

بهینه سازی پایدارسازی سبوس برنج با تیمارهای مختلف دما و زمان

جعفر محمدزاده میلانی^{۱*}، پریسا فلاح نیم چاهی^۲، فهیمه احمدی^۳

۱- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
 ۲- کارشناس گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
 ۳- دانشجوی دکتری گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
 (تاریخ دریافت: ۹۵/۰۸/۲۷ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۱/۱۴)

چکیده

سبوس برنج از مهم‌ترین محصولات فرعی برنج می‌باشد که حدود ۱۰ درصد وزن آن را تشکیل می‌دهد و منبع سرشاری از مواد معدنی، اسیدهای آمینه، کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها و ویتامین‌ها می‌باشد. به دلیل وجود این ترکیبات، این محصول غذایی بسیار ناپایدار و مستعد فساد می‌باشد. در پژوهش حاضر از آنزیم فیتاز و اعمال حرارت خشک در دو دمای ۱۲۰ و ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد و در دو بازه زمانی ۱۰ و ۲۰ دقیقه جهت پایدارسازی سبوس استفاده گردید و اندازه‌گیری‌ها در طول مدت چهار هفته نگهداری صورت گرفت. پارامترهای اندازه‌گیری شده عبارت بودند از: میزان خاکستر، پروتئین، چربی، اسیدهای چرب آزاد، اندیس پراکسید و اسید فیتیک. در ارتباط با میزان خاکستر و پروتئین مناسب‌ترین تیمار دمای ۱۱۰⁰C به مدت ۱۰ دقیقه حرارت دهی بود. در ارتباط با میزان چربی تفاوتی بین تیمارها و نمونه شاهد مشاهده نشد. کمترین میزان اسید فیتیک در تیمار حرارت دیده در دمای ۱۲۰⁰C به مدت ۲۰ دقیقه و بالاترین مقدار آن در نمونه شاهد مشاهده گردید. در مقدار اسید چرب آزاد کمترین میزان مربوط به تیمار ۱۲۰⁰C به مدت ۲۰ دقیقه بود و کمترین میزان اندیس پراکسید مربوط به تیمارهای ۱۲۰⁰C بود. نتایج نشان داد که افزودن آنزیم و اعمال حرارت ۱۲۰⁰C سبب پایداری سبوس و حفظ بهتر ارزش تغذیه‌ای آن به ویژه از لحاظ کمیت و کیفیت روغن آن می‌گردد.

کلید واژگان: اسید فیتیک، بهینه سازی، پایدارسازی، حرارت، سبوس برنج

*مسئول مکاتبات: jmilany@yahoo.com

۱- مقدمه

برنج گیاهی یکساله از تیره غلات (گرامینه) و یکی از محصولات مهم کشاورزی کشور است. از آنجا که برنج فاقد مواد آلرژی زا از قبیل گلوتن است، ماده‌ی غذایی مناسبی برای برنامه غذایی افراد در نظر گرفته می‌شود. برنج مهم‌ترین محصول غله‌ای در آسیا بوده و غذای اصلی جمعیت این قاره را تشکیل می‌دهد [۱]. فراوری برنج یا شالیکوبی چندین ماده تولید می‌کند که عبارتند از پوسته، برنج آسیاب شده و سبوس برنج که در واقع محصول جانبی این فرایند می‌باشد. سبوس برنج شامل ۱۶-۱۴ درصد پروتئین است و پروفایل اسیدهای آمینه آن عموماً بهتر از سایر غلات است. ارزش پروتئینی سبوس برنج نسبتاً بالاست و این ارزشمندی عمدتاً به خاطر مقادیر زیاد اسید آمینه لیزین می‌باشد، اسید آمینه ضروری‌ای که به راحتی در فرآورده‌های غذایی از دست می‌رود [۲].

علاوه بر این، سبوس برنج به عنوان منبع مهم فیبر رژیمی مورد توجه قرار گرفته است. فیبر رژیمی به دو دسته محلول و نامحلول تقسیم می‌شود که سبوس برنج درصد بیشتری از فیبرهای رژیمی نامحلول را در خود دارد [۳]. مواد معدنی و آلفا توکوفرول موجود در سبوس برنج از طریق کاهش خطر ابتلا به سرطان، بیماری‌های قلبی و عروقی، آلزایمر، سنگ کلیه، چربی خون و دیگر بیماری‌ها نقش مهمی در ارتقاء سلامتی دارد [۴].

در تحقیقات به عمل آمده طی دهه‌های گذشته بیش از صد آنتی‌اکسیدان در سبوس برنج شناسایی شده که در بدن باعث محافظت از پوست در مقابل اشعه ماورابنفش خورشید و تاخیر در پیری پوست می‌شوند. آنتی‌اکسیدان‌های سبوس برنج همچنین تأثیر کاهنده بر کلسترول خون داشته و بر بیماری‌های وابسته به استرس مانند سرطان، بیماری‌های قلبی، التهاب و افزایش وزن اثر بازدارنده دارند. این خاصیت آنتی‌اکسیدانی علاوه بر خاصیت تغذیه‌ای سلامت بخش، در صنایع غذایی نیز جنبه نگهدارنده دارد [۵].

متأسفانه علی‌رغم ارزش تغذیه‌ای بالا سبوس برنج به عنوان ضایعات کشاورزی محسوب شده و معمولاً به مصرف خوراک دام و طیور می‌رسد. دلیل این امر عمدتاً به خاطر عوامل ضد تغذیه‌ای آن می‌باشد که ارزش غذایی آن را کاهش می‌دهد. آنزیم‌های اکسایشی مانند لپاز و لیپوکسیژناز، اسید فیتیک و... از جمله عوامل ضدتغذیه‌ای آن به شمار می‌روند. در تمامی

کاربردها باید از سبوسی استفاده نمود که آنزیم‌های آن به طور مناسبی غیرفعال شده باشند. در حال حاضر بزرگ‌ترین مشکل صنعت تولید روغن از سبوس برنج، انبارمانی کم آن تا قبل از فرایند استحصال روغن می‌باشد. هم چنین رطوبت سبوس، بالا بودن دما، رطوبت نسبی انبار و بسته بندی نامناسب شرایط لازم برای فعالیت هرچه بیشتر آنزیم‌های لیپولیتیک را فراهم کرده و موجب فساد سبوس و در نتیجه تغییرات نامطلوب روغن حاصله می‌گردد. علاوه بر تندی اکسایشی، تندی هیدرولیتیکی سبوس، از بین رفتن ویتامین‌ها، رشد میکروب‌ها و تولید توکسین‌ها توسط برخی از آن‌ها در دوره انبارمانی، باعث غیرقابل مصرف شدن آن و کاهش ارزش تغذیه‌ای سبوس حتی به عنوان خوراک دام می‌گردد [۶].

