مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

مقایسه تاثیر فرایند هیدروترمال و مایکروویو بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی سبوس برنج

آذین نصرالله زاده [۱*]، آرمان بیاتی کلیمانی [۲]

۱- گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران

۲- کارشناسی ارشد علوم و مهندسی صنایع غذایی، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۵/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱/۲۸

کلمات کلیدی:

اسید فیتیک،

سبوس برنج،

فلزات سنگین،

مایکروویو، مواد معدنی،

هیدروترمال

DOI:10.22034/FSCT.21.153.116.

* مسئول مکاتبات:

Azinnasr@yahoo.com

چکیده

امروزه سبوس به عنوان یک ترکیب فراسودمند در صنایع غذایی مورد توجه است. این پژوهش با هدف بررسی روش‌های فرآوری سبوس برنج برای بهبود ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آن انجام شد. تیمارها در ۱۲ گروه به شرح زیر آماده شدند: ٤ نمونه تیمار شده با روش هیدروترمال H_1 و H_2 (به ترتیب به مدت ۱ و ۲ ساعت در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد)، H_3 و H_4 (به ترتیب به مدت ۱ و ۲ ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد)، ٤ نمونه تیمار شده با روش مایکروویو M_1 و M_2 (به ترتیب به مدت ٤ و ۷ دقیقه در توان ٦۰۰ وات)، M_3 و M_4 (به ترتیب به مدت ٤ و ۷ دقیقه در توان ۹۰۰ وات) و ٤ نمونه تیمار شده با روش ترکیبی هیدروترمال-مایکروویو HM_1 و HM_2 (به ترتیب ابتدا ۱ و ۲ ساعت در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد سپس ٤ دقیقه در توان ۷۵۰ وات)، HM_3 و HM_4 (به ترتیب ابتدا ۱ و ۲ ساعت در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد سپس ۷ دقیقه در توان ۷۵۰ وات) و یک نمونه شاهد (C_0). نتایج آزمایشات نشان داد روش ترکیبی هیدروترمال-مایکروویو در کاهش اسید فیتیک نسبت روشهای مستقل موثرتر بود بطوریکه تیمار HM_4 کمترین میزان اسید فیتیک را نشان داد. همچنین فرآیند ترکیبی هیدروترمال-مایکروویو بیشترین حفظ مواد معدنی را نیز نشان داد ($p<0.05$) و بیشترین میزان آهن و روی و کلسیم نیز در تیمار HM_1 (به ترتیب ٦.٦۸ و ۱.۵٦ و ۱۰٦.٤۳ppm) دیده شد. کمترین *میزان* تغییرات رنگ مربوط به سبوس فراوری شده با روش هیدروترمال (H1 با ΔE برابر ٦.۳٦) بود. بررسی فلزات سنگین نیز نشان داد روش مایکروویو در کاهش آنها ، موثرتر از سایر روش‌ها بود هرچند کلیه تیمارها منجر به افت قابل ملاحظه ای از فلزات سنگین شدند . بطور کلی می‌توان نتیجه گرفت استفاده از روش ترکیبی هیدروترمال- مایکروویو سبوس برنجی با خواص فیزیکوشیمیایی بهتری ارئه می‌دهد.

۱-مقدمه

برنج *(Oryza sativa)* یکی از غذاهای اصلی در سطح جهان به ویژه در آسیا است. مطالعات پیشین نشان داده است که محصولات جانبی [1] برنج حاصل از فرآیند آسیاب، حاوی انواع مواد مغذی و ترکیبات زیست فعال هستند که اثرات مفیدی بر سلامتی دارند [۱]. یکی از این محصولات، سبوس برنج است که بسته به نوع برنج و میزان آسیاب، حدود ۱۰ درصد از دانه برنج را تشکیل می‌دهد [۲]. سبوس برنج حاوی ۱۲ درصد فیبر (۹۰ درصد فیبر نامحلول شامل سلولز، همی‌سلولوز و آرابینوکسیلان) بوده و همچنین منبع خوبی از پروتئین‌های با کیفیت بالا (به عنوان مثال، آلبومین و گلوبولین)، مقدار بالای اسید لینولئیک و اسیدهای چرب متعدد چند غیراشباع، مواد معدنی ضروری (به عنوان مثال، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و آهن)، ویتامین‌های محلول در آب و چربی (مانند تیامین، ریبوفلاوین، نیاسین و توکوفرول)، ترکیبات فنلی و آنتی‌اکسیدان‌های متعددی است، به همین دلیل مصرف سبوس برنج به عنوان یک ترکیب فراسودمند در صنایع غذایی جایگاه ویژه‌ای پیدا کرده است [۳و٤]. متاسفانه علیرغم ارزش تغذیه‌ای بالا سبوس برنج، به دلیل وجود عوامل ضد تغذیه‌ای مثل آنزیم‌های اکسایشی (لیپوکسیژناز)، اسید فیتیک و غیره که ارزش غذایی سبوس را کاهش می‌دهد، به عنوان یکی از ضایعات کشاورزی محسوب می‌شود [۵]. از طرف دیگر سبوس برنج، دارای غلظت قابل ملاحظه‌ای از فلزات سنگین از جمله جیوه، سرب ، کروم و کادمیوم است که تجمع آن‌ها در بدن انسان می‌تولند اثرات جبران ناپذیری مانند کاهش رشد، کاهش قدرت یادگیری، اختلالات ذهنی و تنفسی، اختلالات تولید مثل، اختلالات در قند خون، بیماری‌های کبدی و غیره به بار بیاورد. زیرا فلزات سنگین معمولاً پس از ورود به بدن، دیگر دفع نمی‌شوند و در بافت‌های چربی، عضلات، استخوان‌ها و مفاصل رسوب می‌کنند [٦]. به منظور بهبود کیفیت خوراکی و تغذیه‌ای سبوس، تعدادی از محققان بر اصلاح ویژگی‌های سبوس از طریق روشهایی مانند کاهش اندازه ذرات، خیساندن سبوس، تخمیر، تیمار آنزیمی، فرآیند هیدروترمال و فرآیند مایکروویو تمرکز کردند که موجب کاهش اسید فیتیک و بهبود ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی سبوس برنج میشود [۷و۸]. فرآیند هیدروترمال یکی از موثرترین روش‌ها برای بهبود ویژگی‌های سبوس برنج است. در این روش، اسید فیتیک موجود در پوسته برنج پس از انجام عملیات متوالی خیساندن، بخار پز و خشک کردن به میواینوزیتول و فسفر آزاد تبدیل می‌شود. در فرآیندی که در طی مراحل خیساندن و حرارت دادن شروع می‌شود، تجزیه ساختار اسید فیتیک تحت تأثیر فعال شدن آنزیم فیتاز درون سلولی قرار می‌گیرد [٤]. در این رابطه Sharma و همکاران (۲۰۰٤) طی استفاده از روش اکستروژن و هیدروترمال نشان دادند تحت فشار اکستروژن زنجیره‌های پروتئینی موجود در سبوس برنج باز می‌شوند و به حالت اسفنجی و رشته‌ای در می‌آیند که در اثر همین آزاد شدن اتصالات، گروه فسفات و به دنبال آن مواد معدنی رها شده و کاهش فیتیک اسید نیز اتفاق می‌افتد [۹]. همچنین Sharafi و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کردند طی مرحله خیساندن در فرآیند هیدروترمال، با افزایش زماندن خیساندن حذف فلزات سمی افزایش یافت. دلیل اصلی این یافته این است که با افزایش زمان خیساندن (به عبارت دیگر افزایش تماس سبوس برنج با آب)، میزان نفوذ آب به سبوس برنج افزایش می‌یابد که منجر به انتشار فلزات سنگین بیشتری در آب و خروج آنها از سبوس می‌گردد [۱۰]. استفاده از امواج مایکروویو، یکی از جدید ترین روشهای حرارت‌دهی و مؤثرترین فرایند در کاهش ترکیبات ضدتغذیه‌ای سبوس بوده و می‌تولند جهت تهیه سبوس فراوری شده جهت کاربرد در فرمولاسیون مواد غذایی مورد استفاده قرار گیرد [۱۱]. ایزدی و همکاران (۲۰۲۱) طی استفاده از فرآیند تخمیر و امواج مایکروویو نشان دادند در اعمال توان ثابت

