



## بهینه سازی شرایط استخراج قلیایی فیبر از سبوس برنج با روش سطح پاسخ

سارا رهبران، اعظم اعرابی\*

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۸/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۴/۱۲

### چکیده

در این پژوهش استخراج فیبر از سبوس برنج در حضور هیدروکسید سدیم به عنوان یک محیط قلیایی در ظرف واکنش تحت فشار انجام گرفت. روش سطح پاسخ در قالب طرح مرکب مرکزی برای دستیابی یک مدل بر اساس سه متغیر شامل زمان ( $X_1$ )، دما ( $X_2$ ) و غلظت پراکسید هیدروژن ( $X_3$ ) از نظر مقدار فیبر استخراج شده، ظرفیت اتصال با آب و ظرفیت اتصال با چربی فیبر تولیدی ارزیابی گردید. شرایط بهینه برای تولید حداکثر مقدار فیبر استخراج شده در زمان ۳۵ دقیقه، دمای ۹۹/۶ درجه سلسیوس و غلظت پراکسید هیدروژن ۱۳/۴ درصد و تولید ۱۳/۸۳ درصد فیبر از سبوس برنج حاصل گردید. نتایج نشان داد که دمای فرایند به عنوان فاکتور کلیدی بیشترین تاثیر را بر استخراج فیبر و ظرفیت اتصال با چربی فیبر داشت و هیچکدام از پارامترها بر ظرفیت اتصال با آب فیبر تاثیر معنی داری نداشت ( $p < 0.05$ ).

**واژه‌های کلیدی:** سبوس برنج، استخراج فیبر، پراکسید هیدروژن، ظرفیت اتصال با آب، ظرفیت اتصال با چربی

### مقدمه

رطوبت و دمای اکسترودر متغیرهای مستقل و ظرفیت نگهداری آب، حجم تورم یافتگی و رنگ، متغیرهای در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد دما مهم‌ترین عامل بر خصوصیات آبیگیری می باشد و بالاترین ظرفیت نگهداری آب و حجم تورم یافتگی زمانی بدست آمد که پوسته‌ها در معرض ۷ درصد پراکسید هیدروژن، رطوبت ۳۲ درصد و دمای ۹۰ درجه سلسیوس قرار گرفتند (Galdeano & Grossmann, 2005).

بررسی استخراج قلیایی پلی ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای از سبوس گندم با پراکسید هیدروژن و تأثیر زمان، دمای استخراج و غلظت پراکسید هیدروژن بر بازده استخراج نشان داد که استخراج سبوس گندم با ۲ درصد پراکسید هیدروژن به مدت ۴ ساعت و در دمای ۶۰ درجه سلسیوس و ۲/۵ درصد سبوس منجر به بازیافت ۷۷ درصد از کل آرابینوز، ۶۵ درصد از کل گزیلوز و ۸۶ درصد از محتوی گلوکز غیرسلولزی گردید (Maes & Delcour, 2001).

اصلان زاده و همکاران (۱۳۹۰)، عملکرد پراکسید هیدروژن قلیایی بر روی ویژگی‌های فیزیکی فیبر رژیمی تولید شده از سبوس گندم را مورد بررسی قرار دادند. باتوجه به نتایج به دست آمده در این پژوهش مشخص گردید که تیمار سبوس گندم با پراکسید هیدروژن در شرایط قلیایی موجب اصلاح خصوصیات فیزیکی آن می‌گردد. صالحی فر و همکاران (۱۳۹۲)، بررسی قابلیت استخراج فیبر

