.124.157]

رنگ در محصول باشد[٥٤]. با توجه به عطر و بوی پروتئین سبوس برنج و همچنین رنگ و مزه آن و با توجه به اینکه در این پژوهش از مواد طعم‌دهنده یا تقویت‌کننده طعم استفاده نشده است، امتیازها دور از انتظار نبوده است.

٤- نتیجه‌گیری کلی

ویژگی‌های بافتی، رنگی و حسی محصولات لبنی از جمله مهم‌ترین عوامل مؤثر بر پذیرش این محصولات می‌باشند. هدف از انجام این پژوهش، امکان‌سنجی تولید دسر لبنیکم کالری و ضد حساسیتباپروتئین سبوس برنج جهت مصرف بزرگ‌سالان و کودکان خصوصاً کودکان دارای حساسیت به پروتئین شیر و بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، رئولوژیکی، بافتی، رنگی و حسی دسر لبنی بود. با توجه به نتایج به دست آمده از خواص عملکردی پروتئین سبوس برنج، این پروتئین قابل استفاده در دسر لبنی می‌باشد. همان‌گونه که انتظار می‌رفت استفاده از پودر پروتئینی سبوس برنج باعث کاهش نمره رنگ، بو و طعم در ارزیابی حسی و سفیدی و زردی در اندازه‌گیری دستگاهی رنگ نسبت به نمونه دسر حاوی پروتئین شیر شد. با وجود این، قابلیت پذیرش دسر حاوی پروتئین سبوس برنج خوب و قابل‌مقایسه با دسر لبنی حاوی پروتئین شیر بود. از لحاظ ویژگی‌های بافتی، دسر تهیه شده از پروتئین سبوس برنج، کار کل، سختی، چسبندگی و پیوستگی کمتری نسبت به نمونه دسر تهیه شده از پروتئین شیرداشت. به‌طورکلی پیشنهاد می‌گردد که از روش سطح پاسخ جهت بهینه‌سازی غلظت پروتئین سبوس برنج و سایر افزودنی‌ها جهت اصلاح ویژگی‌های رئولوژیکی، بافتی، رنگی و حسی و بهبود پذیرش دسرهای لبنی کم‌چرب نزد مصرف‌کننده استفاده گردد.

٥- منابع

[1] Vandenplas, Y., De Greef, E. and Devreker, T., 2014. Treatment of cow's milk protein allergy. *Pediatric gastroenterology, hepatology & nutrition*, *17*(1), pp.1-5.

[2] Joeckel, R.J. and Phillips, S.K., 2009. Overview of infant and pediatric formulas. *Nutrition in clinical practice*, *24*(3), pp.356-362.

[3] Salvatore, S. and Vandenplas, Y., 2016. Hydrolyzed proteins in allergy. In *Protein in Neonatal and Infant Nutrition: Recent Updates* (Vol. 86, pp. 11-27). Karger Publishers.

[4] Martin, C., Lange, C. and Marette, S., 2021. Importance of additional information, as a complement to information coming from packaging, to promote meat substitutes: A case study on a sausage based on vegetable proteins. *Food Quality and Preference*, *87*, p.104058.

[5] Lee, J.S., Oh, H., Choi, I., Yoon, C.S. and Han, J., 2022. Physico-chemical characteristics of rice protein-based novel textured vegetable proteins as meat analogues produced by low-moisture extrusion cooking technology. *LWT*, p.113056.

[6] Clark, A., Soni, B.K., Sharkey, B., Acree, T., Lavin, E., Bailey, H.M., Stein, H.H., Han, A., Elie, M. and Nadal, M., 2022. Shiitake mycelium fermentation improves digestibility, nutritional value, flavor and functionality of plant proteins. *LWT*, p.113065.

[7] Cordelle, S., Redl, A. and Schlich, P., 2022. Sensory acceptability of new plant protein meat substitutes. *Food Quality and Preference*, p.104508.

[8] Chandi, G.K. and Sogi, D.S., 2007. Functional properties of rice bran protein concentrates. *Journal of Food Engineering*, *79*(2), pp.592-597.

[9] Esmaeili, M., Rafe, A., Shahidi, S.A. and Ghorbani Hasan‐Saraei, A., 2016. Functional properties of rice bran protein isolate at different pH levels. *Cereal chemistry*, *93*(1), pp.58-63.