به منظور تبدیل سبوس برنج به یک منبع غذایی مناسب ابتدا ضروری است که فاکتورهای ضد تغذیه‌ای موجود در آن حذف یا غیر فعال شوند. غنی بودن سبوس برنج از نظر کربوهیدرات‌ها، اسیدهای آمینه آزاد و آنزیم‌ها باعث بروز مشکلاتی در مدت نگهداری و زمان انبارمانی مفید آن می‌گردد. تیمار شیمیایی و مرطوب کردن سبوس برنج تا حدودی قادر به تخریب ساختارهای ضد تغذیه‌ای سبوس بوده و موجب بهبود ارزش غذایی آن می‌شود [۷].

عملیات تثبیت می‌تواند به عنوان عملیاتی در جهت غیرفعال‌سازی آنزیم‌های لپاز و لیپوکسیژناز، هیدرولیز اسید فیتیک به اینوزیتول و فسفات، دنا توره کردن بازدارنده تریپسین و هم‌آگلوتنین لکتین سبوس با کمترین اثر منفی بر ارزش تغذیه‌ای آن تلقی شود. همچنین این عملیات زمینه‌های هجوم حشرات، باکتری‌ها و قارچ‌ها را از بین برده و به این ترتیب خود باعث افزایش ماندگاری سبوس نیز می‌گردد [۸].

در بررسی سیلوا و همکاران (۲۰۰۶) از روشهای برشته کردن و پیش‌جوش کردن، برای پایداری اکسایشی سبوس برنج استفاده شد. بعد از چهار ماه نگهداری بیشترین پایداری در نمونه‌های پیش جوش شده در ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه مشاهده شد [۹].

در پژوهشی شارما و همکاران (۲۰۰۷) به بررسی خصوصیات فیزیکیوشیمیایی سبوس برنج تثبیت شده با حرارت خشک و اکستروژن پرداختند. با استفاده از فرآیند اکستروژن نسبت به حرارت دهی در ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد ماندگاری سبوس برنج بیشتر افزایش یافت [۱۰].

حرارت دهی خشک، حرارت‌دهی با مایکروویو، اتوکلاو کردن و بخاردهی با اتانل، روش اتوکلاو کردن (۲۱) درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه) موثرترین روش در پایدارسازی سبوس برنج شناخته شد [۱۸].

در تحقیق ساتر و همکاران (۲۰۱۴) تیمار سرد برای پایدارسازی سبوس برنج اعمال شد. نتایج آنها حاکی از آن بود که تثبیت به روش سرد می‌تواند مانع از فعالیت لیپاز و باعث بهبود ماندگاری سبوس برنج با حفظ ترکیبات مغذی آن گردد [۱۹].

در بررسی پاتیل و همکاران (۲۰۱۶) به بررسی تاثیر فرآیند تثبیت با استفاده از پیش‌جوش کردن و مایکروویو بر خصوصیات تغذیه‌ای سبوس برنج پرداخته شد. روش مایکروویو توانست باعث حفظ و تثبیت سبوس برنج بدون هرگونه افت تغذیه‌ای برای یک دوره سه ماهه گردد اما از لحاظ راندمان روغن استحصالی از روش پیش‌جوش کردن پایین‌تر بود [۲۰].

در یک بررسی جدیدتر ییلماز (۲۰۱۶) با استفاده از امواج مادون قرمز در قدرت ۷۰۰ وات به مدت ۷ دقیقه توانست بدون تغییر چشمگیری در اسیدهای چرب آزاد ماندگاری سبوس را برای مدت ۹۰ روز افزایش دهد [۲۱].

از آن جا که منطقه شمال به عنوان تولیدکننده اصلی برنج کشور در نظر گرفته شده و همواره سبوس یک فرآورده جنبی در فرایند تبدیل بوده که حجم زیادی را به خود اختصاص می‌دهد و با توجه به در نظر گرفتن پتانسیل سبوس برنج، توجه به این فرآورده به منظور استفاده از آن در مصارف صنعتی به خصوص صنایع غذایی ضروری به نظر می‌رسد. لذا فراوری بهینه سبوس برنج می‌تواند با غیرفعال کردن عوامل ضد تغذیه‌ای موجب ماندگاری بیشتر سبوس برنج و ارتقاء ارزش تغذیه‌ای آن شود.

پایدار نمودن سبوس به منظور جلوگیری از هیدرولیز چربی موجود در آن و ممانعت از تولید اسیدهای چرب آزاد و هم چنین غیرفعال نمودن فاکتورهای ضد تغذیه‌ای موجود در آن صورت می‌گیرد. به همین منظور هدف از پژوهش حاضر تولید یک محصول با ارزش افزوده از سبوس برنج جهت ارتقا و حفظ سلامت جامعه و استفاده از آن به عنوان یک غذای عملگر در رژیم غذایی روزانه و ترغیب به استفاده از یک محصول فرعی با قیمت تمام شده کم‌تر و جایگزینی آن در فرآورده‌های غذایی می‌باشد.

در مطالعه آماراسینگ و همکاران (۲۰۰۹) تاثیر چندین روش تثبیت سبوس برنج شامل بخاردهی، خشک‌کردن آفتابی، خشک‌کردن با هوای گرم، روش شیمیایی و سرد کردن را عمدتاً بر روی راندمان روغن و کیفیت آن بررسی شد. بخاردهی موثرترین روش تثبیت شناخته شد [۱۱].

در تحقیقی دیگر پورعلی و همکاران (۲۰۰۹) به استخراج و پایدارسازی روغن سبوس برنج با کمک آب‌زیرجرانی در دماهای مختلف پرداختند. دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد نسبت به دماهای بالاتر باعث کمترین افزایش در اسید چرب آزاد در طی دوره نگهداری شد [۱۲].

فاریا و همکاران (۲۰۱۲) دو روش تثبیت شامل برشته کردن و مایکروویو را بر سبوس برنج اعمال کردند. از بین این دو روش مایکروویو باعث حفظ بهتر مواد مغذی در سبوس گردید [۱۳].

در تحقیق دیگری دینگرا و همکاران (۲۰۱۲) به بررسی پایدارسازی سبوس برنج با حرارت دهی اهمی پرداختند. حرارت دهی اهمی توانست تاثیر بازدارنده ای بر افزایش اسیدهای چرب آزاد در سبوس برنج ایفا کند [۱۴].

در بررسی دیگر تانونکا و همکاران (۲۰۱۲) به بررسی اثر روش‌های مختلف پایدارسازی حرارتی بر روغن سبوس برنج پرداختند. روش‌های مختلف حرارت دهی باعث بهبود راندمان استخراج روغن، کیفیت و خاصیت آنتی‌اکسیدانی آن گردید. از بین روش‌های هوای داغ، مایکروویو، برشته کردن و بخاردهی، روش‌های مایکروویو و هوای داغ مناسبترین روشها از لحاظ اندیس پراکسید و اسیدهای چرب آزاد شناخته شدند [۱۵].