فیبرها ترکیبی از کربوهیدرات‌های غیرقابل هضم هستند که با کاهش تراکم انرژی در غذا باعث افزایش احساس سیری شده و در کنترل وزن مؤثر می‌باشند (گرچی و همکاران، ۱۳۹۲). به واسطه حضور فیبر در جیره غذایی افزایش سطح گلوکز خون پس از صرف غذا، آهسته‌تر صورت گرفته (فیبرهای محلول) و سبب کاهش وزن می‌شوند (Marshall, 2009). همچنین مشخص گردیده است که این ترکیبات ریسک ابتلا به سرطان روده بزرگ و دیابت تیپ ۲ را کاهش می‌دهند و از طریق کاهش کلسترول بد بدون کاهش کلسترول خوب تا ۱۵ درصد به حفاظت قلب و عروق کمک می‌کنند (Park, 2005). پژوهش‌ها حاکی از آن است که مصرف فیبر، ریسک ابتلا به سرطان سینه را نیز کاهش می‌دهد و در پیشگیری و درمان یبوست، سندرم روده تحریک‌پذیر، کلسترول بالا و چاقی مفید و مؤثر می‌باشد (Parisi, 2002).

در بررسی تاثیر پراکسید هیدروژن قلیایی به همراه روزنرانی بر روی ویژگی‌های پوسته جودوسر (یولاف)، سطوح پراکسید هیدروژن،

۱ و ۲- به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و استادیار، علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرضا، شهرضا، ایران  
\* - نویسنده مسئول (Email: aarabi@iaush.ac.ir)

مختلف بر اساس سطوح متغیرهای مورد بررسی (جدول ۳) مشخص شد و سپس آزمون‌ها (استخراج فیبر، قابلیت اتصال با آب فیبر و قابلیت اتصال با چربی فیبر) بر اساس تیمارهای تعیین شده انجام شد.

### استخراج فیبر در غلظت ثابت هیدروکسید سدیم و شرایط تعیین شده از دما، زمان و غلظت پراکسید هیدروژن.

بمنظور استخراج فیبر، روغن کشتی از سبوس انجام شد و سپس مراحل هیدرولیز انجام گرفت. ابتدا به مقدار ۶ گرم سبوس برنج ۱۰۰ میلی لیتر هیدروکسید سدیم ۱ مولار اضافه شد سپس سوسپانسیون حاصل در ارلن ریخته شد و با فویل آلومینیومی بمنظور جلوگیری از تبخیر محلول قلیایی بسته شد، سپس سوسپانسیون حاصله در ظرف واکنش تحت فشار (در شرایطی از دما، زمان و غلظت پراکسید هیدروژن که در جدول ۳ مطابق با طراحی آزمون به روش سطح پاسخ تعیین گردید) قرار داده شد. پس از اتمام واکنش مذکور، سوسپانسیون حاصله با شدت ۵۰۰۰g به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفیوژ گشته و رسوب بدست آمده پس از شستشو صاف گردید و برای رنگبری از پراکسید هیدروژن به عنوان عامل رنگبر در پنج سطح طبق جدول ۱ استفاده گردید. جهت افزایش تماس پراکسید هیدروژن با رسوبات بدست آمده و بهبود رنگبری، سوسپانسیون حاصله در ورتکس به مدت ۱۵ دقیقه قرار گرفت پس از آن با شدت ۵۰۰۰g به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ گردید. سپس فاز زیرین جداسازی گردید و بمنظور حذف باقیمانده پراکسید هیدروژن، رسوبات چندین مرتبه با آب شستشو داده شد و صاف گردید سپس رسوبات در آون خلاء با دمای ۴۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت خشک گردید (Inglett, 1998). وزن رسوبات بدست آمده از ۲۰ تیمار و همچنین ویژگی‌هایی چون اندازه گیری ظرفیت اتصال با آب و ظرفیت اتصال با چربی تعیین گردید و شرایط بهینه انجام واکنش از نظر دما، زمان و غلظت پراکسید هیدروژن توسط نرم افزار مینی تب مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