1- By-produc

مایکروویو با افزایش زمان فرایند تخمیر میزان فیتیک اسید در سبوس برنج کاهش پیدا میکند. این محققان علت این امر را وجود خاصیت آنتی‌اکسیدانی در اسید فیتیک گزارش کردند. در زمان استفاده از مایکروویو، اسید فیتیک به دلیل داشتن این ویژگی، رادیکال‌های آزاد را کاهش می‌دهد، در نتیجه ساختار خودش شکسته شده و تجزیه می‌گردد [۳]. باتوجه به اثرات سلامتی‌بخش سبوس برنج و کاربرد آن به عنوان یک ترکیب فراسودمند انتخاب روشی که به کاهش حداکثری ترکیبات مضر در کنار حفظ حداکثری اجزای مفید آن منجر شود، اهمیت فراوانی دارد. این مطالعه با هدف تأثیر فرآیند هیدروترمال، مایکروویو و درنهایت ترکیبی از این دو روش بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی سبوس برنج انجام شد.

۲-مواد و روش‌ها

۲-۱-تهیه مواد اولیه: سبوس برنج به مقدار ۵ کیلوگرم به صورت خام از کارخانه برنج کوبی جهانی واقع در بخش اسالم شهرستان تالش تهیه شده و در بسته‌بندی‌های پلی اتیلنی مقاوم به هوا و رطوبت در فریزر (۱۸- درجه سانتی‌گراد) نگهداری شدند. مواد شیمیایی مورد استفاده در تحقیق از شرکت Merck (آلمان) خریداری شد.

۲-۲- فرآوری سبوس برنج با روش هیدروترمال: مقدار ۵۰ گرم سبوس برنج با دو برابر حجم آن بافر استات (۷-pH=٤) در یک ارلن مایر ۵۰۰ میلی لیتری خیسلنده و با کمک فویل دربندی گردید. نمونه آماده‌سازی شده در آون (Drayers B9206; Wolverine crop., Little rock, AR, USA) با دمای تیمار های مورد بررسی (۳۰ و ۵۰ و ۸۰ درجه سانتی‌گراد) به مدت ٦٠-١٢٠ دقیقه قرار گرفت، سپس نمونه‌های حاوی بافر استات به مدت ٢٤ ساعت در همان شرایط نگهداری شدند. به دنبال آن، نمونه‌های سبوس از آون خارج و محتوی ارلن با قیف و کاغذ صافی چندین بار با آب مقطر شسته شد تا pH آن به pH قبل از فرآیند یعنی ٦.٢ رسید. سپس نمونه‌ها، در آون با دمای ۵۰ درجه سانتی گراد برای رسیدن به رطوبت ۱۱-۱۰ درصد به مدت ۸ ساعت خشک شدند و پس از آن در دمای اتاق در بسته های پلی‌اتیلنی بسته‌بندی شدند [۱۲].

۲-۳- فرآوری سبوس برنج با روش مایکروویو: در فرآیند مایکروویو، ۱۰ گرم نمونه سبوس در پلیت‌های شیشه‌ای ریخته و تحت امواج مایکروویو مدل (EMS 820، Electron Microscopy Sciences Co. England) با توان‌های ۷۵۰، ٦٠٠ و ۹۰۰ به مدت ٤ و ۷ دقیقه قرار گرفتند [۳].

۲-٤- فرآوری سبوس برنج با روش ترکیبی (هیدروترمال- مایکروویو): در این روش مطابق بند ۲-۲، ابتدا نمونه‌های سبوس تحت فرآیند هیدروترمال (در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱ و ۲ ساعت) و به دنبال آن مطابق بند ۲-۳ تحت فرآیند مایکروویو (در توان ۷۵۰ وات به مدت ٤ و ۷ دقیقه) قرار گرفتند [۱۲-۳].

Table1.table of treatments

Treatment Code	Hydrothermal process	Microwave
C_0	Control (Rice bran)	Control (Rice bran)
H_1	30°C/1 h	-
H_2	30°C/2 h	-
H_3	80°C/1 h	-
H_4	80°C/2 h	-
M_1	-	600 w/ 4 min
M_2	-	600 w/ 7 min
M_3	-	900 w/ 4 min
M_4	-	900 w/ 7 min
HM_1	50°C/1 h	750 w/ 4 min
HM_2	50°C/2 h	750 w/ 4 min
HM_3	50°C/1 h	750 w/ 7 min
HM_4	50°C/2 h	750 w/ 7 min

۲-۵- آزمون‌ها

۲-۵-۱- اندازه‌گیری میزان اسید فیتیک سبوس برنج: به منظور تعیین مقدار اسید فیتیک در سبوس و آرد از روش تیتراسیون مطابق روش sim و همکاران (۲۰۲۰) استفاده شد. اساس این روش تیتراسیون کمپلکس آهن‌سه ظرفیتی است که پس از رسوب اسید فیتیک باقی می‌ماند. [۱۳].

۲-۵-۲- اندازه‌گیری شاخص‌های رنگی سبوس برنج: ارزیابی رنگ نمونه‌ها با استفاده از دستگاه هانترلب (HunterLab-آمریکا) انجام شد و مؤلفه‌های *L، *a و *b اندازه‌گیری شد. تغییرات کلی رنگ (ΔE) از رابطه محاسبه و گزارش شد [۱٤].