نوردین و همکاران (۲۰۱۴) به بررسی روش‌های مختلف پایدارسازی شامل مایکروویو، پرتو دهی گاما و تیمار شیمیایی با اسید هیدروکلریک بر کیفیت تغذیه ای سبوس برنج پرداختند. آنها بهترین روش را روش مایکروویو معرفی کردند [۱۶].

کیم و همکاران (۲۰۱۳) به بررسی اثر تیمار حرارتی در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰، ۲۰ و ۳۰ دقیقه بر پایداری سبوس و روغن حاصل از آن پرداختند و تیمار ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت حداقل ۲۰ دقیقه را برای پایدارسازی روغن سبوس برنج پیشنهاد کردند [۱۷].

کیم و همکاران (۲۰۱۴) در تحقیق دیگری اثر تیمارهای حرارتی مختلف را بر تندی روغن سبوس برنج بررسی کردند. از میان حرارت دهی خشک، خشک کردن انجمادی قبل از

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

سبوس برنج مورد استفاده در این پژوهش از واحدهای فراوری برنج استان مازندران جمع آوری گردید. کلیه مواد شیمیایی مورد استفاده تولید شرکت پارس شیمی ایران بودند و آنزیم فیتاز مورد استفاده از شرکت مرک^۱ آلمان تهیه گردید.

۲-۲- روش‌ها

۲-۲-۱- پایدارسازی نمونه‌ها

پایدارسازی با افزودن آنزیم فیتاز به نسبت ۰/۱ درصد وزنی- وزنی و مرطوب کردن آن جهت شروع فعالیت آنزیم آغاز و پس از آن چهار تیمار حرارتی در دما- زمان‌های مختلف (۱۱۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ دقیقه، ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه، ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ دقیقه و ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه) با استفاده از دستگاه خشک کن ممرتساخت کشور آلمان بر روی آن اعمال گردید. آزمون‌های تقریبی، اسید فیتیک، اندیس پراکسید و اسید چرب آزاد بار اول پس از پایان حرارت دهی و بار دوم در پایان چهار هفته نگهداری انجام شدند.

۲-۲-۲- آنالیز تقریبی^۲

برای اندازه‌گیری رطوبت نمونه‌ها، ابتدا ۵ گرم نمونه سبوس توزین شده و در دمای ۱۳۵ درجه سانتی‌گراد در آون^۳ ممرت به مدت سه ساعت نگهداری شد تا به وزن ثابت برسد. تعیین خاکستر با استفاده از ۵ گرم نمونه در کوره‌ها دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد صورت گرفت.

اندازه‌گیری میزان پروتئین با روش کلدال^۴ با استاندارد AACC به شماره ۱۲-۶۶ صورت گرفت [۲۲]. ۲ گرم نمونه به همراه ۵ گرم کاتالیزور کلدال (مخلوط سولفات سدیم خشک، سولفات مس و اکسید سلنیوم) و ۲۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ در بالن هضم کلدال ریخته شد و عمل هضم تا تبدیل آن به مایع شفاف سبز-آبی ادامه یافت، پس از آن مرحله تقطیر با اضافه شدن ۳۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر و ۷۵ میلی‌لیتر محلول سود ۵۰ درصد و حرارت دهی آغاز گردید. در پایان ظرف حاوی ۲۵۰ میلی‌لیتر محلول بورات آمونیوم با

اسید سولفوریک یک دهم نرمال تا بازگشت آن به رنگ اولیه تیترا گردید و مقدار پروتئین موجود در نمونه محاسبه شد.

میزان روغن با روش استخراج با حلال اتیل اتر با استناد به استاندارد AACC به شماره ۱۰-۶۶ اندازه‌گیری شد. در این روش ۳ گرم نمونه خشک شده سبوس برنج درون بخش اکسترکتور دستگاه سوکسله^۵ قرار داده شد و پس از روشن نمودن هیتر، حلال دی اتیل اتر اضافه شده به آن شروع به تبخیر نمود، بخارات حلال در برخورد با مبرد سرد شده و به صورت قطرات مایع دوباره روی نمونه ریخته شد، این عمل (رفلاکس) به مدت ۸ ساعت تکرار گردید. در پایان مقدار روغن استخراج شده در بالن ته گرد اندازه‌گیری گردید.

۲-۲-۳- اسیدفیتیک

اسید فیتیک با روش اسپکتروفتومتری بر روی سبوس خام اندازه‌گیری شد [۲۳]. در این روش ابتدا به ۵ گرم نمونه پودر شده سبوس برنج، ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول هیدروکلریدریک اسید ۱/۲٪ حاوی ۱۰٪ سولفات سدیم اضافه شد. سپس به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق مخلوط گردید. مخلوط در سانتریفوژ^۶ هرمله^۷ مدل Z200A ساخت کشور آلمان با دور ۵۰۰۰ rpm به مدت ۴۰ دقیقه قرار داده شد. ۱۰ میلی‌لیتر از محلول رویی که شامل اسیدفیتیک استخراج شده است، برداشته شد، به آن ۵ میلی‌لیتر محلول اسیدکلریدریک ۰/۶٪ حاوی ۵٪ سولفات سدیم و ۰/۴٪ کلرید آهن اضافه گردیده و به مدت ۴۰ دقیقه در حمام آب داغ جوشانده شد و رسوب تشکیل شده در سانتریفوژ در ۵۰۰۰ rpm به مدت ۳۰ دقیقه جدا شد. به رسوب، ۶ میلی‌لیتر محلول اسیدسولفوریک و اسید نیتریک غلیظ به نسبت یکسان افزوده و عمل هضم محلول در بالن هضم کلدال تا پدیدار شدن بخار سفید بر روی مایع ادامه یافت. به محلول هضم شده به آرامی ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه گردید و به مدت ۳۰ دقیقه در حمام آب جوش قرار داده شد. پس از به حجم رساندن تا ۱۰۰ میلی‌لیتر، ۵ میلی‌لیتر از آن برداشته و به همراه ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر و ۲۵ میلی‌لیتر محلول رنگی حاوی هپتا مولیبدات آمونیوم به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد. پس از ۱۵ دقیقه استراحت جذب نمونه در طول موج ۴۲۰ نانومتر در دستگاه اسپکتروفتومتر آنالیتیک

1. Soxhlet
2. Centrifuge
3. Hermle

1. Merck
2. Proximate
3. Oven
4. Kjeldahl

تمامی آزمون‌ها در حداقل سه تکرار صورت گرفت و نتایج در قالب طرح کاملاً تصادفی و آنالیز واریانس و مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. ارزیابی داده‌ها توسط نرم‌افزار SPSS انجام و جدول‌ها در محیط نرم افزار Excel رسم شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- آنالیز تقریبی

مقادیر اندازه‌گیری شده خاکستر، پروتئین و چربی برای نمونه سبوس خام اولیه در جدول شماره ۱ قابل مشاهده است. بنابر جدول شماره یک میزان خاکستر در تیمارهای 120°C کاهش یافت اما تیمارهای 110°C تغییر معنی داری در آن ایجاد نکردند. در هفته چهارم نگهداری نیز بیشترین کاهش مربوط به تیمارهای 120°C بود. تیمار 120°C به مدت ۲۰ دقیقه کمترین خاکستر را چه در هفته اول و چه در طی نگهداری داشت. کاهش خاکستر در تطابق با نتایج سیلوا و همکاران (۲۰۰۶) و فاریا و همکاران (۲۰۱۲) بود.

