

## کاهش ترکیبات ضد تغذیه‌ای و اسیدهای چرب آزاد سبوس جو، جوی دوسر و برنج تیمار شده با امواج مایکروویو

مریم عزیزخانی<sup>1</sup>، \*<sup>ID</sup>، رمضان ابراهیم خاصی<sup>1</sup>

1- گروه بهداشت مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تخصصی فناوری‌های نوین آمل، آمل، ایران  
\* نویسنده مسئول (m.azizkhani@ausmt.ac.ir)

### چکیده

تاریخ دریافت: 1400/10/25  
تاریخ بازنگری: 1401/01/24  
تاریخ پذیرش: 1401/01/27  
تاریخ انتشار برخط: 1401/01/29

### واژه‌های کلیدی

پایداری  
ذخیره‌سازی  
سبوس  
غلات  
مایکروویو

در حال حاضر سبوس غلات در کشور بدون فرآوری لازم جهت حذف ترکیبات ضد تغذیه‌ای عرضه می‌شود که می‌تواند بر سلامت مصرف‌کنندگان واکنش‌های سوء داشته باشد. در این پژوهش، اثرات شرایط مختلف (قدرت و مدت زمان) تیمار با مایکروویو بر میزان رطوبت، ترکیبات ضد تغذیه‌ای (اسید فیتیک و اسید اگزالیک) و میزان اسیدهای چرب سبوس جو، جوی دوسر و برنج مورد ارزیابی قرار گرفت. تیمار نمونه‌ها با مایکروویو با توان 2، 4، 6، 8 و 10 کیلووات برای مدت زمان 30، 60، 90، 120، 180 و 240 ثانیه انجام شد. مطلوب‌ترین تیمار جهت کاهش رطوبت برای سبوس جو، جوی دوسر و برنج ایرانی 8 کیلووات برای 120 ثانیه بود. طی تیمار در قدرت‌های 8 و 10 کیلووات مایکروویو در 120 ثانیه، آفت حدود 50 درصد در محتوای فیتات و اگزالات مشاهده شد. تیمار در 8 کیلووات به مدت 120 ثانیه جهت کاهش فیتات و اگزالات در نمونه‌های سبوس به‌عنوان تیمار بهینه شناسایی گردید. در دوره نگهداری 28 روزه در شرایط تسریع‌شده اختلاف آماری قابل‌ملاحظه‌ای بین میزان رطوبت و درصد اسیدهای چرب آزاد نمونه‌های تیمار شده با قدرت 8 و 10 کیلووات مشاهده نگردید. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که تیمار با قدرت مایکروویو 8 کیلووات به مدت 120 ثانیه در سبوس جو و برنج و 10 کیلووات به مدت 120 ثانیه در سبوس جوی دوسر، مقدار رطوبت، فاکتورهای ضد تغذیه‌ای اسید فیتیک و اسید اگزالیک را به میزان قابل‌توجهی کاهش داد و نیز موجب کاهش میزان رطوبت، کاهش فعالیت لیپاز و تولید اسید چرب آزاد طی دوره نگهداری 28 روزه در شرایط تسریع‌شده گردید.



### مقدمه

غلات غنی از فیبرهای مفید رژیمی و ریزمغذی‌هاست. مصرف منظم غلات کامل می‌تواند به محافظت در برابر شماری از بیماری‌ها مانند بیماری‌های عروق کرونر قلبی، دیابت و چاقی کمک کرده و همچنین ریسک ابتلا به برخی سرطان‌ها را کاهش دهد (Xu, Reynolds et al., 2019; Yang, Du, Li, & Zhou, 2019). محصولات غلات سبوس‌دار نه تنها سالم هستند بلکه تأثیر قابل‌توجهی بر

غلات، منابع مهم مواد مغذی مفید همانند پروتئین، فیبر، کربوهیدرات‌ها، ویتامین‌ها و مواد معدنی هستند. فواید سلامتی بخش استفاده از غلات کامل، اساساً به فیبر نسبت داده شده است. تحقیق‌های جدید نشان می‌دهند که مجموعه کامل ویتامین‌ها، مواد معدنی و فیبر، مسئولیت تأمین سلامتی و ایمنی بدن را برعهده دارند و سبوس

فرایند مواد غذایی، به‌عنوان مثال در خشک‌کردن، پاستوریزاسیون، آنزیم‌بری، انجمادزایی، تعدیل بافت و پخت مواد غذایی استفاده شده است (Xu et al., 2013). در مقایسه با سایر روش‌های حرارتی، حرارت‌دهی با مایکروویو دارای کارایی بالاتر و اقتصادی‌تر بوده و زمان فرایند کوتاه‌تری دارد (Chandrasekaran, Ramanathan, & Basak, 2013). از حرارت‌دهی با مایکروویو برای غیرفعال‌سازی ترکیبات ضدتغذیه‌ای مانند فیتات و اگزالات در سبوس (Garcia, Benassi, & Soares Júnior, 2012; Suhag et al., 2021)، لپاز و لیپوکسیژناز<sup>2</sup> در بسیاری از محصولات غلات، مانند جوانه غلات (Boukid, Folloni, & Yadav, 2018)، دانه‌های ارزن (Anand, Kaur, & Singh, 2012) و انواع سبوس (J. Liu, Zhang, Wang, & Hou, 2021; Patil, Kar, & Mohapatra, 2016; Ramezanzadeh, Rao, Prinyawiwatkul, Marshall, & Windhauser, 2000) استفاده شده است. اگرچه جداسازی، آنالیز ترکیبات، جنبه‌های ایمنی و استفاده بالقوه از مواد غذایی غنی از آلورون سبوس در مطالعه‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته است، اما اطلاعات اندکی در خصوص روش‌های پایدارسازی سبوس غلات وجود دارد.

در این مطالعه، اثرات شرایط مختلف (قدرت و مدت زمان) تیمار با مایکروویو بر میزان رطوبت، ترکیبات ضدتغذیه‌ای (اسید فیتیک و اسید اگزالیک که مانع جذب عناصر ضروری چون کلسیم و آهن در بدن می‌گردند) و میزان ماندگاری سبوس جو، جوی دوسر و برنج که امروزه به‌عنوان اجزای غذایی فراسودمند و عملکردی معرفی شده‌اند، مورد ارزیابی قرار گرفت.