[10] Tayefe, M., Shahidi, S.A., Milani, J.M. and Sadeghi, S.M., 2020. Development, optimization, and critical quality characteristics of new wheat-flour dough formulations fortified with hydrothermally-treated rice bran. *Journal of Food Measurement and Characterization*, *14*(5), pp.2878-2888.

[11] Rafe, A., Vahedi, E. and Hasan‐Sarei, A.G., 2016. Rheology and microstructure of binary mixed gel of rice bran protein–whey: effect of heating rate and whey addition. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *96*(11), pp.3890-3896.

[12] Biglarian, N., Atashzar, A., Rafe, A. and Shahidi, S.A., 2022. Effect of rice bran protein and modified basil seed gum on physicochemical properties and stability of confectionery cream. *Journal of food science and technology (Iran)*, *18*(121), pp.13-24.

[13] Wang, M., Hettiarachchy, N.S., Qi, M., Burks, W. and Siebenmorgen, T., 1999. Preparation and functional properties of rice

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-29]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.124.23.0]
[DOI: 10.52547/fsct.19.124.157]

[24] Singh, V., David, J., Kishor, K. and Mishra, S., 2018. Effect of different level of rice flour on physico-chemical properties of low fat frozen dessert. *European Journal of Biotechnology and Bioscience*, *6(5)*, pp.01-04.

[25] Depypere, F., Verbeken, D., Torres, J.D. and Dewettinck, K., 2009. Rheological properties of dairy desserts prepared in an indirect UHT pilot plant. *Journal of food engineering*, *91*(1), pp.140-145.

[26] Buriti, F.C. and Saad, S.M., 2014. Chilled milk-based desserts as emerging probiotic and prebiotic products. *Critical reviews in food science and nutrition*, *54*(2), pp.139-150.

[27] McSweeney, P.L. and McNamara, J.P., 2022. *Encyclopedia of dairy sciences (Third Edition)*. Academic Press. pp. 489-497.

[28] 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*, *4*(2).

[29] AOAC, 2010. *Official methods of analysis of AOAC International. Volume I, agricultural chemicals, contaminants, drugs/edited by William Horwitz*. Gaithersburg (Maryland): AOAC International, 1997.

[30] Rafe, A., Mousavi, S.S. and Shahidi, S.A., 2014. Dynamic rheological behavior of rice bran protein (RBP): Effects of concentration and temperature. *Journal of Cereal Science*, *60*(3), pp.514-519.

[31] Seuvre, A.M., Turci, C. and Voilley, A., 2008. Effect of the temperature on the release of aroma compounds and on the rheological behaviour of model dairy custard. *Food chemistry*, *108*(4), pp.1176-1182.

[32] Siamand, R., Deeth, H.C. and Al-Saadi, J.M., 2014. Textural and sensory properties of a calcium-induced milk gel. *Journal of Food Engineering*, *139*, pp.10-12.

[33] Patsanguan, S., Hisaranusorn, N., Phongthai, S. and Rawdkuen, S., 2014. Rice bran protein isolates: Preparation and their physico-chemical and functional properties. *Food and Applied bioscience journal*, *2*(3), pp.169-182.

[34] Furlán, L.T.R. and Campderrós, M.E., 2017. The combined effects of Stevia and sucralose as sugar substitute and inulin as fat mimetic on the physicochemical properties of sugar-free reduced-fat dairy dessert. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, *10*, pp.16-23.

bran protein isolate. *Journal of agricultural and food chemistry*, *47*(2), pp.411-416.

[14] 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*(1), pp.152-157.

[15] Naghizadeh Raeisi, S., Mohamadi Rami, A., Shahidi, S.A. and Ghorbani-HasanSaraei, A., 2019. Functional characteristics of rice bran protein isolate (Hashemi cultivar). *Food Science and Technology*, *15*(85), pp.467-478.

[16] Tárrega, A. and Costell, E., 2006. Effect of inulin addition on rheological and sensory properties of fat-free starch-based dairy desserts. *International Dairy Journal*, *16*(9), pp.1104-1112.

[17] Ares, G., Baixauli, R., Sanz, T., Varela, P. and Salvador, A., 2009. New functional fibre in milk puddings: Effect on sensory properties and consumers' acceptability. *LWT-Food Science and Technology*, *42*(3), pp.710-716.

[18] Ghorbani‐HasanSaraei, A., Rafe, A., Shahidi, S.A. and Atashzar, A., 2019. Microstructure and chemorheological behavior of whipped cream as affected by rice bran protein addition. *Food science & nutrition*, *7*(2), pp.875-881.