در ارتباط با میزان پروتئین بیشترین کاهش در تمام مدت نگهداری مربوط به تیمارهای 120°C به ویژه در مدت ۲۰ دقیقه بود. تیمار به هر چهار روش تأثیری بر میزان چربی سبوس در تمام مدت نگهداری نداشت. بطوریکه علیرغم افزایش اندک اما این تغییر معنی دار نبود.

همانطور که در رابطه با دو فاکتور پروتئین و خاکستر مذکور مشاهده می‌شود تیمارهای 110°C بویژه در مدت زمان ۱۰ دقیقه فرآیند کمترین تأثیر نامطلوب را بر این سه فاکتور داشته اند.

در بررسی شارما و همکاران (۲۰۰۷) فقط چربی و خاکستر تحت تأثیر روش پایدارسازی قرار گرفته بودند در حالیکه سایر اجزا تقریباً ثابت باقی ماندند. سبوس برنج اکستروود شده خاکستر بیشتری نسبت به سبوس حرارت دیده به روش خشک داشت. این افزایش در محتوای خاکستر به املاح موجود در آب مورد استفاده در اکستروژن نسبت داده شد. میزان چربی در روش اکستروژن بیشتر از سبوس خام بود به این دلیل که فرآیند تثبیت باعث الحاق سلولهای چربی به هم و پارگی سلولها و در نتیجه بهبود استخراج روغن شده بود [۱۰].

در تحقیقات فاریا و همکاران (۲۰۱۲) هردو روش پایدارسازی به ویژه در روش مایکروویو میزان لیپید و پروتئین افزایش یافت.

جنا^۹ مدل اسپیکل^۹ ۲۰۰۰ ساخت کشور آلمان قرائت گردید و مقدار اسید فیتیک بر اساس فرمول زیر اندازه‌گیری گردید که در آن C مقدار میلی گرم اسید فیتیک در ۱۰۰ گرم نمونه، A جذب خوانده شده M مقدار اولیه نمونه می‌باشد.

$$C = \frac{A \times 3.55 \times 100}{M}$$

۲-۲-۴- اسید چرب آزاد

اسید چرب آزاد براساس استاندارد شماره (۱۵-۵۸، ۲۰۰۰، AACC) محاسبه شد. ابتدا به ۵ گرم نمونه روغن ۳۰ میلی‌لیتر مخلوط اسید استیک و کلروفرم با نسبت ۳ به ۲ افزوده شد و سپس به آن ۱۰ قطره محلول یدور پتاسیم اشباع اضافه شد و محلول پس هم زدن کافی به مدت ۱ دقیقه در محیط تاریک قرار داده شد. سپس ۳۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه شد و پس اضافه کردن ۴ قطره معرف نشاسته یک درصد با تیوسولفات سدیم یک صدم نرمال تا از بین رفتن رنگ آبی حاصل از حضور نشاسته در محیط تیترا گردید و مقدار پراکسید آن بر حسب میلی اکسی‌والان گرم پراکسید در یک کیلوگرم چربی از طریق فرمول زیر محاسبه گردید که در آن V_1 مقدار تیوسولفات سدیم مصرفی برای نمونه، V_2 مقدار تیوسولفات سدیم مصرفی برای شاهد، N نرمالیه تیوسولفات سدیم و W وزن نمونه اولیه است:

$$PV = \frac{(V_1 - V_2) \times N \times 1000}{W}$$

۲-۲-۵- اندیس پراکسید

اندیس پراکسید براساس استاندارد شماره (۱۶-۵۸، ۲۰۰۰، AACC) تعیین شد. در این روش ابتدا ۱۰ گرم نمونه روغن استخراج شده از سبوس برنج در ارلن مایر توزین گردید، سپس به آن ۷۵ میلی‌لیتر الکل اتیلیک گرم خنثی اضافه گردید و پس از افزودن چهار قطره فنل فتالین یک درصد در اتانل ۹۶ درصد، نمونه با سود ۰/۱ نرمال تیترا شد و مقدار اسیدهای چرب آن بر مبنای اسید اولئیک طبق فرمول زیر محاسبه گردید که در آن V مقدار سود مصرفی، N نرمالیه سود مصرفی و W مقدار نمونه اولیه است.

$$FFA\% = \frac{V \times N \times 28.2}{W}$$

۲-۲-۶- آنالیز آماری

8. Analytik Jena

9. Spekol

Table 1 Proximate analysis of bran samples (%) during storage

| Ash | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Treatment | Week1 | Week4 |
| Control | 9.67±0.13 ^{bc} | 9.53±0.5 ^b |
| 110 ⁰ C-10min | 9.83±0.13 ^b | 9.26±0.36 ^b |
| 110 ⁰ C-20min | 9.33±0.2 ^{ab} | 9.38±0.11 ^{ab} |
| 120 ⁰ C-10min | 9.15±0.27 ^a | 8.76±0.65 ^{ab} |
| 120 ⁰ C-20min | 9.04±0.3 ^a | 8.57±0.33 ^a |
| Protein | | |
| Treatment | Week1 | Week4 |
| Control | 12.61±0.11 ^c | 12.51±0.18 ^b |
| 110 ⁰ C-10min | 12.23±0.36 ^{bc} | 12.02±0.24 ^b |
| 110 ⁰ C-20min | 11.71±0.2 ^{ab} | 11.36±0.21 ^a |
| 120 ⁰ C-10min | 11.6±0.1 ^a | 11.18±0.24 ^a |
| 120 ⁰ C-20min | 11.5±0.12 ^a | 11.14±0.47 ^a |
| Fat | | |
| Treatment | Week1 | Week4 |
| Control | 10.59±0.07 ^a | 10.12±0.54 ^a |
| 110 ⁰ C-10min | 10.65±0.22 ^a | 10.33±0.41 ^a |
| 110 ⁰ C-20min | 10.74±0.08 ^a | 10.18±0.56 ^a |
| 120 ⁰ C-10min | 10.67±0.14 ^a | 10.24±0.23 ^a |
| 120 ⁰ C-20min | 10.84±0.08 ^a | 9.83±0.35 ^a |