## مواد و روش‌ها

### تهیه دانه‌های غلات مورد مطالعه

در این مطالعه دانه‌های جو<sup>3</sup> و اریته ایرانی نصرت، جوی دوسر<sup>4</sup> و برنج<sup>5</sup> و اریته ایرانی خزر (تحت اصلاح ژنتیکی قرار گرفته است) از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال

میزان سیری دارند و به فرد احساس سیری سریع و طولانی می‌دهند. محصولات غلات سبوس‌دار به‌دلیل داشتن مقادیر زیاد فیبر رژیمی برای این منظور بسیار مناسب هستند. این اجزا در جوانه و سبوس گندم، جو، جوی دوسر و برنج به فراوانی یافت می‌شوند (Wang, Hou, Kweon, & Lee, 2016). جایگزینی آرد سفید با درصدی از سبوس غلات روشی رایج برای افزایش محتوای فیتوشیمیایی محصولات بر پایه غله است. با این وجود، ترکیب کردن سبوس فرایند نشده به آرد سفید منجر به کاهش کارایی فرایند و کیفیت محصول نهایی، به‌عنوان مثال حجم کمتر، پوسته تیره و بافت فشرده و چگال می‌گردد (Bagdi et al., 2016). نگرانی دیگر در مورد جایگزینی آرد سفید با سبوس فرایند نشده احتمال اکسیداسیون در اثر فعالیت لپازی است (Liu et al., 2018). یکی از بزرگ‌ترین چالش‌ها در تولید محصولات بر پایه غله به‌حداقل رساندن این واکنش‌های منفی و نیز بهبود ویژگی‌های حسی است.

لایه‌های داخلی سبوس به‌ویژه آلورون<sup>1</sup> غنی از اجزای فراسودمند و عملکردی بوده و عملکرد بهتری نسبت به سبوس کامل دارند. بنابراین، از سبوسی که حاوی بخش‌های غنی از آلورون باشد می‌توان برای تولید مواد غذایی ایمن و سالم و واجد مواد مغذی مشابه غلات کامل که رنگ، طعم و مزه بهتری نیز دارند، استفاده کرد (Bagdi et al., 2016; Brouns, Hemery, Price, & Anson, 2012). با این حال، اجزای غنی از آلورون به‌دلیل هیدرولیز، تخریب و اکسیداسیون لیپیدهای آلورون و فساد میکروبی به سرعت دچار فساد می‌شوند (Xu et al., 2013; 2019). از این رو، لازم است برای افزایش پایداری اجزای ارزشمند سبوس از طریق روش‌های مناسب جهت طولانی‌نمودن ماندگاری آنها بدون آسیب به ویژگی‌های تغذیه‌ای اقدام نمود.

در حرارت‌دهی با مایکروویو، که یک روش حرارت‌دهی دی‌الکتریک است، اجزای مواد غذایی انرژی مایکروویو را جذب و آن را تبدیل به حرارت می‌کنند، که بیشتر از طریق مکانیسم‌های دوقطبی-دوقطبی و یونی رخ می‌دهد. در چند دهه گذشته، تیمار با مایکروویو به‌طور گسترده‌ای در

<sup>2</sup> Lipoxigenase

<sup>3</sup> *Hordeum vulgare* L.

<sup>4</sup> *Avena sativa*

<sup>5</sup> *Oryza sativa*

<sup>1</sup> Aleurone

و بذر (کرج، ایران) تهیه شد.

### ترکیبات ضد تغذیه‌ای

#### اندازگیری اگزالات

میزان اگزالات با استفاده از روش تیتراسیون به کاررفته توسط Oyeyinka و Afolayan (2019) تعیین شد. ابتدا 1 گرم نمونه سبوس به 75 میلی لیتر اسید سولفوریک 3 مولار افزوده شده و به مدت 1 ساعت روی دستگاه شیکر با سرعت 150 دور در دقیقه قرار گرفت و سپس با استفاده از کاغذ صافی معمولی صاف شد. در مرحله بعد، 25 میلی لیتر از محلول صاف شده در دمای 70 درجه سانتی گراد گرم و با پرمنگنات پتاسیم 0/05 مولار تیترا تا حصول رنگ صورتی کم رنگ با پایداری حدود 10 ثانیه تیترا شد. مقدار اگزالات طبق رابطه (2) محاسبه و براساس وزن خشک بیان شد:

رابطه (2)

$1/33 \times \text{حجم مصرفی پرمنگنات پتاسیم} = \text{اگزالات (میلی گرم در 100 گرم)}$

#### اندازه گیری فیتات

میزان فیتات مطابق روش Lazaridou, Irakli و Biliaderis (2021) مورد ارزیابی قرار گرفت. ابتدا، 1 گرم نمونه سبوس با 50 میلی لیتر تری کلرواستیک اسید (TCA<sup>1</sup>) 3 درصد مخلوط و به مدت 30 دقیقه روی شیکر قرار داده شد. سپس، سانتریفیوژ شده (مدل Hermle Co. Z206A، ساخت آلمان) و 10 میلی لیتر از مایع رویی با 4 میلی لیتر FeCl<sub>3</sub>، 2 میلی گرم یون فریک در 1 میلی لیتر TCA مخلوط و به مدت 45 دقیقه جوشانده شد. پس از سانتریفیوژ مخلوط، رسوب آن با 20-25 میلی لیتر TCA (3 درصد) شسته و 10 دقیقه دیگر جوشانده شد. مرحله شست و شو بار دیگر تکرار و رسوب با 5 میلی لیتر آب و 3 میلی لیتر NaOH (1/5 نرمال) مخلوط و سپس تا رسیدن به حجم 30 میلی لیتر، آب اضافه شد. سوسپانسیون به مدت 30 دقیقه جوشانده و صاف شد. رسوب حاصل با آب گرم شست و شو و در 40 میلی لیتر HNO<sub>3</sub> داغ حل و به یک بالن ژوژه 100 میلی لیتری منتقل و با آب مقطر به حجم رسانده شد. مقدار 5 میلی لیتر از محلول به دست آمده به یک بالن

#### تهیه سبوس

دانه‌های جو، جوی دوسر و برنج تمیز شده، برس زنی گردیده و سپس با استفاده از آسیاب آزمایشگاهی برای به دست آوردن آرد سفید، ذرات ریز سبوس و ذرات درشت سبوس آسیاب شد. سپس، این سه جزء با استفاده از مجموعه الک‌ها با مش‌های مختلف به ذرات درشت سبوس، ذرات ریز سبوس و آرد سفید تفکیک شد. ذرات درشت سبوس برای تیمار با مایکروویو و انجام آزمایش‌ها مورد استفاده قرار گرفت.

#### تیمار با مایکروویو

دستگاه مایکروویو (Electron, EMS 820 model، ساخت انگلستان) برای تیمار نمونه‌های سبوس به کار رفت. هر نمونه سبوس روی سینی دستگاه قرار گرفته و ضخامت لایه سبوس در حدود 0/3 سانتی متر و به طور یکنواخت تنظیم گردید. تیمار نمونه‌ها با توان 2، 4، 6، 8 و 10 کیلووات برای مدت زمان 30، 60، 90، 120، 180 و 240 ثانیه انجام و بلافاصله پس از تیمار و خنک سازی، نمونه‌ها آسیاب شده و از الک با مش 80 (قطر منافذ 180 میکرومتر) عبور داده شد. تمام نمونه‌ها در فریزر در دمای 18- درجه سانتی گراد نگهداری شده و نمونه تیمار نشده به عنوان شاهد استفاده شد (Liu et al., 2021).