مدل رنگی (L*a*b*) مرکب ازسه جزء شامل : جزءروشنایی (مقدارL) که دامنه ای ازصفرتا۱۰۰دارد ودوجزء دیگر رنگی (دامنه ای از۱۲۰- تا۱۲۰ +) شامل جزءa (دارای طیف رنگی سبزتاقرمز) وجزءb(دارای طیف رنگی آبی تازرد) میباشد. براساس فرمول زیر (ΔE) از طریق اختلاف هر یک از این اجزا قبل وبعد از اعمال تیمارها محاسبه میشود .

$$\Delta E = \sqrt{(L^*_2 - L^*_1)^2 + (b^*_2 - b^*_1)^2 + (a^*_2 - a^*_1)^2}$$

۲-۵-۳- اندازه‌گیری مواد معدنی و فلزات سنگین سبوس برنج: ابتدا نمونه‌ها با آب مقطر شسته شدند و به مدت ٤٨ ساعت درون آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. سپس نمونه‌ها آسیاب شده و ۱ گرم از نمونه آسیاب شده به بالن هضم انتقال داده شد، به هر نمونه ۲۰ میلی‌لیتر اسیدنیتریک و اسید پرکلریک ۷۰ درصد به نسبت ۳+۱به ازای هر گرم نمونه اضافه شد. به منظور شفاف‌سازی محلول، ٤٥ دقیقه بر روی هیتر قرار گرفت، نمونه هضم شده با آب مقطر به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسانده و به کمک کاغذ صافی صاف گردید. در انتها برای تعیین مقدار مواد معدنی (آهن، روی و کلسیم) و فلزات سنگین (کادمیوم، سرب، کروم و جیوه) از روش طیف سنجی جرمی پلاسمای جفتی القایی (AMETEK-آلمان) استفاده شد [۱۵].

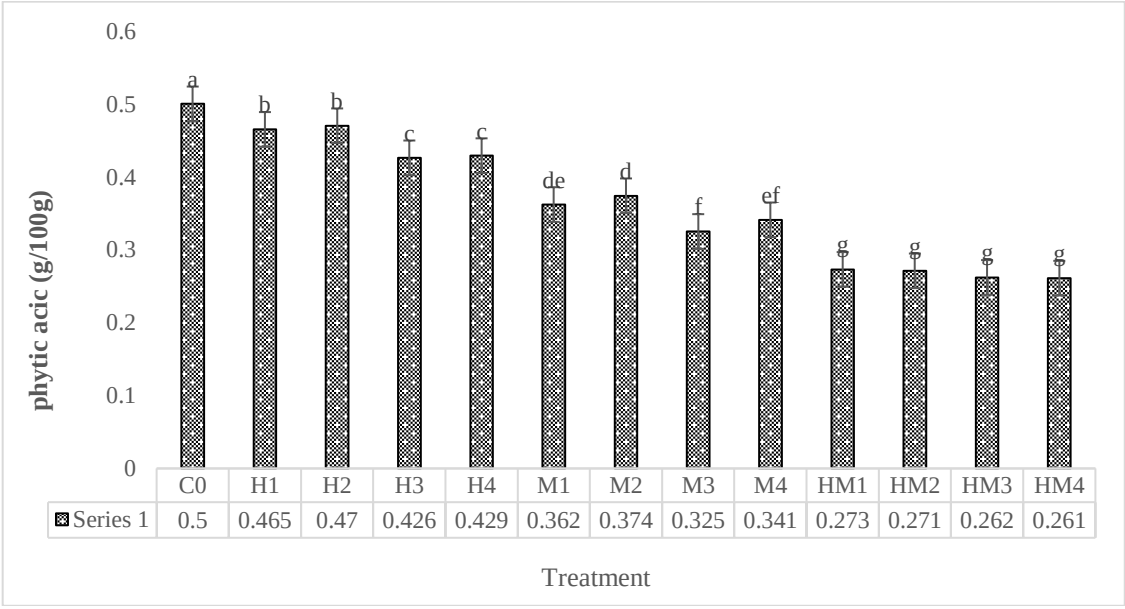
۲-٦-تجزیه و تحلیل آماری: جهت بررسی معناداری و عدم معناداری داده‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار، آنالیز نتایج بدست آمده با استفاده از نرم افزار SPSS-16مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. رسم نمودارها و جداول نیز توسط نرم افزار EXCEL صورت گرفت.

۳- نتایج و بحث

۳-۱-ارزیابی تأثیر فرآیند هیدروترمال و مایکروویو و ترکیب آن‌ها بر میزان فیتیک اسید سبوس برنج:

فیتات به دلیل تولنایی شان در برهمکنش با مواد معدنی، پروتئین‌ها و نشاسته به عنوان یک ماده ضد مغذی در نظر گرفته شده است که منجر به ایجاد کمپلکس‌های نامحلول می‌شود که عملکرد، هضم و جذب این اجزای غذایی را تغییر می‌دهد [۱٤]. نتایج تأثیر تیمارهای مختلف بر میزان فیتیک اسید نمونه‌ها در شکل ۱ نشان داده شده است. مطابق با نتایج تأثیر فرآیند هیدروترمال، مایکروویو و ترکیب آن بر روی کاهش میزان اسید فیتیک معنادار بود ($p<0.05$). مقایسه میانگین ها نشان داد بالاترین میزان فیتیک اسید در نمونه شاهد (۰.۵ g/100g) مشاهده شد ($p<0.05$). در استفاده از فرآیند هیدروترمال بین ۱ و ۲ ساعت تفاوت آماری معنادار مشاهده نشد ($p>0.05$). با این حال افزایش دمای خیساندن از ۳۰ به ۸۰ درجه سانتی‌گراد سبب کاهش معنادار اسید فیتیک در نمونه‌های سبوس برنج شد ($p<0.05$). علت این امر دلالت به افزایش حل شده فیتات ها در آب و همچنین فعالیت فیتاز درونی موجود در سبوس در حین فرآیند پخت،و هیدرولیز بیشتر فیتات‌ها می‌کند [۱۱]. تأثیر فرآیند مایکروویو نیز بر کاهش اسید فیتیک بطورمعناداری بیشتر از روش هیدروترمال بود ($p<0.05$). زیرا طی حرارت‌دهی با مایکروویو هیدرولیز آنزیمی و تغییرات ساختاری در اسید فیتیک با توان بیشتری رخ می‌دهد که در نتیجه منجر به کاهش بیشتری از میزان اسید فیتک در نمونه‌ها میشود[٤]. همچنین نتایج نشان دهنده تأثیر معنادار وچشمگیری ازکاهش اسید فیتیک در