Different superscripts within the same column indicate significant differences among samples ($p < 0.05$)

۲-۳- اسید فیتیک

تغییرات میزان اسید فیتیک بر حسب میلی گرم اسید فیتیک در ۱۰۰ گرم سبوس برنج، در جدول شماره ۲ بیان شده است. با مشاهده درصد تغییرات در ستون سوم جدول ۲ مشاهده می شود که فقط در نمونه شاهد روند افزایشی در میزان اسید فیتیک طی نگهداری مشاهده می شود. در زمان صفر (هفته اول) بین تیمار ۱۲۰⁰C به مدت ۲۰ دقیقه و سه تیمار حرارتی دیگر و شاهد اختلاف معنی دار وجود داشت و این تیمار به طور معنی داری کمتر از سایر تیمارها قرار داشت. پس از آن سه تیمار حرارتی دیگر به میزان معنی داری کمتر از نمونه شاهد قرار گرفتند هرچند که اختلاف میان خود این تیمارها با یکدیگر معنی دار نبود. بالاترین میزان اسید فیتیک نیز در نمونه تیمار نشده مشاهده شد.

Table 2 Phytic acid content of bran samples (mg/100gr) during storage

| Treatment | Week1 | Week4 | Change (%) |
|--------------------------|------------------------|------------------------|------------|
| Control | 14.94±1.5 ^a | 20.22±0.9 ^a | +35.34 |
| 110 ⁰ C-10min | 9.57±1.03 ^b | 7.49±0.98 ^b | -21.73 |
| 110 ⁰ C-20min | 8.15±0.58 ^b | 5.31±0.52 ^c | -34.84 |
| 120 ⁰ C-10min | 8.93±0.75 ^b | 5.40±0.98 ^c | -39.52 |
| 120 ⁰ C-20min | 5.88±0.66 ^c | 3.45±0.39 ^d | -41.32 |

Different superscripts within the same column indicate significant differences among samples ($p < 0.05$)

اما میزان خاکستر در روش میکروویو کاهش ولی در روش برشته کردن تغییری نداشت. روشهای مختلف پایدارسازی ممکن است باعث کاهش فعالیت آنزیمی به درجات مختلف گردیده در نتیجه باعث افزایش میزان لیپید استخراج شده از سبوس شده باشند [۱۳].

در مطالعه نوردین و همکاران (۲۰۱۴) هیچ کدام از روش های پایدارسازی شامل میکروویو، پرتو دهی گاما و تیمار شیمیایی با اسید هیدروکلریک تاثیر معنی داری بر محتوای خاکستر، پروتئین و چربی در مقایسه با نمونه شاهد چه در هفته اول و چه در هفته شانزدهم نگهداری نداشتند [۱۶].

نتایج بررسی های پاتیل و همکاران (۲۰۱۶) نشان داد که در تمام دوره ۹۰ روزه نگهداری میزان خاکستر و لیپید در نمونه های تثبیت شده به هردو روش بالاتر از نمونه سبوس برنج تثبیت نشده بود. نمونه میکروویو شده در مقایسه با نمونه پیش جوش شده دارای خاکستر و چربی کمتر اما پروتئین بیشتر بود. محتوای چربی بیشتر در نمونه های پیش جوش شده به این علت بود که فرآیند پیش جوش کردن باعث افزایش نفوذپذیری سطح سبوس نسبت به جریان روغن و کاهش تمایل آن به سطح جامد سبوس و در نتیجه افزایش راندمان روغن شده بود. در نمونه های میکروویو شده چربی بیشتر نسبت به نمونه های تیمار نشده به توانایی انرژی میکروویو در شکستن پیوندهای مولکولی بویژه پیوندهای کووالانسی که به سختی چربی را به ماتریکس سلولی متصل کرده اند نسبت داده شد. میزان پروتئین بیشتر نمونه های میکروویو شده نسبت به نمونه های شاهد و پیش جوش شده به تفاوت در میزان رطوبت نمونه ها نسبت داده شد [۲۰].

در بررسی حاضر شدت فرآیند حرارتی از لحاظ زمان حرارت دهی در حدی نبوده که باعث افزایش لیپید استخراج شده با مکانیسم های ذکر شده از سبوس برنج شود. زمان کوتاه حرارت دهی اجتناب ناپذیر بود تا تاثیر کمتری بر آنزیم فیتاز اضافه شده داشته باشد.

در پژوهش پاتیل و همکاران (۲۰۱۶) در اثر فرآیند تثبیت به روش پیش جوش کردن میزان پروتئین کاهش یافته است. میزان پروتئین در بررسی ما نیز کاهش یافته است که احتمالاً دنا توره شدن پروتئین موجود در سبوس برنج باعث کاهش استخراج پذیری آن شده است.

بوده است. در هفته چهارم نیز روند مشابهی مشاهده شد بطوریکه کمترین میزان اسید چرب مربوط به تیمارهای 0°C ۱۲۰ بوده است. با گذشت زمان در تمام تیمارها به جز نمونه شاهد کاهش در اسیدهای چرب آزاد مشاهده شده که نشان دهنده غیرفعال شدن آنزیم لیپاز طی حرارت دهی می باشد که نتوانسته منجر به تولید اسید چرب آزاد شود.

Table 3 Free fatty acid content of bran samples on oleic acid (%) during storage

| Treatment | Week1 | Week4 | Change (%) |
|--------------------------|------------------------|------------------------|------------|
| Control | 5.1±0.51 ^c | 5.6±0.33 ^c | +0.09 |
| 110 ⁰ C-10min | 4.11±0.14 ^b | 3.99±0.4 ^b | -0.03 |
| 110 ⁰ C-20min | 3.77±0.37 ^b | 3.47±0.37 ^b | -0.08 |
| 120 ⁰ C-10min | 2.89±0.69 ^a | 2.48±0.22 ^a | -0.14 |
| 120 ⁰ C-20min | 2.41±0.29 ^a | 2.1±0.3 ^a | -0.13 |

Different superscripts within the same column indicate significant differences among samples ($p < 0.05$)

رزینا و همکاران (۲۰۰۹) اثر حرارت را بر پایداری سبوس بررسی نمودند و نتایج نشان داد در تیمار با حرارت بالا (۱۲۰ درجه سانتی گراد) در زمان های ۲۰ و ۱۰ دقیقه در پایان زمان نگهداری میزان اسید چرب به ترتیب در کمترین میزان (۴/۸۹ در صد بر حسب اسید اولئیک) نسبت به سایر تیمارها بوده است [۲۶].