#### اندازه گیری میزان رطوبت

میزان رطوبت نمونه‌های تیمار شده و نمونه‌های شاهد به روش ارائه شده توسط Bai و همکاران (2021) با استفاده از روش آون گذاری و مطابق رابطه (1) تعیین شد:

رابطه (1)

$$100 \times [(W_1 - W_2) / W_1] = \text{میزان رطوبت (درصد)}$$

در رابطه (1)، W<sub>1</sub> وزن اولیه نمونه (قبل از آون گذاری) و W<sub>2</sub> وزن نمونه بعد از آون گذاری است.

<sup>1</sup> Trichloroacetic acid

یافت و این روند همچنان تا پایان تیمار 240 ثانیه ادامه داشت ( $P < 0/05$ ). درمورد سبوس برنج و سبوس جو، اثر میکروویو در 8 کیلووات بر میزان رطوبت مشابه 10 کیلووات از صفر تا 240 ثانیه بود ( $P < 0/05$ ). درحالی که برای نمونه های سبوس جو دوسر، قدرت میکروویو برای کاهش رطوبت محتوای 6 و 8 کیلووات مشابه بود ( $P < 0/05$ ). کاهش قابل توجه رطوبت زمانی مشاهده شد که نمونه ها در توان میکروویو 8 و 10 کیلووات به مدت 120 ثانیه با رطوبت نهایی حدود 2 درصد تحت تیمار قرار گرفتند و تفاوت معنی داری بین میزان رطوبت در 120، 180 و 240 ثانیه وجود نداشت ( $P < 0/05$ ). به نظر می رسد مطلوب ترین تیمار برای سبوس جو، جوی دوسر و برنج ایرانی 8 کیلووات برای 120 ثانیه بوده است. نتایج نشان داد که درعین حال افزایش قدرت میکروویو و زمان تیمار تأثیر قابل توجهی بر میزان رطوبت دارد. در مطالعه ای اثرات توان میکروویو (2/5، 5، 7/5 و 10 کیلووات) و زمان های مختلف تیمار (15، 30، 60، 90 و 120 ثانیه) بر میزان رطوبت سبوس گندم بررسی و نشان داده شد که مؤثرترین تیمار برای کاهش رطوبت، توان میکروویو 10 کیلووات به مدت 120 ثانیه بود (Liu et al., 2018). نتایج مشابهی توسط Patil و همکاران (2016) اعلام شد که تمام تیمارهای میکروویو تأثیر قابل توجهی بر میزان رطوبت نمونه های سبوس برنج داشتند. میزان رطوبت نهایی نمونه های سبوس بلافاصله پس از تیمار با میکروویو کاهش می یابد و تیمار در 6 کیلووات برای 300 ثانیه کمترین میزان رطوبت (1/56 درصد) را به همراه داشت (Patil et al., 2016). از آنجاکه مولکول های آب مولکول های قطبی هستند، انرژی میکروویو را جذب کرده و با افزایش انرژی جنبشی از نمونه تبخیر می شوند (Abbaspour-Gilandeh, Kaveh, Fatemi, & Aziz, 2021). در مجموع، تیمارهای 8 و 10 کیلووات به مدت 120 ثانیه، میزان رطوبت نمونه های سبوس را به 2-3 درصد کاهش می دهد که پایین تر از رطوبت لازم برای رشد میکروبی و فعالیت آنزیمی است.

ژوزه 100 میلی لیتری حاوی 70 میلی لیتر آب منتقل شد و 20 میلی لیتر تیوسیانات پتاسیم ( $KSCN^1$ ) 1/5 نرمال) به آن اضافه و با آب مقطر به حجم رسانده شد. میزان جذب محلول نهایی در 480 نانومتر قرائت شد. میزان آهن در فرم  $Fe(NO_3)_3$  از طریق منحنی استاندارد اندازه گیری شد و میزان فسفر فیتات از نتایج آهن با فرض نسبت مولکولی 4 به 6 آهن به فسفر محاسبه و نتایج براساس میلی گرم در 100 گرم وزن خشک بیان شد.

#### آزمون پایداری در شرایط نگهداری تسریع شده

این آزمون مطابق روش Patil و همکاران (2016) در دمای ثابت 45 درجه سانتی گراد در یک آون به مدت 4 هفته انجام شد. 50 گرم از سبوس تیمار شده و سبوس کنترل در کیسه های آلومینیومی بسته بندی شده و در آون قرار گرفت. میزان رطوبت و محتوای اسیدهای چرب آزاد در فواصل زمانی 1 هفته ای مورد سنجش قرار گرفت (Patil et al., 2016).

#### آنالیز آماری

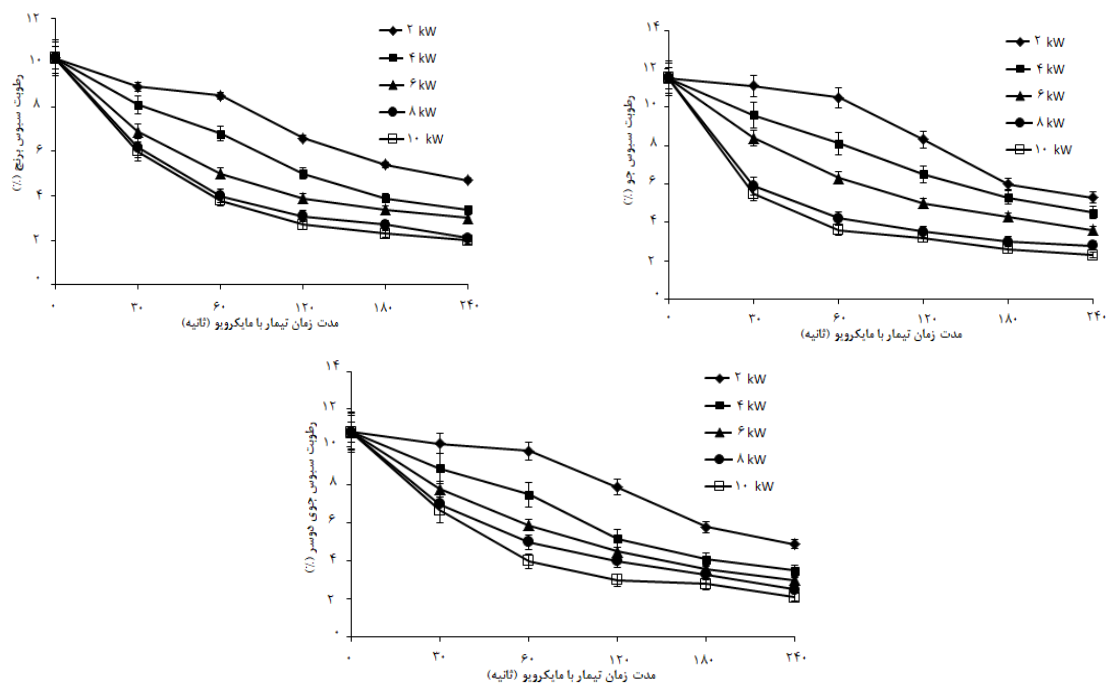
کلید آزمون ها در سه تکرار انجام و داده های به دست آمده در این مطالعه به صورت میانگین  $\pm$  انحراف استاندارد ارائه شد. تجزیه و تحلیل آماری داده ها با استفاده از آزمون آنالیز واریانس دوطرفه (ANOVA) در سطح اطمینان 95 و 99 درصد و ارزش p معادل، به ترتیب، 0/05 و 0/01 با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه 22 انجام شد.