### اندازه گیری ظرفیت اتصال با آب فیبر استخراج شده

جهت تعیین این ویژگی فیبر به دست آمده ابتدا مقدار ۱ گرم فیبر خشک شده با ۲۰ میلی لیتر آب مقطر در لوله سانتریفیوژ مخلوط شد و پس از گذشت ۱۸ ساعت نمونه‌ها به مدت ۲۰ دقیقه با دور ۳۰۰۰g سانتریفیوژ شدند. فاز بالایی دور ریخته شد و فاز زیری در روی قیف که از قبل وزن شده بود منتقل گشت پس از ۱۵ دقیقه نمونه به همراه کاغذ صافی وزن شده و درون آون با دمای ۴۰ درجه

رژیمی از سبوس برنج و مقایسه خواص عملکردی آن با فیبر تجاری گندم را مورد بررسی قرار دادند. نتایج کلی نشان داد گرچه استخراج فیبر رژیمی از سبوس برنج به روش شیمیایی آسان‌تر از روش آنزیمی است، ولی به طور کلی فیبر رژیمی استخراج شده به روش آنزیمی به عنوان فیبر برتر معرفی گردید.

استفاده از سبوس برنج به عنوان یک منبع فوق العاده ارزان و فراوان در کشور ما که یکی از پنج کشور تولیدکننده برنج هیبرید و یازدهمین تولیدکننده برنج معمولی در جهان است، به دلایل مختلفی از جمله وجود برخی از فاکتورهای ضدتغذیه‌ای و مشکلات مربوط به انبارداری سبوس برنج و سرعت بالای فساد آن با محدودیت‌هایی همراه می‌باشد، در این پژوهش هدف ارائه یک روش مناسب برای استخراج فیبر می‌باشد. استخراج فیبر از سبوس برنج با هیدروکسید سدیم به عنوان یک ماده قلیایی انجام شد و با استفاده از نرم افزار مینی تب نسخه ۱۶، طراحی آزمون با روش سطح پاسخ، اثر پارامترهای مختلف زمان، دما و غلظت پراکسید هیدروژن بر میزان استخراج فیبر مورد بررسی قرار گرفت و سطوح بهینه پارامترها بمنظور بیشینه استخراج شناسایی گردید.

### مواد و روش‌ها

در این تحقیق سبوس برنج رقم چمبا از کارگاه شالی کوبی حکیمی در اصفهان تهیه شد. هیدروکسید سدیم، پراکسید هیدروژن (۳۳/۵٪)، روغن ذرت مازولا، سانتریفیوژ مدل شیمی فان ساخت کشور ایران مورد استفاده قرار گرفت.

### آنالیز شیمیایی سبوس برنج

اندازه گیری رطوبت طبق روش ارائه شده توسط استاندارد ایران به شماره استاندارد ۲۷۰۵، اندازه گیری خاکستر طبق استاندارد ایران به شماره ۲۷۰۶، اندازه گیری چربی به روش سوکسله و مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۲۸۶۲ و اندازه گیری فیبر مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۳۹۶۱ بر روی سبوس برنج انجام گرفت.

### طراحی آزمون با روش سطح پاسخ<sup>۱</sup>

طراحی آزمون بر اساس نرم افزار مینی تب نسخه ۱۶ با روش سطح پاسخ (RSM) بمنظور بررسی اثر سه متغیر زمان، دما و غلظت پراکسید هیدروژن، هر یک در پنج سطح طبق جدول ۱ انجام شد. با استفاده از طراحی فاکتوریل جزئی در قالب طرح CCD<sup>۲</sup>، ۲۰ تیمار

1 Response Surface Methodology  
2 Design Composition Central

سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد.