شاکر و همکاران (۲۰۱۳) به حرارت دهی سبوس برنج در دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد در زمان های ۳، ۶ و ۹ دقیقه پرداختند. فاکتورهای اندازه گیری شامل فعالیت لیپاز، اسیدهای چرب آزاد، اندیس پراکسید و اندیس تیوباریتوریک اسید بود که در طی نگهداری در دمای اتاق به مدت ۴ هفته اندازه گیری شدند. نتایج نشان داد که حرارت دهی میزان اسیدهای چرب، فعالیت لیپاز و اکسیداسیون روغن را کاهش داد [۲۷].

در مطالعه کیم و همکاران (۲۰۱۴) میزان اسیدهای چرب آزاد در سبوس تیمار نشده به تدریج از ۲/۱۴ تا ۱۹/۸۱ در طی ۲۴ هفته افزایش یافت، در صورتی که سبوس های تیمار شده تغییر چندانی نکردند. آنها تیمار حرارتی را برای غیرفعال کردن آنزیم های موثر در اکسیداسیون روغن سبوس برنج ضروری دانستند. سبوس برنج علاوه بر آنزیم های داخلی دارای میکروارگانیزم هایی از قبیل قارچها هستند که دارای آنزیم های تخریب کننده روغن سبوس برنج هستند که حرارت می تواند باعث نابودی آنها شود. [۱۸].

با گذشت زمان و در هفته چهارم بین تیمارها اختلاف معنی دار مشاهده گردید. در هفته چهارم نگهداری، کمترین میزان اسید فیتیک مربوط به تیمار 0°C ۱۲۰ به مدت ۲۰ دقیقه بود که به طور معنی داری کمتر از سایر تیمارها بود. اختلاف معنی داری بین تیمار 0°C ۱۱۰ به مدت ۲۰ دقیقه و 0°C ۱۲۰ به مدت ۱۰ دقیقه وجود نداشت. پس از این دو، تیمار 0°C ۱۱۰ به مدت ۱۰ دقیقه بود و بیشترین مقدار نیز مربوط به نمونه شاهد بود.

همچنین با گذشت زمان همانطور که انتظار می رفت میزان اسید فیتیک در نمونه شاهد افزایش یافت که میزان افزایش ۳۵/۳۴ درصد میزان اولیه آن بود اما در تمام نمونه های حرارت دیده افزایش مشاهده نشد. در این رابطه کمترین افزایش در تیمار حرارت دیده شده به مدت ۲۰ دقیقه در 0°C ۱۲۰ مشاهده شد. این نتایج نشان دهنده اثر مخرب دما و زمان بالاتر بر آنزیم فیتاز موجود در سبوس می باشد در نتیجه این آنزیم نتوانسته است باعث افزایش اسید فیتیک در سبوس شود. در مجموع با مقایسه اطلاعات جدول ۲ مشاهده می توان گفت که بهترین تیمار دمای 0°C ۱۲۰ به مدت ۲۰ دقیقه بوده است.

گارسیا استپا و همکاران (۱۹۹۹) به مطالعه تغییرات اسید فیتیک در نان و فرآورده های آسیاب شده گندم و یولاف در حین عملیات نانوایی پرداختند. میزان افت اسید فیتیک از ۲۰ درصد در نان یولاف تا ۵۰ درصد در نان سفید متغیر بود [۲۴].

تاثیر فرآیند اکستروژن نیز بر فیبر محلول، نامحلول و میزان اسید فیتیک سبوس چند غله توسط گیلبرتو و همکاران (۱۹۹۷) بررسی شد. اکستروژن تاثیری بر میزان فیبر نامحلول سبوس گندم نداشت اما در سبوس برنج و یولاف تاثیر کاهنده داشت. میزان فیبر محلول در تمامی سبوس ها پس از اکستروژن افزایش یافت اما اثری بر میزان اسید فیتیک در سبوس غلات مختلف نداشت [۲۵].

۳-۳- اسید چرب آزاد

تغییر میزان اسید چرب آزاد به عنوان فاکتوری جهت ارزیابی کیفی روغن سبوس در مدت زمان نگهداری آن می باشد. میزان اسید چرب آزاد در واقع نشان دهنده فعالیت آنزیم های هیدرولیز کننده لیپدها از جمله لیپاز می باشد. تغییرات میزان درصد اسید چرب آزاد بر حسب اسید اولئیک در جدول ۳ آمده است. طبق جدول شماره ۳ در هفته اول در همه تیمارها نسبت به تیمار شاهد کاهش مقدار اسید چرب آزاد رخ داده است. با اینحال کمترین میزان مربوط به تیمار 0°C ۱۲۰ به مدت ۲۰ دقیقه

است. در این زمینه می توان چنین استدلال کرد که نه تنها این دما باعث غیرفعال شدن آنزیم نشده بلکه حرارت باعث تسریع واکنش های اکسایشی نیز شده است.

Table 4 Peroxide value of bran samples (meq/kg) during storage

| Treatment | Week1 | Week4 | Change (%) |
|--------------------------|------------------------|------------------------|------------|
| Control | 3.11±0.23 ^c | 4.00±0.35 ^c | +28.61 |
| 110 ⁰ C-10min | 4.73±0.15 ^c | 4.77±0.43 ^d | +0.84 |
| 110 ⁰ C-20min | 3.64±0.46 ^d | 3.91±0.38 ^c | +7.41 |
| 120 ⁰ C-10min | 0.72±0.12 ^a | 1.00±0.8 ^a | +38.88 |
| 120 ⁰ C-20min | 1.53±0.18 ^b | 1.71±0.25 ^b | +11.76 |

Different superscripts within the same column indicate significant differences among samples (p < 0.05)

در هفته چهارم تیمارهای ۱۲۰⁰C به خصوص در زمان ۱۰ دقیقه از اندیس پراکسید کمتری نسبت به نمونه شاهد برخوردار بودند، اما تیمارهای ۱۱۰⁰C اندیس پراکسید مساوی یا بیشتر از نمونه شاهد داشتند. دلیل این موضوع شاید افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز در اثر ملایم ترین تیمار حرارتی باشد. بر خلاف لیپوکسیژناز که نسبت به حرارت حساس است، آنزیم دیگر موثر در تشکیل هیدروپراکسیدها یعنی پراکسیداز بسیار مقاوم به حرارت بوده و در نتیجه این تیمار ملایم حرارتی نه تنها نتوانسته آنرا غیرفعال کند بلکه اندکی باعث افزایش فعالیت آن نیز شده است. در ارتباط با درصد تغییرات در هر تیمار مشاهده می شود کمترین افزایش در طی زمان مربوط به تیمار ۱۱۰⁰C به مدت ۱۰ دقیقه بوده است.

در مجموع از لحاظ اندیس پراکسید نیز بهترین تیمار ۱۲۰⁰C به مدت ۲۰ دقیقه بوده است زیرا از تیمار ۱۲۰⁰C به مدت ۱۰ دقیقه افزایش کمتری در اندیس پراکسید آن طی نگهداری مشاهده شده است.