#### نتایج و بحث

##### محتوای رطوبت

باتوجه به نتایج ارائه شده در شکل (1)، افزایش توان میکروویو و زمان تیمار باعث کاهش رطوبت تمام نمونه های سبوس شد. در توان میکروویو 2 کیلووات، تفاوت معنی داری بین میزان رطوبت نمونه های سبوس در صفر، 30 و 60 ثانیه وجود نداشت ( $P < 0/05$ ) اما در 120 ثانیه به میزان قابل توجهی (حدود 3 درصد) کاهش

<sup>1</sup> Potassium thiocyanate



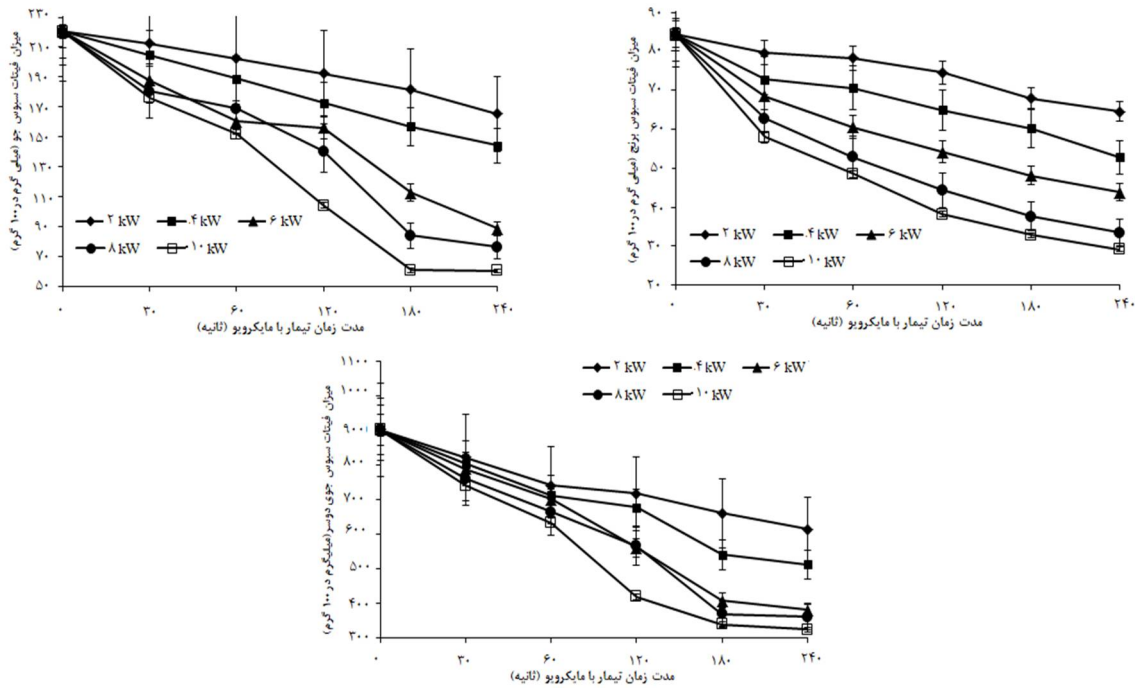
شکل 1- تغییرات محتوای رطوبت در نمونه‌های سبوس طی تیمار با میکروویو (تیرک‌های ترسیم‌شده روی نقاط، نشان‌دهنده انحراف استاندارد داده‌های اندازه‌گیری شده است).

### ترکیبات ضد تغذیه‌ای

#### فیتات

تغییرات در میزان فیتات طی تیمار در قدرت‌های مختلف مایکروویو در زمان‌های متفاوت در شکل (2) آورده شده است. تیمار با حرارت مایکروویو میزان اسید فیتیک هر سه نمونه سبوس را به میزان قابل توجهی کاهش داد ( $P < 0/05$ ). تیمار در قدرت 2 کیلووات تأثیر ناچیزی بر محتوای اسید فیتیک نمونه‌ها داشت. اسید فیتیک در سبوس جوی دوسر در قدرت 10 کیلووات به مدت 120 ثانیه به میزان حدود 50 درصد کاهش یافت. بیشترین میزان کاهش اسید فیتیک در نمونه جوی دوسر پس از 240 ثانیه تیمار در قدرت 10 کیلووات مشاهده شد که میزان آن از 901/5 به 324 میلی‌گرم در 100 گرم کاهش یافت که بیانگر کاهش حدود 64 درصدی در میزان اسید فیتیک می‌باشد. بین میزان اسید فیتیک نمونه سبوس جوی دوسر (حدود 62 درصد کاهش در میزان اولیه اسید فیتیک) در تیمار با قدرت مایکروویو 8 و 10 کیلووات در زمان‌های 180 و 240 ثانیه تفاوت معناداری مشاهده نگردید ( $P > 0/05$ ). باتوجه به اینکه تیمار در 10 کیلووات به مدت 120 ثانیه محتوای اسید فیتیک را به میزان بیش از 50 درصد کاهش داد، لذا می‌توان آن را به‌عنوان تیمار بهینه برای کاهش میزان اسید فیتیک در سبوس جوی

دوسر معرفی نمود. در نمونه‌های سبوس جو، بیشترین افت مقدار اسید فیتیک طی تیمار در قدرت 10 کیلووات پس از 240 ثانیه رخ داد ( $P < 0/05$ ) که میزان آن را به 27/3 درصد کاهش داد. تیمار در قدرت‌های مختلف مایکروویو در 30 و 60 ثانیه میزان اسید فیتیک را بین 4 الی 30 درصد کاهش داد، درحالی‌که در 120 ثانیه، 53 درصد افت در میزان فیتات مشاهده شد. کاهش قابل‌ملاحظه‌ای در محتوای اسید فیتیک نمونه‌های سبوس برنج در قدرت‌های 8 و 10 کیلووات طی 120، 180 و 240 ثانیه اشعه‌دهی یافت شد ( $P < 0/05$ ). تفاوت آماری معناداری بین نتایج به‌دست‌آمده برای قدرت اشعه‌دهی 8 و 10 کیلووات وجود نداشت ( $P < 0/05$ ). لذا، تیمار در 8 کیلووات به مدت 120 ثانیه جهت کاهش فیتات در سبوس برنج به‌عنوان تیمار بهینه شناسایی گردید. مطابق داده‌های مطالعه حاضر، حرارت‌دادن و تیمار با مایکروویو موجب کاهش اسید فیتیک در سبوس غلات می‌گردد. Irakli و همکاران (2021) گزارش نمودند که تیمار با مایکروویو در 5/5 کیلووات (120 ثانیه) میزان اسید فیتیک نمونه سبوس برنج را 25 درصد کاهش داده است.