جدول ۱- متغیرها و سطوح اندازه‌گیری به منظور استخراج فیبر

متغیرها		سطوح			
		-α = ۱/۶۸	-۱	+۱	+α = ۱/۶۸
زمان (min)		۲۰/۰۰	۳۰/۰۰	۴۵/۰۰	۶۰/۰۰
دما (°C)		۸۰/۰۰	۹۰/۰۰	۱۰۵/۰۰	۱۲۰/۰۰
غلظت پراکسید هیدروژن (%)		۸/۲۹	۱۰/۰۰	۱۲/۵۰	۱۵/۰۰

یک از فاکتورهای هدف توصیف کند، از رابطه ۴ و ضرایب برآورد شده از نتایج تجزیه واریانس که در جداول آورده شده است استفاده می‌شود. بر اساس این جداول  $X_1$ ،  $X_2$ ،  $X_3$  به ترتیب ضرایب هر یک از فاکتورهای زمان، دما و غلظت پراکسید هیدروژن می‌باشد وقتی که اثر آنها بر نتایج به صورت معادله درجه یک باشد. ضرایب این فاکتورها در حالتی که بصورت معادله درجه دوم اثر گذار باشند  $X_1^2$ ،  $X_2^2$ ،  $X_3^2$  و  $X_1X_2$ ،  $X_1X_3$ ،  $X_2X_3$  استفاده می‌شود.

بمنظور مدل‌سازی ابتدا باید مشخص کرد هر یک از موارد تعیین شده اعم از درجه یک، درجه دو و اثر متقابل در چه سطحی معنی‌دار شده‌اند که این مطلب با بررسی p مربوط به هر یک از جداول (جدول ۴) مشخص گردید. برای تهیه مدل در سطح ۹۵٪ مواردی که  $p > 0.05$  دارند در مدل استفاده می‌شوند. مدل‌های مربوط به فاکتورهای هدف و جدول تجزیه واریانس هر یک، در جدول ۵ آمده است.

## نتایج و بحث

### آنالیز سبوس برنج

نتایج آزمایشات انجام شده بر روی سبوس برنج بمنظور تعیین مقادیر رطوبت، خاکستر، چربی و درصد فیبر در جدول ۲ مشخص گردیده است. دیگر محققان در آنالیز شیمیایی سبوس برای رطوبت، خاکستر، چربی و فیبر مقادیر ۱۳-۱۴٪، ۹-۱۰٪، ۲۰٪ و ۲۵٪ را گزارش نمودند (غریب‌بی‌بالان و همکاران، ۱۳۹۲ و معانی و همکاران، ۱۳۹۳). دلیل اختلاف بین نتایج و نتایج بدست آمده در این پژوهش این است که ترکیب سبوس برنج وابسته به فاکتورهای زیادی مانند نوع و نژاد، اندازه، شکل و ضخامت لایه بیرونی دانه، نوع پردازش بکار رفته در طی آسیابانی، شرایط محیط کشت و مقاومت دانه برنج به شکستگی و ساییدگی می‌باشد (صالحی فر و همکاران، ۱۳۹۲).

نمونه خشک به همراه کاغذ صافی وزن شده واز طریق رابطه (۱) ظرفیت نگهداری آب اندازه‌گیری شد (Robertson et al., 2000).

$$W_{H_2O} = (m_1 - m_2) / m_2 \quad (1)$$

$m_1$ : وزن نمونه مرطوب بر حسب گرم

$m_2$ : وزن نمونه خشک بر حسب گرم

### اندازه‌گیری ظرفیت اتصال با چربی فیبر استخراج شده

برای انجام این آزمون ۴ گرم نمونه به ۲۰ میلی لیتر روغن ذرت در یک لوله سانتریفیوژ ۵۰ میلی لیتر اضافه گردید، سپس محتویات لوله هر ۵ دقیقه به مدت ۳۰ ثانیه همزده شد و پس از گذشت ۳۰ دقیقه، لوله‌ها با شدت ۱۶۰۰ g به مدت ۲۵ دقیقه سانتریفیوژ شدند. در نهایت دو فاز ایجاد شد فاز رویی دور ریخته شد و فاز زیری که حاوی فیبر و روغن جذب شده است اندازه‌گیری شد که عدد بدست آمده طبق رابطه (۲) به عنوان FBC<sup>۱</sup> (قابلیت اتصال با چربی) گزارش گردید (Abdul-hamid & Luan, 2000).