در تحقیق دینگرا و همکاران (۲۰۱۲) اندیس پراکسید و اندیس اسیدی روغن سبوس برنج پس از ۷۵ روز نگهداری به ترتیب برابر با ۷/۷meq/kg و ۹/۳۴ درصد بودند، که اندیس پراکسید در حدود تیمارهای ۱۱۰⁰C در بررسی حاضر بود [۱۴].

نتایج پژوهش تانونکا و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد که روش های پایدارسازی به وسیله هوای داغ و مایکروویو با بالاترین بازده استخراج روغن، کمترین میزان اسید چرب آزاد، اندیس اسیدی و اندیسپراکسید و هم چنین بالاترین میزان ترکیبات فنولی، فلاونوئید و گاما اریزانول که سبب افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی می گردند کارآمدترین و موثرترین روش

در پژوهشپاتیل و همکاران (۲۰۱۶) میزان اسیدهای چرب آزاد به عنوان اولین شاخص از فعالیت لیپاز تحت تاثیر مایکروویو قرار گرفت. در ابتدای نگهداری (روز صفر) هر سه نمونه با یکدیگر اختلاف معنی داری در میزان اسید چرب آزاد نداشتند. با این وجود با گذشت زمان میزان اسیدهای چرب آزاد تغییر کرد بطوریکه در نمونه شاهد در ۱۵ روز اول به سرعت افزایش یافت که به دلیل فعالیت آنزیم لیپاز سبوس بود. دو روش تثبیت از این نظر در کنترل فعالیت لیپاز موثر واقع شدند و فرآیند مایکروویو نسبت به پیش جوش کردن موثرتر بود [۲۰]. موفقیت آمیز بودن روش مایکروویو در تحقیقات فاریا و همکاران (۲۰۱۲) و نوردین و همکاران (۲۰۱۴) نیز گزارش شده است.

در بررسی دینگرا و همکاران (۲۰۱۲) نمونه های تیمار شده بعد از ۷۵ روز در مقایسه با نمونه های خام پایداری بیشتری داشتند. درصد اسیدهای چرب آزاد در نمونه تیمار شده به روش اهمی بعد از ۷۵ روز ۴/۷۷ درصد بود درحالی که در نمونه سبوس خام ۴۱/۸۴ درصد بود. میزان اسیدهای چرب آزاد در نمونه اهمی در مقایسه با نمونه خام در طی ۷۵ روز نگهداری خیلی آهسته افزایش یافت [۱۴].

۳-۴- اندیس پراکسید

عدد پراکسید جهت تعیین مقدار مواد حاصل از اکسیداسیون در روغن، اندازه گیری می شود. میزان اندیس پراکسید در واقع با فعالیت آنزیم های اکسایشی موثر بر لیپیدها مانند لیپوکسیژناز ارتباط می یابد. همچنین این شاخص مقدار محصولات اولیه اکسیداسیون را در روغن نشان می دهد. میزان تولید و شکسته پدروپراکسیدها در مواد غذایی تابع دما، زمان و ترکیب اسید چرب است زیرا آزمون پراکسید تابع ماهیت ناپایدار هیدرو پراکسیدها می باشد. تغییرات اندیس پراکسید در جدول ۴ که بر حسب میلی اکی والان گرم پراکسید در یک کیلوگرم چربی بیان شده حاکی از وجود اختلاف معنی داری بین تیمارها بوده است. در هفته اول تیمارهای حرارت دیده شده در ۱۲۰⁰C بطور معنی داری نسبت به نمونه شاهد از اندیس پراکسید کمتر برخوردار بودند که این نتایج حاکی از اثر گذاری بیشتر تیمار با دمای ۱۲۰⁰C نسبت به ۱۱۰⁰C بر آنزیم لیپوکسیژناز بوده است. در این زمینه کمترین میزان مربوط به زمان ۱۰ دقیقه بود. اما در تیمارهای حرارت دیده شده در ۱۱۰⁰C اندیس پراکسید نه تنها کم نشده حتی نسبت به نمونه شاهد بیشتر هم شده

- prepared from defatted rice bran. *Food Chemistry*, 68, 15-19.
- [4] Nagendra Prasad, M.N., Sanjay, K.R., Shrivaya Khatokar, M., Vismaya, M.N. and Nanjunda Swamy, S. (2011). Health benefits of rice bran - A Review. *Journal of Nutrition and Food Science*, 1, 2-8.
- [5] Iqbal, S., Bhangar, M. I., and Anwar, F. (2005). Antioxidant properties and components of some commercially available varieties of rice bran in Pakistan. *Food Chemistry*, 93, 265-272.
- [6] Shin, T.S., and Godber, J.S. (1996). Changes of endogenous antioxidants and fatty acid composition in irradiated rice bran during storage. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 44, 567-573.
- [7] Sharma, H.R., Chauhan, G.S., and Agrawal, K. (2004). Physicochemical characteristics of rice bran processed by dry heating and extrusion cooking. *International Journal of Food Properties*, 7, 603-614.
- [8] Marfo, E.K., K. Simpson, B.K., S. Idow, J.S. and Oke, O.L. (1990). Effect of local food processing on phytate levels in cassava, cocoyam, yam, maize, sorghum, rice, cowpea, and soybean. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 38, 1580-1585.
- [9] Silva, M.A., Sanches, C. and Amante, E.R. (2006). Prevention of hydrolytic rancidity in rice bran. *Journal of Food Engineering*, 75, 487-491.
- [10] Amarasinghe, B.M.W.P.K., Kumarasiri, M.P.M., Gangodavilage, N.C. (2009). Effect of method of stabilization on a queous extraction of rice bran oil. *Food and Bioproduct Processing*, 87, 108-114.
- [11] Amarasinghe, B.M.W.P.K., Kumarasiri, M.P.M., Gangodavilage, N.C. (2009). Effect of method of stabilization on a queous extraction of rice bran oil. *Food and Bioproduct Processing*, 87, 108-114.
- [12] Pourali, O., Asghari, F.S. and Yoshida, H. (2009). Simultaneous rice bran oil stabilization and extraction using sub-critical water medium. *Journal of Food Engineering*, 95, 510-516.
- [13] Faria, S.A.S.C., Bassinello, P. Z. and Pentead, M.V.C. (2012). Nutritional composition of rice bran submitted to different stabilization procedures. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 48, 651-657.
- برای پایدارسازی حرارتی می‌باشند [۱۵]. میزان اندیس پراکسید در تمام تیمارهای اعمال شده از تحقیق حاضر بیشتر بود.
- نتایج بررسی پاتیل و همکاران (۲۰۱۶) نشان داد که هردو روش میکروویو و پیش چوش کردن باعث کاهش اندیس پراکسید سبوس برنج در مقایسه با نمونه شاهد گردیده است. هرچند برای هر دو تیمار، اندیس پراکسید طی نگهداری اندکی افزایش یافت اما همچنان زیر محدوده قابل پذیرش meq/kg ۱۰ قرار داشت [۲۰].
- لیپاز و لیپوکسیژناز دو آنزیم مسئول تشکیل هیدروپراکسیدها هستند که در اثر فرآیندهای حرارتی فعالیت آنها کاهش می‌یابد. همچنین انرژی حرارتی ممکن است باعث تحریک تجزیه بعضی از هیدروپراکسیدها شده باشد.