شکل 2- تغییرات محتوای اسید فیتیک در نمونه‌های سبوس طی تیمار با مایکروویو (تیرک‌های ترسیم‌شده روی نقاط، نشان‌دهنده انحراف استاندارد داده‌های اندازه‌گیری شده است).

باعث تبلور اگزالات کلسیم و تشکیل سنگ کلیه (نفرولیتیازیس<sup>1</sup>) در مجاری ادراری شود (Morozumi & Ogawa, 2000). تغییرات در میزان اگزالات پس از تیمار با استفاده از قدرت‌های مختلف مایکروویو در مدت زمان‌های متفاوت در شکل (3) ارائه شده است. مواجهه با امواج مایکروویو موجب کاهش قابل‌ملاحظه میزان اسید اگزالیك در هر سه گروه سبوس گردید ( $P < 0/05$ ). محتوای اسید اگزالیك در سبوس جوی دوسر طی تیمار با قدرت 10 کیلووات به مدت 120 ثانیه حدود 56 درصد کاهش یافت و تداوم تیمار در همین قدرت تا 240 ثانیه میزان اسید اگزالیك را 70 درصد کاهش داد. البته لازم به ذکر است که تفاوت آماری معناداری بین نتایج تیمارهای 8 کیلووات به مدت 240 ثانیه، 10 کیلووات 120 ثانیه، 10 کیلووات 180 ثانیه و 10 کیلووات 240 ثانیه وجود نداشت ( $P > 0/05$ ). بنابراین می‌توان تیمار در 10 کیلووات به مدت 120 ثانیه را به‌عنوان تیمار بهینه برای کاهش میزان اسید اگزالیك در سبوس جوی دوسر معرفی نمود و مطابق نتایج به‌دست‌آمده این تیمار برای کاهش اسید فیتیک نیز مناسب‌ترین تیمار اعلام شد، زیرا در این تیمار سبوس در

Singh و Dar, Sharma, Kaur (2012) کاهش 70- درصدی را در محتوای اسید فیتیک سبوس انواع غلات، جو و جوی دوسر طی تیمار با مایکروویو مقیاس خانگی در بیشینه قدرت در مدت زمان 120 و 150 ثانیه گزارش نمودند که مشابه نتایج این مطالعه می‌باشد. در تحقیق‌های Kaur و همکاران (2012)، همچنین پژوهش Butt, Khan, Anjum و Jamil (2009) کاهش قابل‌ملاحظه‌ای (85 درصدی) در سبوس برنج تیمارشده با مایکروویو به‌دلیل ماهیت ناپایدار و حساس به حرارت اسید فیتیک مشاهده شد. یکی از مهم‌ترین دلایل کاهش محتوای اسید فیتیک طی حرارت‌دادن و تیمار با مایکروویو تأثیر گرمایش مرطوب (بخار) بر ساختار اسید فیتیک به علت افزایش انرژی جنبشی مولکول‌های قطبی آب طی جذب انرژی امواج مایکروویو می‌باشد (Khan et al., 2009).

### اگزالات

اگزالات به‌عنوان یک ترکیب ضدتغذیه‌ای می‌تواند موجب تشکیل نمک‌های غیرقابل جذب با یون‌های سدیم، کلسیم و آمونیوم گردد و دسترسی بدن به این مواد معدنی را کاهش دهد. مصرف زیاد اگزالات محلول ممکن است

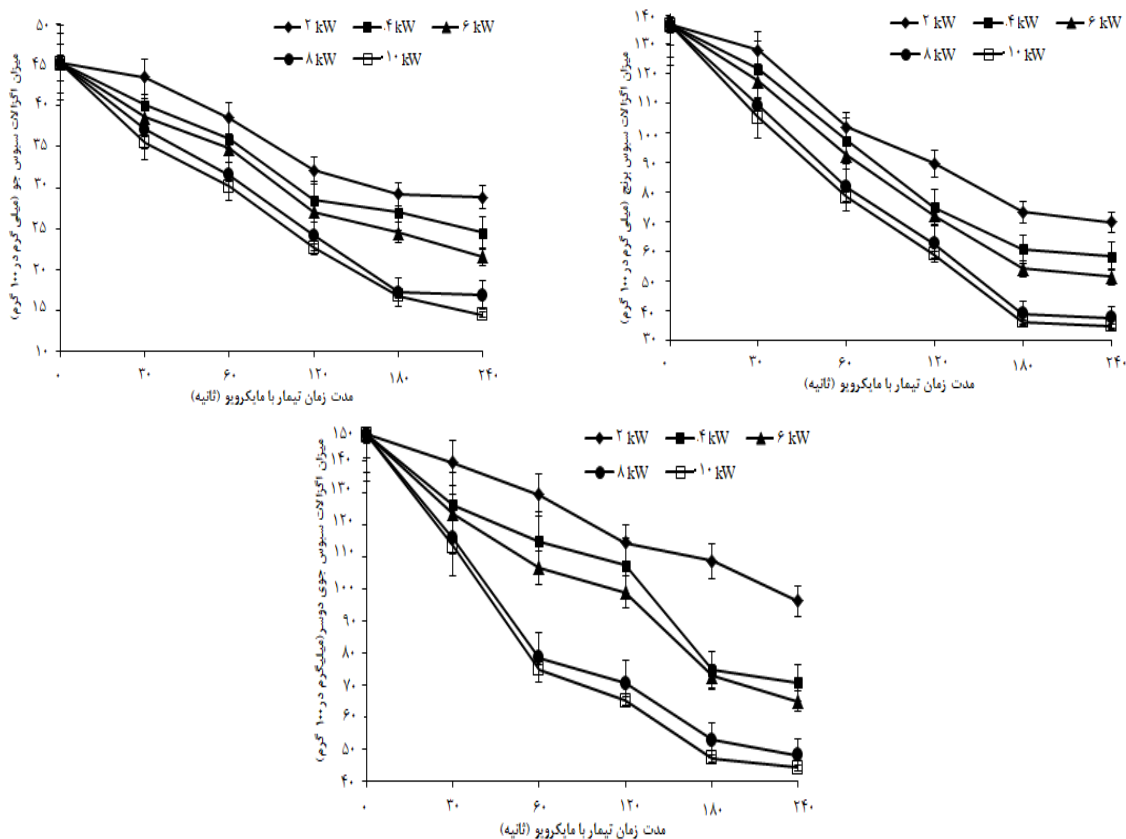
<sup>1</sup> Nephrolithiasis



Irakli و همکاران (2021) با استفاده از اشعه‌دهی با ماکروویو در قدرت 6/5 کیلووات به مدت 120 ثانیه میزان اسید اگزالیک موجود در سبوس برنج را بین 35-30 درصد کاهش دادند. در میان روش‌های مختلف حرارتی در مطالعه Irakli و همکاران (2021)، تیمار با مایکروویو در کاهش میزان اگزالات موجود در سبوس برنج بیشتر از سایر روش‌ها، مؤثر بود.