$$W_{FBC} = (m_1 - m_2) / m_2 \quad (2)$$

$m_1$ : نمونه و روغن بر حسب گرم

$m_2$ : نمونه بدون روغن بر حسب گرم

### تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

مدل ریاضی از این آزمون‌ها با حضور ۳ متغیر مطابق با رابطه ۳ می‌باشد، که  $\beta_0$  عدد ثابت،  $\beta_1$ ،  $\beta_2$ ،  $\beta_3$  ضرایب متغیرهای خطی،  $\beta_{12}$ ،  $\beta_{13}$ ،  $\beta_{23}$  ضرایب اثرات متقابل پارامترها می‌باشد در حالیکه  $\beta_{11}$ ،  $\beta_{22}$ ،  $\beta_{33}$  ضرایب درجه دوم پارامترها می‌باشد.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \beta_{23} X_2 X_3 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{33} X_3^2 \quad (3)$$

بمنظور تهیه مدلی که اثر متغیرهای مورد بررسی را روی هر

جدول ۲- نتایج حاصل از آنالیز شیمیایی سبوس برنج

ترکیبات (گرم / ۱۰۰ گرم)	سبوس برنج
رطوبت	۶/۲۰±۰/۱۴*
**خاکستر	۱۲/۱۷±۰/۰۱
**چربی	۲۰/۳۲±۰/۵۵
**فیبر	۲۱/۷۷±۰/۶۷

\*نتایج بصورت میانگین ± انحراف معیار گزارش شده در سه تکرار  
\*\* بر مبنای ماده خشک محاسبه گردید.

### بررسی اثر پارامترها بر استخراج فیبر و ویژگی های آن

بر اساس روش سطح پاسخ و انتخاب شرایط آزمایش، در مجموع ۲۰ آزمایش با ۶ تکرار در مرکز صورت گرفت. مقدار فیبر بدست آمده در هر تیمار و همچنین ظرفیت اتصال با آب و ظرفیت اتصال با چربی فیبر بدست آمده اندازه گیری شد. پاسخ های مورد بررسی شامل میزان فیبر، ظرفیت اتصال با آب و ظرفیت اتصال با چربی فیبر در جدول (۶ و ۳) درج شده است. در بین نتایج بدست آمده، پارامترهایی که مقدار پی ولویو برای آنها کمتر از  $0/05$  ( $P < 0/05$ ) بدست آمد اثرات آنها بر پاسخ معنی دار می باشد. با حذف ضرایب مربوط به پارامترهایی که معنی دار نیستند مدل نهایی پیشنهادی در این طراحی بصورت رابطه (۴) ارائه می گردد:

$$Y_1 = 0/745 - 0/121X_2 - 0/169X_2^2 - 0/127X_3^2 \quad (4)$$

بر اساس نتایج بدست آمده مشخص می گردد که استخراج فیبر بطور قابل توجه و مشخص متاثر از پارامتر خطی و درجه دوم دما ( $X_2$ ) و غلظت پراکسید هیدروژن ( $X_3$ ) می باشد.

برای بررسی اثرات سه متغیر بر مقدار استخراج فیبر، نمودارهای مربوط به اثر هر متغیر بصورت مجزا، نمودارهای مربوط به اثرات متقابل متغیرها و نمودار کانتور<sup>۱</sup> آنها ارائه گردیده است. نتایج آنالیز داده های بدست آمده در شرایط تعیین شده در جدول ۵ ذکر گردیده است.