نمونه‌های سبوس تیمار شده به روش ترکیبی هیدروترمال – مایکروویو بود ($p<0.05$) مقایسه میانگین ها نشانگرافت بیشتری از اسید فیتیک نسبت به روشهای مستقل بود (شکل ۱).به نظر میرسد با توجه به پایداری حرارتی نسبتاً بالای اسید فیتیک، جهت تجزیه آن به دماهای بالاتری نیاز است که ممکن است در اثر این مدت زمان طولانی، آنزیم فیتاز نیز تجزیه گردد. به همین دلیل استفاده همزمان امواج مایکرو و هیدروترمال که در مدت زمان کمتری به اعمال حرارت می‌انجامد، می‌تواند در کاهش اسید فیتیک موثرتر از روش‌های مستقل باشد [۳]. همراستا با نتایج بدست آمده، مجذوبی و همکاران (۲۰۱۳) تأثیر فرآیند هیدروترمال بر کاهش محتوی اسید فیتیک در سبوس گندم را نشان دادند [۱۲]. Alajaji و همکاران (۲۰۰۶) نیز نشان دادند در فرآوری با مایکروویو در توان ثابت با افزایش زمان به دلیل افزایش دما، میزان اسید فیتیک کاهش بیشتری می‌یابد و بیشترین کاهش در توان ۹۰۰ وات به مدت ۵ دقیقه مشاهده شد. این محققان علت این امر را به افزایش شدت نفوذ حرارت در این شرایط نسبت دادند [۱۶]. اما به نظر می‌رسد دلیل مهم دیگری از اثر مایکروویو در کاهش سطح اسید فیتیک، وجود خاصیت آنتی اکسیدانی در اسید فیتیک است. بطوریکه در زمان استفاده از مایکروویو، اسید فیتیک به دلیل داشتن خاصیت آنتی‌اکسیدانی، رادیکال‌های آزاد را کاهش می‌دهد، در نتیجه ساختار آن شکسته وتجزیه میگردد. بنابراین در زمان به کارگیری فرایند مایکروویو، دو عامل حرارت و اثر آنتی‌اکسیدانی اسید فیتیک، میتولند موجب کاهش این ترکیب شوند. در واقع رادیکال‌های آزاد، اسید فیتیک را مجبور می‌کنند که به عنوان آنتی‌اکسیدان در حضور رادیکال‌های آزاد تخریب شود ومانع اکسیدشدن سایر ترکیبات گردد، که در نهایت به کاهش اسیدفیتیک می‌انجامد [۱۷]. Irakli و همکاران (۲۰۲۰) نیز کاهش میزان اسید فیتیک در نمونه‌های سبوس تیمار شده با مایکروویو را نشان دادند و علت آن را ماهیت حساس به حرارت اسید فیتیک و تشکیل کمپلکس های نامحلول بین فیتات و سایر اجزا نسبت دادند [۱۸].



*Similar lowercase letters between treatments are not statistically significant at (P>0.05) level.
H: hydrothermal , M: microwave, HM: hydrothermal + microwave
Fig 1. Comparison of the amount of phytic acid in different processing methods

۳-۲-ارزیابی تأثیر فرآیند هیدروترمال و مایکروویو و ترکیب آن‌ها بر شاخص‌های رنگی سبوس برنج:

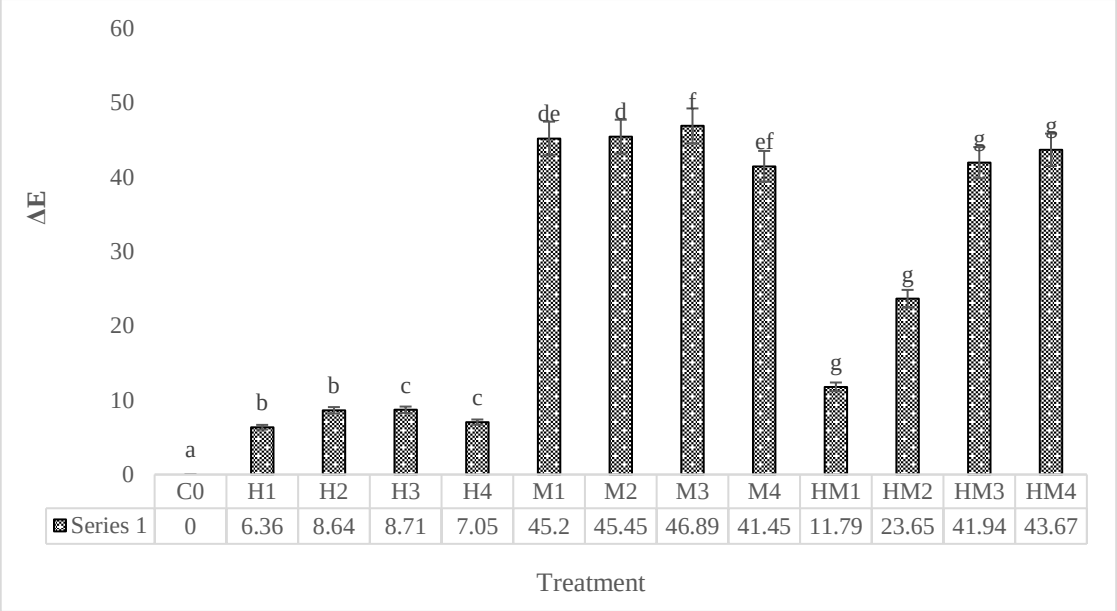
رنگ یک عامل چشمگیر و تعیین کننده در کیفیت مواد غذایی است که بر انتخاب مصرف کنندگان برای محصولات غذایی تأثیر ویژه ای دارد. اثرات تیمارهای مختلف بر رنگ سبوس برنج در جدول ۲ نشان داده شده است. نتایج نشان داد فرآیندهای هیدروترمال، مایکروویو و روش ترکیبی هیدروترمال- مایکروویو تأثیر معنادرای بر

فاکتورهای رنگی نمونه‌ها داشتند ($p<0.05$). بیشترین شاخص روشنایی مربوط به نمونه کنترل (۶۱.۹۵) بود. کاهش شاخص روشنایی در کلیه نمونه‌های تیمار شده مشاهده شد (جدول ۲).میانگین نتایج نشان داد بالاترین روشنایی به ترتیب در نمونه‌های تحت تیمار هیدروترمال (H1) > تیمار ترکیبی مایکروویو-هیدروترمال (HM1) > تیمارمایکروویو (M1) گزارش شد ($p<0.05$). کاهش روشنایی در سبوس فرآوری شده به روشهای تحت مایکروویومیتواند به دلیل تغییر محسوس محتوای آب سبوس و همچنین محصولات حاصل از واکنش میلارد بوده که طی فرآیند مایکروویو به دلیل شدت فشار و حرارت و نوسان محتوای رطوبت رخ می‌دهند [۱۹]. بررسی شاخص های رنگی نیز نشان داد کمترین میزان قرمزی و بالاترین زردی مربوط به نمونه شاهد بود و تیمار سبوس برنج با مایکروویو بطورمعناداری نسبت به سایر تیمارها زردی کمتری داشت و در بین روشهای فراوری، بالاترین شاخص قرمزی در نمونه‌های تیمار شده به روش هیدروترمال مشاهده شد و روش مایکروو سبب کاهش معنادار شاخص قرمزی تیمارها شد($p<0.05$). بررسی تغییرات رنگی در شکل (۲) نیز نشان می‌دهد نمونه‌هایی که به روش هیدروترمال فرآوری شده بودند میزان تغییرات رنگی کمتری نسبت به نمونه‌های تحت مایکروویو و روش مایکروویو-هیدروترمال داشتند ($p<0.05$). همراستا با نتایج بدست آمده Irakli و همکاران (۲۰۲۰) طی بررسی تأثیر فرآیند مایکروویو بر بهبود ویژگی‌های سبوس برنج روند مشابهی در تغییرات رنگی نمونه‌ها گزارش کردند [۱۸]. پایین‌تر بودن مقدار روشنی را می‌توان ناشی از حرارت استفاده شده در حین خشک شدن سبوس‌ها در آون ۵۰ درجه سانتی‌گراد دانست که باعث تیره شدن رنگ آن می‌گردد [۱۲]. همچنین اکبری و همکاران (۲۰۲۱) نشان دادند که فرآوری سبوس برنج به روش هیدروترمال سبب کاهش تغییرات رنگی آن شده و کم بودن تغییرات آن می‌تواند به دلیل حرارت ملایم و یا چندین مرحله شست و شو در این روش باشد [۲۰]. مجذوبی و همکاران (۲۰۱۳) نیز گزارش کردند حرارت و مواد شیمیایی مورد استفاده در فرایند هیدروترمال و چندین مرحله شستشو باعث بروز تغییراتی در ترکیبات رنگی سبوس می‌گردد، و همچنین حرارت استفاده شده در حین خشک کردن سبوس‌ها در آون ۵۰ درجه سانتی‌گراد باعث تغییرات رنگی محسوس در آن می‌گردد [۱۲].