تأثیرگذاری قابل‌ملاحظه امواج مایکروویو در کاهش اسید اگزالیک و اسید فیتیک توسط Ramashia, Onipe و Jideani (2021) نیز تأیید شده است. حرارت‌دهی خشک موجب تخریب ساختار اسید اگزالیک می‌گردد، لذا روش‌هایی مانند تیمار مایکروویو که موجب خروج مولکول‌های آب از سبوس می‌شود، می‌تواند موجب کاهش اگزالات گردد (Onipe et al., 2021).

مدت زمان کوتاه‌تری تحت اشعه‌دهی قرار گرفت. در نمونه‌های سبوس جو، بیشترین آفت مقدار اسید اگزالیک طی تیمار در قدرت 10 کیلووات پس از 240 ثانیه رخ داد که میزان آن را 32 درصد کاهش داد. تیمار در قدرت‌های مختلف مایکروویو (2، 4، 6، 8 و 10 کیلووات) در 30 و 60 ثانیه نیز میزان اسید اگزالیک را بین 3 الی 34 درصد کاهش داد، درحالی‌که در 120 ثانیه آفت 50 درصدی اگزالات مشاهده شد. کاهش قابل‌ملاحظه‌ای در محتوای اسید اگزالیک نمونه‌های سبوس برنج در قدرت‌های 8 و 10 کیلووات در مدت زمان 120، 180 و 240 ثانیه مواجهه با امواج به‌وجود آمد ( $P < 0/05$ ). تفاوت آماری معناداری بین داده‌های به‌دست‌آمده برای قدرت اشعه‌دهی 8 و 10 کیلووات وجود نداشت ( $P < 0/05$ ). لذا، تیمار در 8 کیلووات به مدت 120 ثانیه جهت کاهش اگزالات در سبوس برنج به‌عنوان تیمار بهینه معرفی شد.

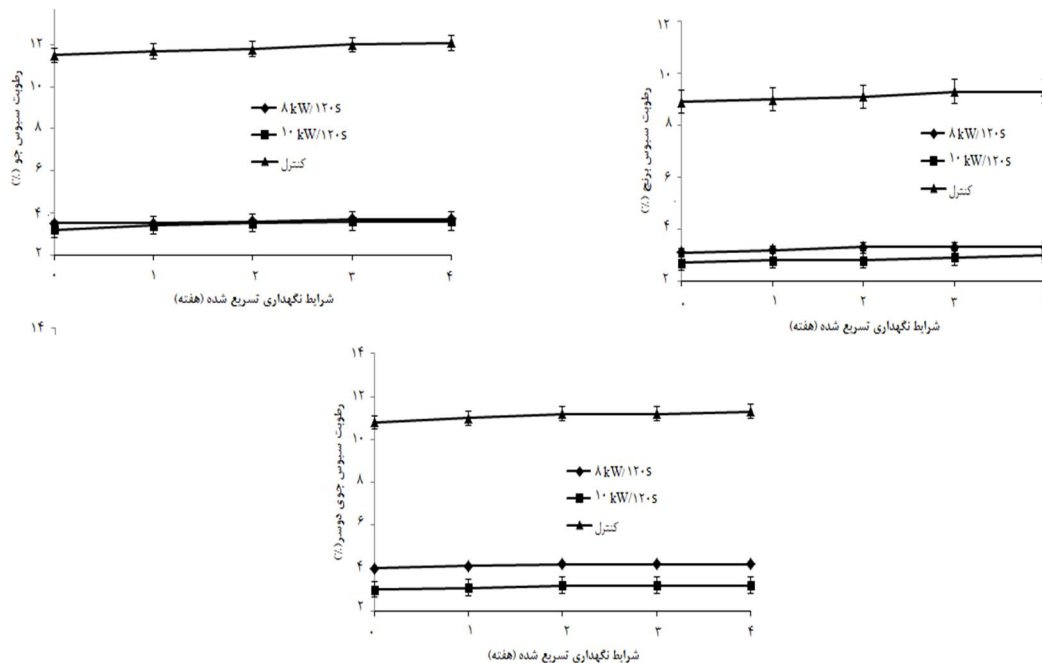


شکل 3- تغییرات محتوای اسید اگزالیک در نمونه‌های سبوس طی تیمار با مایکروویو (تیرک‌های ترسیم‌شده روی نقاط، نشان‌دهنده انحراف استاندارد داده‌های اندازه‌گیری شده است).

### تغییرات نمونه‌های سبوس طی دوره نگهداری تسریع شده

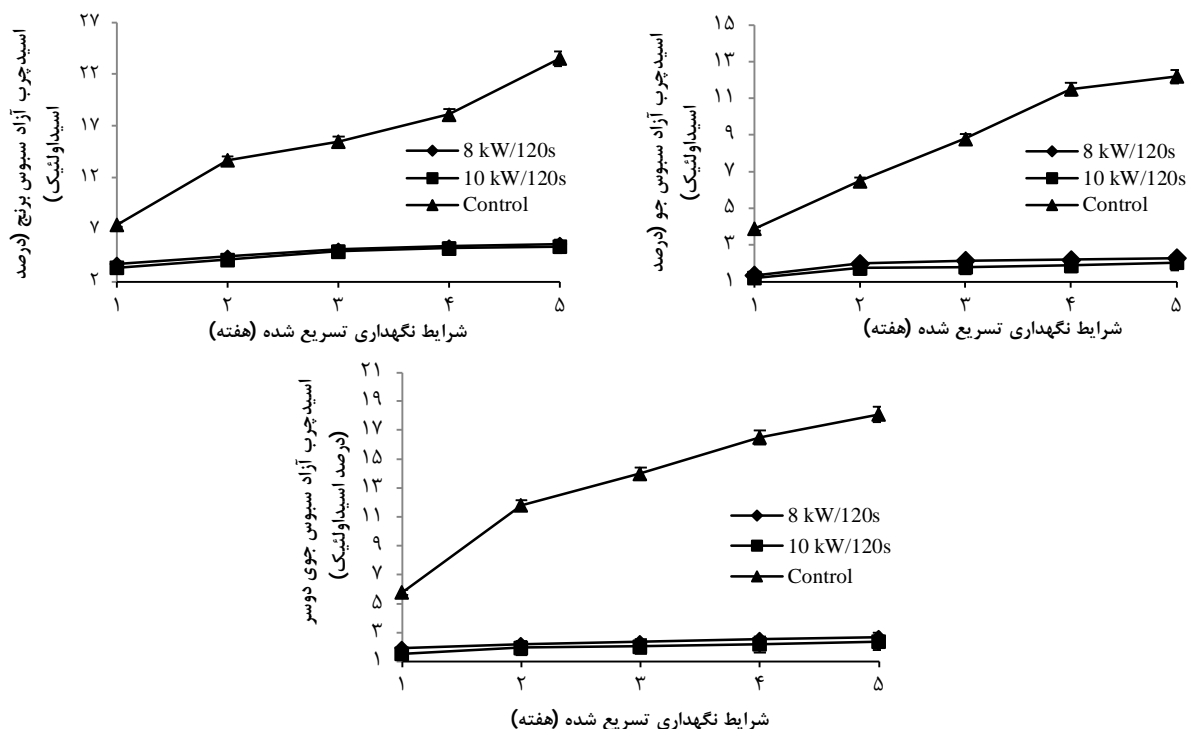
براساس نتایج ارائه شده در شکل‌های (4) و (5)، به نظر می‌رسد قدرت میکروویو 8 کیلووات برای مدت 120 ثانیه شرایط بهینه تیمار با میکروویو جهت آماده‌سازی نمونه‌های سبوس قبل از آزمون ذخیره‌سازی در شرایط شتاب یافته باشد زیرا تغییرات مطلوب مورد نظر در نمونه‌ها طی مدت زمان کوتاه‌تر اشعه‌دهی حاصل می‌شود. میزان رطوبت و محتوای اسید چرب آزاد نمونه‌های سبوس تیمار شده و کنترل در طول ذخیره‌سازی در شکل‌های (4) و (5) نشان داده شده است. میزان هر دو معیار با افزایش زمان ذخیره‌سازی افزایش یافت و تفاوت معناداری بین مقادیر به دست آمده برای نمونه کنترل و تیمار شده با میکروویو وجود داشت ( $P < 0/05$ ). میزان رطوبت نمونه‌های کنترل و تیمار شده سبوس برنج، جو و جوی دوسر در محدوده قابل قبول و