[19] El-Garawany, G.A. and Abd El Salam, M.H., 2005. Preparation and rheological properties of a dairy dessert based on whey protein/potato starch. *Food chemistry*, *91*(2), pp.261-267.

[20] Szwajgier, D. and Gustaw, W., 2015. The addition of malt to milk-based desserts: Influence on rheological properties and phenolic acid content. *LWT-Food Science and Technology*, *62*(1), pp.400-407.

[21] Tárrega, A., Durán, L. and Costell, E., 2004. Flow behaviour of semi-solid dairy desserts. Effect of temperature. *International dairy journal*, *14*(4), pp.345-353.

[22] Majzoobi, M., Ghiasi, F. and Farahnaky, A., 2016. Physicochemical assessment of fresh chilled dairy dessert supplemented with wheat germ. *International journal of food science & technology*, *51*(1), pp.78-86.

[23] Verbeken, D., Bael, K., Thas, O. and Dewettinck, K., 2006. Interactions between κ-carrageenan, milk proteins and modified starch in sterilized dairy desserts. *International Dairy Journal*, *16*(5), pp.482-488.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-29]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.124.23.0]
[DOI: 10.52547/fsct.19.124.157]

properties of flour produced from two varieties of tigernut (*Cyperus esculentus*). *African Journal of Biotechnology*, *6*(21).
[47] McClements, D.J., 2004. *Food emulsions: principles, practices, and techniques*. CRC press.
[48] Theerakulkait, C., Chaiseri, S. and Mongkolkanchanasiri, S., 2006. Extraction and some functional properties of protein extract from rice bran. *Agriculture and Natural Resources*, *40*(5), pp.209-214.
[49] Gilbert, A., Rioux, L.E., St-Gelais, D. and Turgeon, S.L., 2020. Characterization of syneresis phenomena in stirred acid milk gel using low frequency nuclear magnetic resonance on hydrogen and image analyses. *Food Hydrocolloids*, *106*, p.105907.
[50] Lee, K.Y., Shim, J., Bae, I.Y., Cha, J., Park, C.S. and Lee, H.G., 2003. Characterization of gellan/gelatin mixed solutions and gels. *LWT-Food Science and Technology*, *36*(8), pp.795-802.
[51] Nieuwland, M., Bouwman, W.G., Pouvreau, L., Martin, A.H. and de Jongh, H.H., 2016. Relating water holding of ovalbumin gels to aggregate structure. *Food Hydrocolloids*, *52*, pp.87-94.
[52] Li, Y., Lu, F., Luo, C., Chen, Z., Mao, J., Shoemaker, C. and Zhong, F., 2009. Functional properties of the Maillard reaction products of rice protein with sugar. *Food chemistry*, *117*(1), pp.69-74.
[53] Li, Y., Zhong, F., Ji, W., Yokoyama, W., Shoemaker, C.F., Zhu, S. and Xia, W., 2013. Functional properties of Maillard reaction products of rice protein hydrolysates with mono-, oligo-and polysaccharides. *Food Hydrocolloids*, *30*(1), pp.53-60.
[54] Phantuwong, N., 2017. *Functional and Biological Properties of Sang Yod Rice Bran Hydrolysate Prepared by enzymatic Hydrolysis and Its Application in Rice Pudding Product* (Doctoral dissertation, Prince of Songkla University).
[55] Kazemi-Taskooh, Z. and Varidi, M., 2021. Designation and characterization of cold-set whey protein-gellan gum hydrogel for iron entrapment. *Food Hydrocolloids*, *111*, p.106205.
[56] Jang, B.K. and Matsubara, H., 2005. Influence of porosity on hardness and Young's modulus of nanoporous EB-PVD TBCs by nanoindentation. *Materials Letters*, *59*(27), pp.3462-3466.
[35] Rafe, A. and Sadeghian, A., 2017. Stabilization of Tarom and Domesiah cultivars rice bran: Physicochemical, functional and nutritional properties. *Journal of Cereal Science*, *74*, pp.64-71.
[36] Jiamyangyuen, S., Srijesdaruk, V. and Harper, W.J., 2005. Extraction of rice bran protein concentrate and its application in bread. *Extraction*, *27*(1), p.56.
[37] Keshavarz, H.A., Aelami, M., Motamedzadegan, A., Maghsoudloo, Y., Ghorbani, M. And Daraei, G.A., 2012. Chemical composition and physicochemical properties of iranian rice bran. *Journal of Innovation in Food Science and Technology*, *4(3)*, Pp.1-8.
[38] Aletor, O.L.U.W.A.T.O.Y.I.N., Oshodi, A.A. and Ipinmoroti, K., 2002. Chemical composition of common leafy vegetables and functional properties of their leaf protein concentrates. *Food chemistry*, *78*(1), pp.63-68.
[39] Foegeding, E.A., 2006. Food biophysics of protein gels: A challenge of nano and macroscopic proportions. *Food Biophysics*, *1*(1), pp.41-50.
[40] Lawal, O.S., 2004. Functionality of African locust bean (Parkia biglobossa) protein isolate: effects of pH, ionic strength and various protein concentrations. *Food Chemistry*, *86*(3), pp.345-355.
[41] Seena, S. and Sridhar, K.R., 2005. Physicochemical, functional and cooking properties of under explored legumes, Canavalia of the southwest coast of India. *Food Research International*, *38*(7), pp.803-814.
[42] El Nasri, N.A. and El Tinay, A.H., 2007. Functional properties of fenugreek (Trigonella foenum graecum) protein concentrate. *Food chemistry*, *103*(2), pp.582-589.
[43] Narsimhan, G. and Xiang, N., 2018. Role of proteins on formation, drainage, and stability of liquid food foams. *Annual review of food science and technology*, *9*, pp.45-63.
[44] Cao, X., Wen, H., Li, C. and Gu, Z., 2009. Differences in functional properties and biochemical characteristics of congenetic rice proteins. *Journal of cereal science*, *50*(2), pp.184-189.
[45] Kaur, M. and Singh, N., 2007. Characterization of protein isolates from different Indian chickpea (Cicer arietinum L.) cultivars. *Food Chemistry*, *102*(1), pp.366-374.
[46] Oladele, A.K. and Aina, J.O., 2007. Chemical composition and functional