۴- نتیجه گیری

با توجه به نتایج به دست آمده ملاحظه می‌شود که حرارت دهی با شدت‌های مختلف باعث اندکی کاهش در محتوای فیبر و پروتئین سبوس شده است اما بر روغن آن که مهم‌ترین ترکیب سبوس برنج است تأثیری نداشته است. در مقابل بر ترکیبات ضد تغذیه‌ای آن به نحو مفیدی موثر بوده است. اعمال تیمار حرارتی بالا (۱۲۰ درجه سانتیگراد) به ویژه در مدت زمان ۲۰ دقیقه نسبت به سایر تیمارها از این لحاظ مفیدتر بوده است. در کل پایدارسازی حرارتی در شرایط مذکور سبب حفظ ارزش تغذیه‌ای سبوس بویژه از لحاظ روغن آن و کاهش عوامل ضد تغذیه‌ای در سبوس شده است که می‌تواند به عنوان گامی موثر در جهت به کارگیری آن به عنوان یک ماده غذایی سلامت بخش در فرمولاسیون انواع مختلف مواد غذایی مورد استفاده قرار گیرد.

۵- منابع

- [1] Ahmed, F., Platel, K. and Vishwanatha, S. (2007). Improved shelf life of rice bran by domestic heat processing and assessment of its dietary consumption in experimental rats. *Journal of Food Science*, 87, 60-67.
- [2] Fabian, C., Ju, Y.H. (2011). A review on rice bran protein: its properties and extraction methods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 51, 816-827.
- [3] Azizah, A. H. and Yu. S. L. (2000). Functional properties of dietary fiber

- [20] Patil, Sh. S., Kar, A. and Mohapatra, D. (2016). Stabilization of rich bran using microwave: Process optimization and storage studies. *Food and Bioproducts Processing*, 99, 204-211.
- [21] Yilmaz, N. (2016). Middle infrared stabilization of individual rice bran milling fractions. *Food Chemistry*, 190, 179-185.
- [22] AACC, 2000. Approved Methods of American Association of Cereal Chemists. No. 08-01, 44-15, 46-10, 46-12, 58-15. The American Association of Cereal Chemists. Inc., St. Paul, MN.
- [23] ISIRI, 2013. Iranian National Standardization Organization. Wheat; wheat bran for human consumption- Characteristics and Test Methods. No. 17028.
- [24] Garca- Estepa, R.M., Guerra-Hernandez, E. and Garca-Villanova. (1999). Phytic acid content in milled cereal products and breads. *Food Research International*, 32, 217-221.
- [25] Gualberto, D.G., Bergman, C.J., Kazemzadeh, M., and Weber, C, W.(1997). Effect of extrusion processing on the soluble and insoluble fiber, and phytic acid contents of cereal brans. *Plant Foods for Human Nutrition*, 51, 187-198.
- [26] Rosniyana, A., Hashifah, M. A., and Shariffah, N. (2009). Nutritional content and storage stability of stabilized rice bran. *Journal of Tropical Agriculture and Food Science*, 37, 163-170.
- [27] Shaker, M.A., Amany, M.B. and Mahmoud, A.M.A. (2013). Production of low acidity rice bran oil by heating process. *Peak journal of food science and technology*, 1, 13-18.
- [14] Dhingra, D., Chopra, S., and Rai, D. R. (2012). Stabilization of raw rice bran using ohmic heating. *Agricultural Research*, 4, 392-398.
- [15] Thanonkaewa, A., Wongyai, S., McClements, D. J., and Decker, E. A. (2012). Effect of stabilization of rice bran by domestic heating on mechanical extraction yield, quality, and antioxidant properties of cold-pressed rice bran oil (*Oryza sativa* L.). *LWT- Food Science and Technology*, 48, 231-236.
- [16] Nordin, N.N.A.M., Karim, R., Ghazali, H.M., Adzahan, N.M., Sultan, M.T. (2014) . Effects of various stabilization techniques on the nutritional quality and antioxidant potential of bwer's rice. *Journal of Engineering Science and Technology*, 9, 347-363.
- [17] Kim.M.J., Park, J.W., Kim,J.Y., Park, K.W., Lee, S.J., Jang, J.K. and Lee, J.H. (2013). Effect of heat treatment and visible light exposure on the oxidative stability of rice bran and rice bran oil. *Food Science and Biotechnology*, 22, 1223-1228.
- [18] Kim,S.M., Chung, H.J. and Lim, S.T. (2014). Effect of various heat treatments on rancidity and some bioactive compounds of rice bran. *Journal of Cereal Science*, 60, 243-248.
- [19] Satter, M.A., Ara, H., Jabin, S.A., Abedin, N., Azad, A.K., Hossain, A. and Ara, U. (2014). Nutritional composition and stabilization of local variety rice bran BRRI-28. *International Journal of Science and Technology*, 3, 306-313.

Optimization of the Stabilization of Rice Bran with Different Temperature and Time Treatments

Mohammadzadeh Milani, J. ^{1*}, Parisa Fallah Nim Chahi², Fahimeh Ahmadi³

1. Associated professor, Department of Food Science and Technology, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
2. Department of Food Science and Technology, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
3. Ph.D Student, Department of Food Science and Technology, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University

(Received: 2016/11/17 Accepted:2017/02/02)

Rice bran is one of the most important byproducts of rice, which constitutes about 10 percent of riceweight and is a good source of minerals, amino acids, carbohydrates, proteins and vitamins. Because of these compounds, it is very unstable and spoilable product. In this study, phytase enzyme and dry heat treatments at two different temperatures (110 and 120 °C) and times (10 and 20 min) were applied and experiments performed during four weeks storage. Measured parameters were included: ash, protein, fat, free fatty acids (FFA), peroxide value and phytic acid. In terms of the ash and protein content, the best treatment was 110 °C for 10 min. Regarding the fat content, there was no difference between treatments and raw rice bran. The lowest level of phytic acid was observed in 120 °C for 20 min and the highest one was seen for the raw bran. In FFA, the minimum content was observed in 120 °C for 20 min and the lowest peroxide value was found in 120 °C treatments. The results showed that adding the enzyme and heating at 120 °C lead to stabilization of rice bran and retain its nutritive value especially regarding the oil content and quality.

Keywords: Phytic acid, Heating, Optimization, Rice bran, Stabilization

* Corresponding Author E-Mail Address: jmilany@yahoo.com