کمتر از 12 درصد بود. محتوای اسیدهای چرب آزاد که به طور مداوم با افزایش زمان ذخیره‌سازی افزایش یافت در نمونه کنترل بالاتر از نمونه‌های تیمار شده بود (شکل 5). با این حال، فعالیت لیپاز در نمونه‌های تیمار شده با میکروویو بسیار پایین بود ( $P < 0/05$ ) و میزان اسید چرب آزاد تولید شده 2/7-2 درصد برای تمام انواع سبوس در پایان دوره نگهداری در شرایط تسریع شده به دست آمد. علت این تفاوت محتوای رطوبت کمتر و فعالیت لیپاز بسیار کمتر در نمونه‌های گروه تیمار در مقایسه با کنترل می‌باشد. نتایج مشابهی توسط Liu و همکاران (2021) در خصوص میزان رطوبت و محتوای اسیدهای چرب آزاد در نمونه‌های سبوس گندم تیمار شده در قدرت 7/5 کیلووات میکروویو گزارش شد. همچنین، این نتایج با یافته‌های گزارش شده توسط Rose, Ogden, Dunn و Pike (2008) و Patil و همکاران (2016) در خصوص سبوس گندم و برنج مطابقت دارد.



شکل 4- تغییرات در محتوای رطوبت در نمونه‌های سبوس کنترل و تیمار شده با میکروویو طی دوره نگهداری 28 روزه در شرایط تسریع شده (تیرک‌های ترسیم شده روی نقاط، نشان‌دهنده انحراف استاندارد داده‌های اندازه‌گیری شده است).





شکل 5- تغییرات در محتوای اسید چرب آزاد در نمونه‌های سبوس کنترل و تیمارشده با مایکروویو طی دوره نگهداری 28 روزه در شرایط تسریع شده (تیرک‌های ترسیم‌شده روی نقاط، نشان‌دهنده انحراف استاندارد داده‌های اندازه‌گیری شده است).

برنج، جو و جوی دوسر گردد.

### نتیجه‌گیری

اثرات تیمار با مایکروویو بر کاهش ترکیبات ضد تغذیه‌ای و پایداری طی دوره نگهداری مورد بررسی قرار گرفت. تیمار با قدرت مایکروویو 8 کیلووات به مدت 120 ثانیه مقدار رطوبت، فاکتورهای ضد تغذیه‌ای اسید فیتیک و اسید اگزالیک را به میزان قابل توجهی در نمونه‌های سبوس جو و برنج و تیمار با 10 توان کیلووات در 120 ثانیه این فاکتورها را در سبوس جوی دوسر کاهش داد و نیز موجب کاهش میزان رطوبت، کاهش فعالیت لیپاز و تولید اسید چرب آزاد طی دوره نگهداری 28 روزه در شرایط تسریع شده گردید. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که تیمار با قدرت مایکروویو می‌تواند باعث افزایش میزان پایداری طی ذخیره‌سازی و بهبود کیفیت تغذیه‌ای سبوس

### مشارکت نویسندگان

مریم عزیزخانی: ارائه ایده پژوهشی و طراحی مطالعه، تجزیه و تحلیل و تفسیر داده‌ها، نوشتن پیش‌نویس مقاله، بازبینی و اصلاح مقاله، نظارت بر مطالعه و تأیید نسخه نهایی؛ رمضان ابراهیم‌خاصی: جمع‌آوری داده و آنالیز داده‌ها.

### تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، هیچ‌گونه تضاد منافی وجود ندارد.

### منابع

- Abbaspour-Gilandeh, Y., Kaveh, M., Fatemi, H., & Aziz, M. (2021). Combined hot air, microwave, and infrared drying of hawthorn fruit: Effects of ultrasonic pretreatment on drying time, energy, qualitative, and bioactive compounds' properties. *Foods*, 10(5), 1006. doi:<https://doi.org/10.3390/foods10051006>
- Bagdi, A., Tóth, B., Lőrincz, R., Szendi, S., Gere, A., Kókai, Z., . . . Tömösközi, S. (2016). Effect of aleurone-rich flour on composition, baking, textural, and sensory properties of bread. *LWT - Food Science and Technology*, 65, 762-769. doi:<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.08.073>