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-29]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.124.23.0]
[DOI: 10.52547/fsct.19.124.157]

Iranian Journal of Food Science and Technology

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Extraction and characterization of rice bran protein and its utilization in low-fat dairy dessert as a substitute for dairy protein

Mohammadi, A. [1], Shahidi, S. A. [2]*, Rafe, A. [3], Naghizadeh Raeisi, Sh. [4], Ghorbani-HasanSaraei, A. [5]

1. Department of Food Science and Technology, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran.
2. Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran.
3. Associate Professor, Department of Food Processing, Research Institute of Food Science and Technology (RIFST), Mashhad, .
4. Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran.
5. Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran.

ABSTRACT

Rice bran protein is a valuable plant protein that has received much attention in recent years due to its unique functional, nutritional, and hypoallergenic properties. The purpose of this paper is to study the utilization of the rice bran protein (RBP) in low-fat dairy dessert for children who have been shown milk protein allergy. Protein concentrates were prepared from defatted rice bran and analyzed for their functional properties. Rice (Champa Variety)bran proteins were prepared by alkaline extracted. The functional properties of rice bran protein (solubility, foaming capacity and stability, water and oil absorption capacity and Emulsifying properties) were determined. Also physicochemical, sensory properties and texture of low-fat dairy dessert were determined. It was found that pH was significantly effective in the RBP functional properties ($P<0.05$). Water absorption capacity and oil absorption capacity of RBP were obtained 4.21 g/g and 3.87 g/g, respectively. The results indicated that RBP concentrate can be effectively used for various functional food formulations like dairy dessert. The effect of protein on the color properties of dairy dessert was significant. Whiteness Index was, however, decreased by increasing rice bran protein but yellowness index was increased by increasing rice bran protein in the dessert. There was no significant difference between protein-containing dessert samples ($P<0.05$). Textural characteristics of dairy dessert containing rice bran protein were significantly different from dairy dessert containing milk protein. Dairy dessert containing rice bran protein showed more desirable sensory properties than the protein-free sample but dairy dessert containing skim milk was better.

ARTICLE INFO

Article History:

Received 2022/ 01/ 19
Accepted 2022/ 02/ 22

Keywords:

Low fat dairy dessert,
Rice bran protein,
Functional properties,
Texture.

DOI: 10.52547/fsct.19.124.157

DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.123.7.2

*Corresponding Author E-Mail:
sashahidy@yahoo.com

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-29]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.124.23.0]
[DOI: 10.52547/fsct.19.124.157]