با توجه به شکل های فوق، اثر هر کدام از متغیرها بر استخراج فیبر مشاهده می گردد. در شکل ۱ (الف) اثر همزمان دما و غلظت پراکسید هیدروژن بر استخراج فیبر مورد بررسی قرار گرفته است. با افزایش دما تا ۱۰۰ درجه سلسیوس میزان استخراج فیبر افزایش پیدا کرده و بیشترین ارتفاع نمودار قابل مشاهده است و در دماهای بالاتر از ۱۰۰ درجه سلسیوس، کاهش یافته است. همچنین با افزایش غلظت پراکسید هیدروژن تا ۱۶ درصد میزان استخراج فیبر افزایش

یافته است. در اثر انجام واکنش شیمیایی سبوس برنج با هیدروکسید سدیم و پراکسید هیدروژن، فیبرها شامل سلولز و هرمشتق سلولزی دستخوش تخریب می شود و میزان این تخریب، به محیط واکنش، شکل سلولز، دما، زمان و سایر عوامل مانند تنش های مکانیکی بستگی دارد. در اثر فرآیندهای قلبیایی به علت نفوذ مولکول های ماده قلبیایی بین صفحات کریستالی سلولز و شکستن پیوندهای هیدروژنی بین آنها فاصله ایجاد می شود و در نتیجه ساختار سلولز تخریب و سبب استخراج آن می شود (Gould, 1985).

در شکل ۱ (ب) اثر همزمان زمان و غلظت پراکسید هیدروژن بر استخراج فیبر مورد بررسی قرار گرفته است. با افزایش زمان تا ۴۰ دقیقه استخراج فیبر افزایش یافته و در زمان های بالاتر از ۴۰ دقیقه، کاهش یافته است. همچنین با افزایش غلظت پراکسید هیدروژن تا ۱۵ درصد میزان استخراج افزایش و در غلظت های بالاتر از ۱۵ درصد، کاهش یافته است. در شکل ۱ (ج) اثر همزمان دما و زمان بر استخراج فیبر مورد بررسی قرار گرفته است. با افزایش دما میزان استخراج کاهش یافته است. همچنین با افزایش زمان تا ۶۰ دقیقه بیشترین استخراج فیبر و در زمان های بالاتر از ۶۰ دقیقه، کاهش یافته است. حرارت باعث پارگی سلول و در نتیجه باعث تخریب پلی ساکاریدها از جمله فیبر می شود. همچنین انحلال بخشی از لیگنین موجود در دیواره سلولی با پراکسید هیدروژن تحت شرایط قلبیایی و کاهش درجه کریستالیسیون سلولز از طریق قطع پیوندهای هیدروژنی میان و درون شاخه ها سبب کاهش مقدار فیبر استخراجی می شود (Gould, 1989). بیشترین مقدار استخراج فیبر در دمای حدود ۱۰۰ درجه سلسیوس و غلظت پراکسید هیدروژن ۱۶ و زمان ۴۰ دقیقه تعیین گردید.

بر اساس نتایج به دست آمده از ظرفیت اتصال با آب فیبر به طور قابل توجه متاثر از متغیر زمان ( $X_1$ ) به صورت درجه دوم است. مدل نهایی پیشنهادی در این طراحی بصورت رابطه (۵) ارائه می گردد:

$$Y_2 = 7/553 - 0/830X_1^2 \quad (5)$$

در شکل ۲ (الف) اثر همزمان دما و غلظت پراکسید هیدروژن بر ظرفیت اتصال با آب مورد بررسی قرار گرفته است. با افزایش دما تا ۱۱۰ درجه سلسیوس ظرفیت اتصال با آب افزایش یافته و در دماهای بالاتر از ۱۱۰ درجه سلسیوس، کاهش یافته است. همچنین با افزایش غلظت پراکسید هیدروژن تا ۱۳ درصد ظرفیت اتصال با آب افزایش یافته و در غلظت های بالاتر از ۱۳ درصد، کاهش یافته است.