Table 2. Comparison of mean color in different processing methods

Treatment	L*	b*	a*
C_0	61.95 ± 2.20 ^{a}	19.34 ± 0.62 ^{a}	11.43 ± 0.60 ^{a}
H_1	56.07 ± 1.56 ^{b}	17.15 ± 0.33 ^{b}	56.07 ± 1.56 ^{b}
H_2	53.45 ± 0.61 ^{b}	18.02 ± 0.04 ^{b}	53.45 ± 0.61 ^{b}
H_3	53.61 ± 2.14 ^{b}	17.12 ± 0.20 ^{b}	53.61 ± 2.14 ^{b}
H_4	55.06 ± 3.63 ^{b}	18.49 ± 3.63 ^{b}	55.06 ± 3.63 ^{b}
M_1	19.92 ± 1.78 ^{ef}	3.54 ± 1.12 ^{e}	19.92 ± 1.78 ^{ef}
M_2	20.52 ± 0.50 ^{ef}	1.90 ± 0.83 ^{f}	20.52 ± 0.50 ^{ef}
M_3	19.31 ± 0.57 ^{f}	1.20 ± 0.15 ^{f}	19.31 ± 0.57 ^{f}
M_4	22.62 ± 1.64 ^{e}	6.53 ± 1.64 ^{d}	22.62 ± 1.64 ^{e}
HM_1	43.27 ± 1.47 ^{c}	18.13 ± 1.83 ^{b}	43.27 ± 1.47 ^{c}
HM_2	38.84 ± 0.75 ^{d}	14.70 ± 0.50 ^{c}	38.84 ± 0.75 ^{d}
HM_3	22.37 ± 1.14 ^{e}	6.19 ± 0.55 ^{d}	22.37 ± 1.14 ^{e}
HM_4	21.12 ± 0.74 ^{ef}	4.61 ± 1.10 ^{e}	21.12 ± 0.74 ^{ef}

*Similar lowercase letters between treatments are not statistically significant at (P>0.05) level in each column



*Similar lowercase letters between treatments are not statistically significant at (P>0.05) level.

Fig 2. Comparison of the amount of ΔE in different processing methods

۳-۳-ارزیابی تأثیر فرآیند هیدروترمال و مایکروویو و ترکیب آن‌ها بر فلزات سنگین سبوس برنج:

در بین فلزات سنگین مورد بررسی مطابق با نتایج مندرج در جدول (۳) میزان کادمیوم در کلیه نمونه‌ها قبل وبعد از اعمال فرایند قابل تشخیص نبود به نظر میرسد حلالیت بالای کادمیوم در آب و تحرک نسبتاً بالای آن و مقادیر ناچیز اولیه ، می‌تولند از دلایلی باشد که خروج آن را از سبوس آسان‌تر کرده است [۲۱]. اما سبوس برنج تیمار شده با هر یک از روشهای هیدروترمال، مایکروویو و روش ترکیبی هیدروترمال- مایکروویو سبب کاهش معناداری از سرب ، کروم و جیوه در نمونه‌های سبوس شد ($p<0.05$). برای سنجش خطر آفرینی هریک از فلزات سنگین ، مناسب ترین معیار، مقایسه غلظت آنها در مواد غذایی مصرفی و حد رواداری آنها مطابق استنلندارد میباشد. بر اساس استاندارد حد بیشینه رواداری فلزات سنگین ، بیشترین مقداری مجازی از مصرف هریک از آنها در خوراک انسان و دام است که مصرف آن در کوتاه مدت یا درازمدت سبب ایجاد هیچ عارضه سوء برای سلامت انسان نشود [٦]. بر اساس نتایج جدول (۳) بیشترین میزان کروم در نمونه شاهد (۰.۲۰ ppm) بود اعمال تیمارهای فراوری سبوس ، غلظت کروم را به حدود ۵۰٪ نمونه شاهد کاهش میدهد که افت قابل تاملی است و مقایسه نتایج به دست آمده با استاندارد رواداری دریافت روزانه نشان می‌دهد غلظت کروم در کلیه تیمارها بین ۷ تا ١٦ درصد از حد مجاز دریافت روزانه بود .

بررسی نتایج مقادیر سرب نشان میدهد غلظت سرب در تیمار شاهد بیشتر از حد مجاز دریافت روزانه است و کلیه روشهای فراوری منجر به کاهش سرب نسبت به نمونه شاهد میشود اما علیرغم این افت ، غلظت آن در مقایسه با کروم مقادیر قابل ملاحظه ای را نسبت به استاندارد رواداری نشان می‌دهد. بطوریکه در بین نمونه ها ، پس از شاهد (۰.۲۹ ppm)، بیشترین میزان سرب در تیمارهای HM_3 و H_2 (به ترتیب 0.21 و ۰.۲۲ppm) گزارش شد که همچنان از مقدار استاندارد بیشتر می‌باشد. البته فراوری با مایکروویو میتواند به کاهش چشمگیری از سرب بپردازد بطوریکه روشهای فراوری با مایکروویو مقدار سرب به کمتر از ۷۰٪ غلظت آن در نمونه شاهد تنزل می یابد و تیمار با مایکروویو با هر توان و شدتی ، سرب را به کمتر از حداستاندارد رواداری می رساند . Naseri و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند علیرغم اینکه مجاورت آب می‌تولند محتوای فلزات سنگین در سبوس را کاهش دهد اما این

کاهش برای برخی فلزات سنگین بیشتر و برای برخی دیگر کمتر بوده است [۲۲]. کاهش محتوای فلزات سنگین ناشی از فراوری‌های حرارتی به‌صورت Ni> Cd>Pb> Cr است به عبارت دیگر سرب در مقایسه با کروم در مجاورت حرارت با کاهش بیشتری روبرو خواهد بود. بنابراین با توجه به این که تمامی تیمارهای M_1 تا M_4 نسبت به نمونه شاهد و از سطح استاندارد پایین‌تر بودند میتوان گفت که روش مایکروویو روش مناسب تری جهت کاهش میزان سرب می‌باشد. Li و همکاران (۲۰۱۳) نیز اظهار داشتند در مقایسه با سایر روش‌های حرارتی، تیمار مایکروویو با شدت متوسط در کاهش فلزات سنگین خصوصاً کاهش کادمیوم و سرب موثرتر است. این امر میتواند به این دلیل است که امواج مایکروویو نسبت به سایر روش‌های حرارتی مثل هیدروترمال، باعث تحریک حرکت بیشتر فلزات سنگین و خروج آن‌ها از بافت سبوس می‌شود. درواقع اگر نمونه با رطوبت کمتری مورد فرآوری امواج مایکروویو قرار بگیرد، نسبت به مواقعی که نمونه حاوی رطوبت زیادی (همانند روش‌های غوطه‌وری در آب یا خیساندن) باشد، در خروج فلزات سنگین موثرتر واقع خواهد شد [۲۳].