- Bai, X., Zhang, M.-L., Zhang, Y., Zhang, J., Zhang, Y., Wang, C., & Liu, R. (2021). Effects of Steaming, Microwaving, and Hot-Air Drying on the Physicochemical Properties and Storage Stability of Oat Bran. *Journal of Food Quality*, 2021, 4058645. doi:<https://doi.org/10.1155/2021/4058645>
- Boukid, F., Folloni, S., Ranieri, R., & Vittadini, E. (2018). A compendium of wheat germ: Separation, stabilization and food applications. *Trends in Food Science & Technology*, 78, 120-133. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.06.001>
- Brouns, F., Hemery, Y., Price, R., & Anson, N. M. (2012). Wheat aleurone: separation, composition, health aspects, and potential food use. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 52(6), 553-568. doi:<https://doi.org/10.1080/10408398.2011.589540>
- Chandrasekaran, S., Ramanathan, S., & Basak, T. (2013). Microwave food processing-A review. *Food Research International*, 52(1), 243-261. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.02.033>
- Garcia, M. C., Benassi, M. d. T., & Soares Júnior, M. S. (2012). Physicochemical and sensory profile of rice bran roasted in microwave. *Food Science and Technology*, 32, 754-761. doi:<https://doi.org/10.1590/S0101-20612012005000097>
- Irakli, M., Lazaridou, A & „Biliaderis, C. G. (2021). Comparative Evaluation of the Nutritional, Antinutritional, Functional, and Bioactivity Attributes of Rice Bran Stabilized by Different Heat Treatments. *Foods*, 10(1), 57. doi:<https://doi.org/10.3390/foods10010057>
- Kaur, S., Sharma, S., Dar, B. N., & Singh, B. (2012). Optimization of process for reduction of antinutritional factors in edible cereal brans. *Food Sci Technol Int*, 18(5), 445-454. doi:<https://doi.org/10.1177/1082013211428236>
- Khan, S. H., Butt, M. S., Anjum, F. M & „Jamil, A. (2009). Antinutritional appraisal and protein extraction from differently stabilized rice bran. *Pakistan Journal of Nutrition*, 8(8), 1281-1286. doi:<http://dx.doi.org/10.3923/pjn.2009.1281.1286>
- Liu, J., Zhang, J., Wang, W., & Hou, H. (2021). Effects of microwave treatment on the stability and antioxidant capacity of a functional wheat bran. *Food Science & Nutrition*, 9(5), 2713-2721. doi:<https://doi.org/10.1002/fsn3.2230>
- Liu, L., Li, J., Yue, F., Yan, X., Wang, F., Bloszies, S., & Wang, Y. (2018). (Effects of arbuscular mycorrhizal inoculation and biochar amendment on maize growth, cadmium uptake and soil cadmium speciation in Cd-contaminated soil. *Chemosphere*, 194, 495-503. doi:<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.12.025>
- Morozumi, M., & Ogawa, Y. (2000). Impact of dietary calcium and oxalate ratio on urinary stone formation in rats. *Mol Urol*, 4(4), 313-320 .
- Onipe, O. O., Ramashia, S. E., & Jideani, A. I. O. (2021). Wheat Bran Modifications for Enhanced Nutrition and Functionality in Selected Food Products. *Molecules*, 26(13), 3918. doi:<https://doi.org/10.3390/molecules26133918>
- Oyeyinka, B. O., & Afolayan, A. J. (2019). Comparative Evaluation of the Nutritive, Mineral, and Antinutritive Composition of *Musa sinensis* L. (Banana) and *Musa paradisiaca* L. (Plantain) Fruit Compartments. *Plants (Basel)*, 8(12). doi:<https://doi.org/10.3390/plants8120598>
- Patil, S. S., Kar, A., & Mohapatra, D. (2016). Stabilization of rice bran using microwave: Process optimization and storage studies. *Food and Bioproducts Processing*, 99, 204-211. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fbp.2016.05.002>
- Ramezanzadeh, F. M., Rao, R. M., Prinyawiwatkul, W., Marshall, W. E., & Windhauser, M. (2000). Effects of microwave heat, packaging, and storage temperature on fatty acid and proximate compositions in rice bran. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(2), 464-467. doi:<https://doi.org/10.1021/jf9909609>
- Reynolds, A., Mann, J., Cummings, J., Winter, N., Mete, E., & Te Morenga, L. (2019). Carbohydrate quality and human health: a series of systematic reviews and meta-analyses. *Lancet*, 393(10170), 434-445. doi:[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31809-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31809-9)

- Rose, D. J., Ogden, L. V., Dunn, M. L., & Pike, O. A. (2008). Enhanced Lipid Stability in Whole Wheat Flour by Lipase Inactivation and Antioxidant Retention. *Cereal Chemistry*, 85(2), 218-223. doi:<https://doi.org/10.1094/CCHEM-85-2-0218>
- Suhag, R., Dhiman, A., Deswal, G., Thakur, D., Sharanagat, V. S., Kumar, K., & Kumar, V. (2021). Microwave processing: A way to reduce the anti-nutritional factors (ANFs) in food grains. *LWT*, 150, 111960. doi:<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111960>
- Wang, N., Hou, G. G., Kweon, M., & Lee, B. (2016). Effects of particle size on the properties of whole-grain soft wheat flour and its cracker baking performance. *Journal of Cereal Science*, 69, 187-193. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.03.010>
- Xu, B., Zhou, S.-L., Miao, W.-J., Gao, C., Cai, M.-J., & Dong, Y. (2013). Study on the stabilization effect of continuous microwave on wheat germ. *Journal of Food Engineering*, 117(1), 1-7. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.01.031>
- Xu, Y., Yang, J., Du, L., Li, K., & Zhou, Y. (2019). Association of whole grain, refined grain, and cereal consumption with gastric cancer risk: A meta-analysis of observational studies. *Food Sci Nutr*, 7(1), 256-265. doi:<https://doi.org/10.1002/fsn3.878>
- Yadav, D. N., Anand, T., Kaur, J., & Singh, A. K. (2012). Improved Storage Stability of Pearl Millet Flour Through Microwave Treatment. *Agricultural Research*, 1(4), 399-404 .doi:<https://doi.org/10.1007/s40003-012-0040-8>

## Reduction of Anti-nutritional Compounds and Free Fatty Acids of Barley, Oats and Rice Bran Treated by Microwaves

Maryam Azizkhani<sup>1</sup>\*, Ramazan Ebrahim Khasi<sup>1</sup>

1- Department of Food Hygiene, Faculty of Veterinary Medicine, Amol University of Special Modern Technologies, Amol, Iran

\* Corresponding author (m.azizkhani@ausmt.ac.ir)

### Abstract

At present, cereal bran is offered in our country without any processing to remove anti-nutritional compounds which can have adverse effects on consumers health. In this study, the effects of different conditions (power and time) of microwave treatment on the moisture content, anti-nutritional compounds (phytic acid and oxalic acid) and shelf life of barley, oat, and rice bran were evaluated. The samples were treated with microwave power of 2, 4, 6, 8 and 10 kW for 15, 30, 60, 90 and 120 s. The most optimum treatment to reduce moisture for barley, oat, and Iranian rice bran was 8 kW for 120 s. During the treatment at 8 and 10 kW microwave power for 120 s, around 50% loss in phytate and oxalate content was observed. There was no statistically significant difference between the results obtained for 8 and 10 kW radiation power. Therefore, treatment at 8 kW for 120 s to reduce phytate and oxalate in brans was identified as the optimal treatment. During the 28-day storage period under accelerated conditions, no statistically significant difference was observed between the moisture content and the percentage of free fatty acids in the treated samples with power of 8 and 10 kW. The results of the present study showed that treatment with 8 kW microwave power for 120 s for barley and rice brans and 10 kW for oat bran significantly reduced the amount of moisture, anti-nutritional factors of phytic acid and oxalic acid in all three bran samples and also reduced the amount of moisture, reduced lipase activity and production of free fatty acid during the 28-day accelerated storage period.

**Keywords:** Bran, Cereal, Microwave, Stability, Storage

This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0). To view a copy of this license, visit (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