جدول ۳- تیمارهای انتخابی مطابق طرح مرکب مرکزی بمنظور استخراج فیبر سبوس برنج و میزان فیبر استخراج شده

مشاهدات	زمان ( $X_1$ (min)	دما ( $X_2$ (°C)	غلظت پراکسید هیدروژن ( $X_3$ (%)	میزان فیبر استخراجی (%) Y
۱	۴۰/۰۰	۱۰۵/۰۰	۱۲/۵۰	۱۱/۸۳ ± ۰/۰۱
۲	۶۰/۰۰	۹۰/۰۰	۱۵/۰۰	۱۲/۶۷ ± ۰/۰۴
۳	۲۰/۰۰	۹۰/۰۰	۱۵/۰۰	۱۱/۳۳ ± ۰/۰۶
۴	۴۰/۰۰	۱۰۵/۰۰	۱۲/۵۰	۱۲/۸۳ ± ۰/۰۳
۵	۴۰/۰۰	۱۳۰/۰۰	۱۲/۵۰	۹/۳۳ ± ۰/۰۴
۶	۴۰/۰۰	۱۰۵/۰۰	۱۲/۵۰	۱۱ ± ۰/۰۳
۷	۲۰/۰۰	۱۲۰/۰۰	۱۵/۰۰	۱۱/۳۳ ± ۰/۰۶
۸	۶۰/۰۰	۱۰۵/۰۰	۱۲/۵۰	۹/۵ ± ۰/۰۳
۹	۴۰/۰۰	۱۰۵/۰۰	۸/۲۹	۸/۵ ± ۰/۰۶
۱۰	۲۰/۰۰	۱۲۰/۰۰	۱۰/۰۰	۷/۵ ± ۰/۰۳
۱۱	۴۰/۰۰	۸۰/۰۰	۱۲/۵۰	۱۰/۵ ± ۰/۰۷
۱۲	۲۰/۰۰	۹۰/۰۰	۱۰/۰۰	۱۱/۶۷ ± ۰/۰۳
۱۳	۴۰/۰۰	۱۰۵/۰۰	۱۲/۵۰	۱۳/۱۷ ± ۰/۰۵
۱۴	۴۰/۰۰	۱۰۵/۰۰	۱۶/۷۰	۱۱/۶۷ ± ۰/۰۱
۱۵	۶۰/۰۰	۱۲۰/۰۰	۱۰/۰۰	۷/۱۷ ± ۰/۰۴
۱۶	۴۰/۰۰	۱۰۵/۰۰	۱۲/۵۰	۱۳/۸۳ ± ۰/۰۴
۱۷	۶۰/۰۰	۱۲۰/۰۰	۱۵/۰۰	۸/۵ ± ۰/۰۵
۱۸	۷۰/۰۰	۱۰۵/۰۰	۱۲/۵۰	۱۱/۳۳ ± ۰/۰۱
۱۹	۴۰/۰۰	۱۰۵/۰۰	۱۲/۵۰	۱۳/۸۳ ± ۰/۰۱
۲۰	۶۰/۰۰	۹۰/۰۰	۱۰/۰۰	۱۱/۱۷ ± ۰/۰۴

جدول ۴- ضرایب برآورد شده از تجزیه واریانس مدل مربوط به میزان فیبر استخراج شده

متغیر	ضریب	P
ثابت	-۰/۷۴۵	-/۰۰۰
$X_1$	-۰/۰۵۷	-/۱۳۳
$X_2$	-۰/۱۲۱	-/۰۱۴
$X_3$	-/۰۸۱	-/۰۷۲
$X_1^2$	-۰/۰۵۳	-/۳۱۲
$X_2^2$	-۰/۱۶۲	-/۰۲۵
$X_3^2$	-۰/۱۴۷	-/۰۳۸
$X_1X_2$	-۰/۰۷۰	-/۳۰۷
$X_1X_3$	-۰/۰۱۲	-/۸۴۸
$X_2X_3$	-/۰۸۶	-/۳۱۷