Table 3. Comparison of minerals (ppm) in different processing methods

Treatment	Pb (ppm)	Cr (ppm)	Hg (ppm)
C_0	0.29 ± 0.02 ^{a}	0.20 ± 0.01 ^{a}	0.069 ± 0.34 ^{a}
H_1	0.12 ± 0.01 ^{c}	0.11 ± 0.00 ^{cde}	0.067 ± 0.00 ^{a}
H_2	0.22 ± 0.03 ^{a}	0.07 ± 0.00 ^{e}	0.050 ± 0.00 ^{d}
H_3	0.06 ± 0.00 ^{e}	0.10 ± 0.00 ^{e}	0.054 ± 0.00 ^{c}
H_4	0.09 ± 0.00 ^{d}	0.11 ± 0.00 ^{cde}	0.050 ± 0.00 ^{d}
M_1	0.09 ± 0.07 ^{d}	0.08 ± 0.00 ^{f}	0.050 ± 0.00 ^{d}
M_2	0.07 ± 0.08 ^{de}	0.11 ± 0.00 ^{cd}	0.050 ± 0.00 ^{d}
M_3	0.08 ± 0.00 ^{de}	0.08 ± 0.00 ^{fg}	0.050 ± 0.00 ^{d}
M_4	0.06 ± 0.00 ^{e}	0.11 ± 0.01 ^{de}	0.050 ± 0.00 ^{d}
HM_1	0.12 ± 0.00 ^{c}	0.08 ± 0.00 ^{fg}	0.060 ± 0.00 ^{b}
HM_2	0.09 ± 0.00 ^{d}	0.16 ± 0.01 ^{b}	0.060 ± 0.00 ^{b}
HM_3	0.21 ± 0.02 ^{a}	0.11 ± 0.00 ^{de}	0.050 ± 0.00 ^{c}
HM_4	0.08 ± 0.00 ^{de}	0.12 ± 0.00 ^{c}	0.050 ± 0.00 ^{c}
Standard	0.15 ± 0.00	1.00 ± 0.00	0.225 ± 0.00

*Similar lowercase letters between treatments are not statistically significant at (P>0.05) level in each column

بررسی نتایج جیوه نیز نشان داد غلظت جیوه در تمامی تیمارها حداقل ۷۰٪ پایین‌تر از حد استاندارد رواداری دریافت روزانه (۰.۲۵۵ ppm) بودند مقایسه تیمارهای مختلف نشان داد، تیمار با روش مایکروویو در کاهش جیوه موثرتر از روش هیدروترمال عمل کرده است. بطوریکه بیشترین غلظت جیوه در تیمار H_1 (۰.۶۷ ppm) بوده اما در تمامی نمونه‌های تیمار شده به روش مایکروویو (M_1-M_4) جیوه در پایین ترین سطح قرار داشته است ($p<0.05$) و بین تیمارهای مایکرویو با توان وشدت مختلف ، تفاوت معناداری دیده نشد . Kenawy و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند که روش مایکروویو، روش مناسبی جهت حذف جیوه میباشد که علت این امر می‌تواند افزایش فرآیند اصلاح در روش تابشی مایکروویو به دلیل افزایش دما در زمان کوتاه، در آن باشد [۲۵]. همچنین نتایج این پژوهش نشان داد در بین روشهای فراوری ، تیمارهای کاهنده ی غلظت جیوه با تیمارهای کاهنده ی میزان اسید فیتیک موجود در نمونه‌ها رابطه مستقیم دارند. منطبق با این نتایج Kumar و همکاران (۲۰۱۰) نیز نشان دادند مشتقات اسیدفیتیک ارتباط مستقیمی با غلظت فلزات سنگین بخصوص جیوه دارند، بطوریکه با ایجاد کمپلکس با جیوه و محبوس کردن آن می‌توانند منجر به خروج جیوه از دانه شوند. با افزایش دمای آب خیساندن یا زمان طولانی بخاردهی انتشار اسیدفیتیک در آب بیشتر شده و سهولت خروج جیوه از سبوس نیز بیشتر خواهد شد [۲٤]. بطورکلی اگر چه تمامی تیمارها در کاهش میزان فلزات سنگین به کمتر از نمونه شاهد و کمتر از از حد مجاز روزانه تاثیرگذار بوده اند ولی به کارگیری امواج مایکروویو تاثیر مثبت

چشـــمگیرتری در کاهش فلزات ســـنگین نشـــان داده و در تیمارهایی که صـرفاً فرایند هیدروترمال مستقل اعمال شـده بود میزان قابل ملاحظه‌تری از فلزات ســـنگین باقی می‌ماند که با توجه به اثرات جبران ناپذیر دراز مدت آن‌ها قابل چشم پوشی نیست [٦].

٣-٤ -ارزیابی تأثیر فرآیند هیدروترمال و مایکروویو و ترکیب آن‌ها بر مواد معدنی ســبوس برنج: بررســی مواد معدنی موجود در نمونه‌های تیمار شـده در مقایسـه با نمونه شاهد در جدول ٤ نشان داده شده است. مطابق با نتایج تأثیر معنادار تیمارهای مختلف بر مواد معدنی مشاهده شـد. نتایج نشـــان میدهـد اســـتفاده از روش ترکیبی هیـدروترمـال-مـایکروویو در حفظ مواد معـدنی، موثرتر از روش‌هـای فراوری مستقل بوده‌اند. بطوریکه بیشترین غلظت کلیه مواد معدنی مورد بررســـی (آهن، روی و کلســـیم) در تیمار ترکیبی HM_1 (به ترتیب ٦.٦٨ و ١.٥٦و ١٠٦.٤٣ppm) دیده شـــد. مقایســـه روشـــهای مســـتقل نشـــان داد روش هیـدروترمـال در حفظ آهن وروی موثرتر بوده بنـابراین کمترین میزان آهن و روی در تیمار M_2 (به ترتیب ١.٩٤ و ٠.٥٥ ppm) دیده شـــد اما در محافظت از کلســـیم روش هیـدروترمـال ضـــعیف تر از روش مـایکروویو عمـل کرد بطوریکه کمترین میزان کلسیم در تیمار H_3 (٥٢.٥٣ppm) مشـــاهده گردید. اُفت کمتر غلظت کلســـیم در تیمارهای مایکروویو نسبت به تیمارهای هیدروترمال می‌تواند به علت تجزیـه نمـک‌هـای مربوطـه و رهـاســـازی یون آن، در اثر پرتوهای مایکروویو باشـد [٥]. همراستا با نتایج این تحقیق، مجذوبی و همکاران (٢٠١٣) گزارش کردند اعمال روشهای مســـتقل حرارتی ، مانند فرایند هیدروترمال یا مایکروویو به تنهایی، به دلیل شدت عملیات ، باعث کاهش املاح معدنی موجود در ســـــبوس می‌گردد. در حالیکه در فرایند های ترکیبی بـا کاهش مدت زمـان حرارت دهی یـا کاهش توان امواج مصـرفی میتوان به حفظ بیشـتر مواد معدنی نایل آمد . همچنین بـه نظـر مـی‌رسـد در فرایند هیدروترمال احتمالاً به دلیل دارا بودن چندین مرحله شـــســـتشـــو نیز کاهش ترکیبـــات موجـــود در ســـبوس از جمله برخی از مواد معدنی و یا حتی پروتئین محتمل اســـت که در این بین کاهش کلسـیم در حین فرایند هیدروترمال، بیش از بقیه مود معدنی بود [١٢]. Rizk و همکاران (١٩٩٤) نشـــان دادند فرآوری ســـبوس برنج به روش مایکروویو به تنهایی باعث کاهش مواد معدنی مثل آهن و روی می‌شـــود این کاهش می‌تواند به دلیل ســـوختن نمونه و به دنبال آن افزایش توان یا زمان فرآیند می‌باشد [٢٦].

Table 4. Comparison of mean heavy metal (ppm) in different processing methods

Treatment	Fe(ppm)	Zn(ppm)	Ca(ppm)
C_0	7.19 ± 0.01 ^{a}	1.57 ± 0.13 ^{a}	80.06 ± 0.22 ^{e}
H_1	6.13 ± 0.13 ^{d}	1.07 ± 0.01 ^{bcd}	73.10 ± 0.19 ^{g}
H_2	5.58 ± 0.02 ^{e}	0.92 ± 0.02 ^{d}	68.75 ± 0.03 ^{j}
H_3	4.03 ± 0.03 ^{i}	0.65 ± 0.02 ^{f}	52.53 ± 0.16^{l}
H_4	5.38 ± 0.02 ^{f}	1.06 ± 0.02 ^{d}	68.34 ± 0.05 ^{k}
M_1	6.06 ± 0.04 ^{d}	1.07 ± 0.01 ^{bcd}	69.15 ± 0.06 ^{i}
M_2	3.91 ± 0.02 ^{j}	0.55 ± 0.04 ^{f}	71.69 ± 0.15 ^{h}
M_3	4.94 ± 0.03 ^{g}	1.26 ± 0.02 ^{bc}	92.38 ± 0.24 ^{b}
M_4	4.27 ± 0.04 ^{h}	1.30 ± 0.02 ^{b}	87.55 ± 0.12 ^{c}
HM_1	6.68 ± 0.02 ^{b}	1.56 ± 0.02 ^{a}	106.43 ± 0.23 ^{a}
HM_2	6.05 ± 0.04 ^{d}	0.67 ± 0.49 ^{ef}	80.56 ± 0.14 ^{d}
HM_3	6.36 ± 0.03 ^{c}	0.93 ± 0.01^{d}	74.50 ± 0.24 ^{f}
HM_4	6.32 ± 0.03 ^{c}	0.90 ± 0.02 ^{de}	80.62 ± 0.22 ^{d}

*Similar lowercase letters between treatments are not statistically significant at (P<0.05) level in each column

٤-نتیجه‌گیری کلی

در این مطالعـه بـه بررســـی تـاثیرفرآینـدهـای مســـتقل هیـدروترمـال، مـایکروویو و فراینـد ترکیبی هیـدروترمـال-مایکروویو در بهبود ویژگی‌های سبوس برنج وکاهش فیتیک اسید در آن پرداخته شـد. مطابق نتایج ، کلیه روشـهای مورد بررسـی منجر بهبود خواص سـبوس نسـبت به نمونه شـاهد شـدند .اما با مقایسـه تیمار ها مشـخص شـد ، روشـهای

ترکیبی هیدروترمال- مایکروویو در کاهش اسیدفیتیک موثرتر بودو و آزمون های رنگ سنجی نیز نشان داد سبوس فراوری شده با روش هیدروترمال دارای کمترین تغییرات رنگی نسبت به دیگر تیمارها می‌باشد. در کاهش غلظت فلزات سنگین روش مایکروویو موثرتر از روشهای دیگر بود هرچند در روشهای ترکیبی نیز کاهش فلزات سنگین نسبت به روش مستقل هیدروترمال قابل قبول بود . بررسی غلظت مواد معدنی نیز نشان داد البته علیرغم اینکه کلیه روش‌های فراوری، منجر به کاهش مقدار املاح موجود در سبوس نسبت به نمونه شاهد شد، اما روش ترکیبی هیدروترمال- مایکروویو در حفظ مواد معدنی عملکرد بهتری دارد. علاوه بر این با توجه به کاهش چشمگیر اسید فیتیک در حین فراوری ترکیبی هیدروترمال – مایکروویو، کاهش قابل قبول فلزات سنگین و امکان غنی‌سازی آرد با مواد معدنی از دست رفته، به نظر می‌رسد فراوری به روش ترکیبی هیدروترمال-مایکروویو میتواند راهکار مناسبی برای تهیه ی سبوسی با خواص فیزیکوشیمیایی قابل قبول به مصرف کنندگان باشد.

5-References

[1] Sapwarobol, S., Saphyakhajorn, W. and Astina, J., 2021. Biological functions and activities of rice bran as a functional ingredient: A review. Nutrition and metabolic insights, 14, pp.1-11.

[2] Faustino, M., Veiga, M., Sousa, P., Costa, E.M., Silva, S. and Pintado, M., 2019. Agro-food byproducts as a new source of natural food additives. Molecules, 24(6), p.1056.

[3] Izadi, Z., Mazaheritehrani, M. and Shahidi, F., 2021. Effect of fermentation and microwave radiation processes on physicochemical properties of wheat bran. Innovative Food Technologies, 9(1), pp.63-79. [in Persian].

[4] 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, pp.2878-2888.

[5] Mohammadzadeh Milani, J., Fallah Nim Chahi, P. and Ahmadi, F., 2017. Optimization of the Stabilization of Rice Bran with Different Temperature and Time Treatments. **Journal of Food Science and Technology**78 (15), pp.253-263. [in Persian].

[6] Nasrollah Zadeh Masouleh, A., Ghorbani-HasanSaraei, A., Amiri, E. and Habibi, F., 2021. Comparison the effect of nitrogen fertilizer and parboiling process on heavy metals of rice grain. Journal of food science and technology (Iran), 18(114), pp.359-370. [in Persian].

[7] Messia, M.C., Reale, A., Maiuro, L., Candigliota, T., Sorrentino, E. and Marconi, E., 2016. Effects of pre-fermented wheat bran on dough and bread characteristics. Journal of Cereal Science, 69, pp.138-144.

[8] Coda, R., Kärki, I., Nordlund, E., Heiniö, R.L., Poutanen, K. and Katina, K., 2014. Influence of particle size on bioprocess induced changes on technological functionality of wheat bran. Food microbiology, 37, pp.69-77.

[9] Sharma, H. R., Chauhan, G. S., & Agrawal, K. (2004). Physico-chemical characteristics of rice bran processed by dry heating and extrusion cooking. International Journal of Food Properties, 7(3), 603-614.

[10] Sharafi, K., Yunesian, M., Nodehi, R. N., Mahvi, A. H., Pirsaheb, M., & Nazmara, S. (2019). The reduction of toxic metals of various rice types by different preparation and cooking processes–Human health risk assessment in Tehran households, Iran. Food chemistry, 280, 294-302.

[11] Kaur, S., Sharma, S., Dar, B.N. and Singh, B., 2012. Optimization of process for reduction of antinutritional factors in edible cereal brans. Food science and technology international, 18(5), pp.445-454.

[12] Majzoobi, M., Nematolahi, Z. and Farahnaky, A., 2013. Effect of hydrothermal treatment on decreasing the phytic acid content of wheat bran and on physical and sensory properties of biscuits. Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology, 8(3), pp.171-178. [in Persian].

[13] Sim, G.Y., Lee, S.U. and Lee, J.W., 2020. Enhanced extraction of phytic acid from rice hulls with enzymatic treatment and production of ethanol from reducing sugars in hydrolyzed rice hulls after extraction of phytic acid. Food science and technology (LWT), 133, p.110111.

[14] Khalajian, S. and GHIASSI, T.B., 2021. Effects of Extrusion on Phytic Acid Reduction of Hydrothermal and Fermented Wheat Brans. Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology, 16(3), pp.75-84. [in Persian].
[15] Mohammadi, F., Marti, A., Nayebzadeh, K., Hosseini, S.M., Tajdar-Oranj, B. and Jazaeri, S., 2021. Effect of washing, soaking and pH in combination with ultrasound on enzymatic rancidity, phytic acid, heavy metals and coliforms of rice bran. Food chemistry, 334, p.127583.
[16] Alajaji, S.A. and El-Adawy, T.A., 2006. Nutritional composition of chickpea (Cicer arietinum L.) as affected by microwave cooking and other traditional cooking methods. Journal of Food Composition and Analysis, 19(8), pp.806-812.
[17] De Boland, A.R., Garner, G.B. and O'Dell, B.L., 1975. Identification and properties of phytate in cereal grains and oilseed products. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 23(6), pp.1186-1189.
[18] Irakli, M., Lazaridou, A. and Biliaderis, C.G., 2020. Comparative evaluation of the nutritional, antinutritional, functional, and bioactivity attributes of rice bran stabilized by different heat treatments. Foods, 10(1), p.57.
[19] Asad, S., Jabeen, A., Aga, M.B., Majid, D., Jan, N., Amin, T. and Mehraj, F., 2021. Microwave stabilization and process optimization of rice bran cultivar Jhelum. Journal of Food Processing and Preservation, 45(7), p.e15659.
[20] Akbari, E. and Jahadi, M., 2021. The Effect of Replacing Low Phytate Rice Bran on Physicochemical Properties of Burger Chicken. Journal of food science and technology (Iran), 18(118), pp.237-247.
[21] Shindoh, K. and Yasui, A., 2003. Changes in cadmium concentration in rice during cooking. Food science and technology research, 9(2), pp.193-196.
[22] Naseri, M., Rahmanikhah, Z., Beiygloo, V. and Ranjbar, S., 2018. Effects of two cooking methods on the concentrations of some heavy metals (cadmium, lead, chromium, nickel and cobalt) in some rice brands available in Iranian Market. Journal of Chemical Health Risks, 4(2).
[23] Li, S., Li, R., Tang, Y. and Chen, G., 2019. Microwave-induced heavy metal removal from dewatered biosolids for cost-effective composting. Journal of Cleaner Production, 241, p.118342.
[24] Kumar, V., Sinha, A.K., Makkar, H.P. and Becker, K., 2010. Dietary roles of phytate and phytase in human nutrition: A review. Food chemistry, 120(4), pp.945-959.
[25] Kenawy, I.M.M., Abou El-Reash, Y.G., Hassanien, M.M., Alnagar, N.R. and Mortada, W.I., 2018. Use of microwave irradiation for modification of mesoporous silica nanoparticles by thioglycolic acid for removal of cadmium and mercury. Microporous and Mesoporous Materials, 258, pp.217-227.
[26] Rizk, L.F., Doas, H.A. and Elsakr, A.S., 1994. Chemical composition and mineral content of rice bran of two egyptian rice varieties heated by microwave. Food/Nahrung, 38(3), pp.273-277.

Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Comparing the effects of hydrothermal and microwave processes on the physicochemical properties of rice bran

Azin Nasrollah Zadeh[1*] ، Arman Bayati kalimani [2]

1-Department of Food Science and Technology, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran

2-Msc of Food Science and Technology, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran

ARTICLE INFO

Article History:
Received:2023/8/16
Accepted:2024/4/16

Keywords:

phytic acid,
rice bran,
heavy metals,
microwave,
minerals,
hydrothermal

DOI: **10.22034/FSCT.21.153.116.**

*Corresponding Author E-
Azinnasr@yahoo.com

ABSTRACT

Today, bran is considered a functional compound in the food industry. The aim study was to investigate different processing methods of rice bran to improve its physicochemical characteristics. Treatments were prepared in 12 groups, control (C0), 4 samples hydrothermal treated H1 and H2 (1 and 2 h at 30 ˚C, respectively), H3 and H4 (1 and 2 h at 80 ˚C, respectively), 4 samples microwave treated M1 and M2 (4 and 7 min at a 600 w, respectively), M3 and M4 ((4 and 7 min at a 600 w, respectively), 4 samples hydrothermal-microwave treated HM1 and HM2 (First, 1 and 2 h at 50 ˚C, respectively, then 4 min at 750 w), HM3 and HM4 (First, 1 and 2 h at 50 ˚C, respectively, then 7 min at 750 w). The results showed that the hydrothermal-microwave method was more effective in reducing phytic acid than the other two methods ($p<0.05$) so the HM4 treatment had the lowest amount of phytic acid ($p<0.05$). The color value test showed the lowest ΔE change was related to rice bran hydrothermal treated (H1 with ΔE equal to 6.36) ($p<0.05$). The hydrothermal-microwave process showed the highest retention of iron, zinc, and calcium ($p<0.05$). Most minerals were shown in HM1 (6.68, 1.56, and 106.43 ppm, respectively). The heavy metals test indicated that in all treatments, the number of heavy metals significantly decreased compared to the control ($p<0.05$). However, the microwave method was more effective than others ($p<0.05$). Therefore, it can be concluded that using the hydrothermal-microwave method provides better quality rice bran.