جدول ۵- تجزیه واریانس مربوط به مدل میزان فیبر استخراج شده

منابع	درجه آزادی	مجموع مربعات دنباله‌ای	میانگین مربعات تصحیح شده	F	P
رگرسیون	۹	۰/۱۹۲	۰/۲۱۴	۳/۱۹۰	۰/۰۴۲
خطی	۳	۰/۰۸۹	۰/۰۳۴	۵/۱۷۰	<sup>a</sup> ۰/۰۲۱
درجه دوم	۳	۰/۰۸۸	۰/۰۲۹	۱/۱۴۰	<sup>ns</sup> ۰/۳۱۲
حاصلضرب	۳	۰/۰۱۵	۰/۰۰۵	۰/۷۷۰	<sup>ns</sup> ۰/۵۳۷
خطای باقیمانده	۱۰	۰/۰۶۷	۰/۰۰۶	-	-
خطای عدم برازش	۵	۰/۰۴۴	۰/۰۰۸	۲/۰۴۰	۰/۲۲۷
خطای خالص	۵	۰/۰۲۲	۰/۰۰۴	-	-
خطای کل	۱۹	۰/۲۵۹	-	-	-

a معنی دار در سطح احتمال ۰/۰۵ ns غیر معنی دار

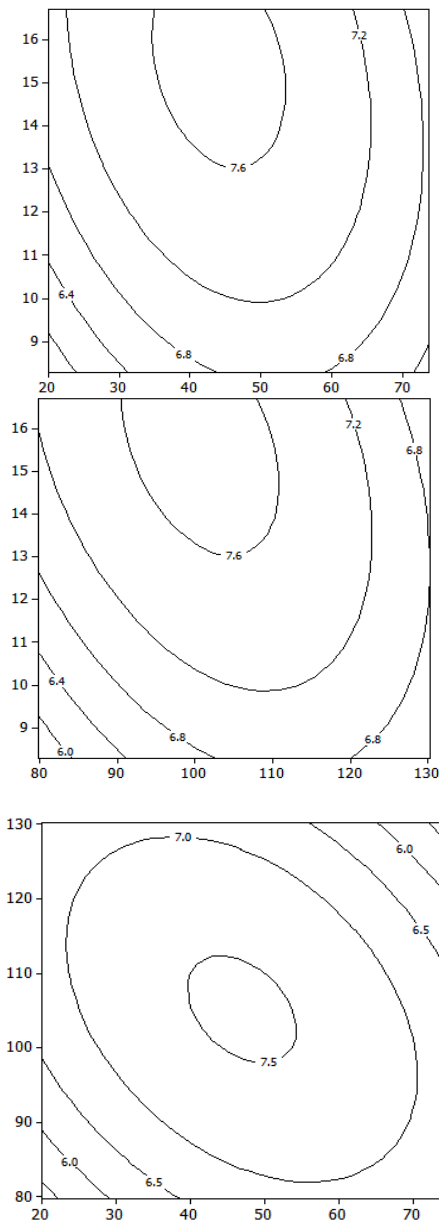
جدول ۶- داده‌های آزمایشی ظرفیت اتصال با آب فیبر و ظرفیت اتصال با چربی

مشاهدات	ظرفیت اتصال با آب Y <sub>2</sub>	ظرفیت اتصال با چربی Y <sub>3</sub>
۱	۷/۴۲ ± ۰/۰۱	۰/۰۱ ± ۰/۳۱
۲	۷/۰۶ ± ۰/۰۴	۰/۴۰ ± ۰/۰۳
۳	۶/۶۹ ± ۰/۰۱	۰/۳۷ ± ۰/۰۵
۴	۷/۰۱ ± ۰/۰۱	۰/۲۹ ± ۰/۰۱
۵	۶/۵۷ ± ۰/۰۱	۰/۳۳ ± ۰/۰۸
۶	۶/۹۸ ± ۰/۰۲	۰/۳۳ ± ۰/۰۴
۷	۶/۸۷ ± ۰/۰۳	۰/۴۲ ± ۰/۰۲
۸	۷/۹۲ ± ۰/۰۴	۰/۳۲ ± ۰/۰۳
۹	۶/۷۴ ± ۰/۰۲	۰/۴۲ ± ۰/۰۶
۱۰	۶/۸۵ ± ۰/۰۳	۰/۴۰ ± ۰/۰۳
۱۱	۶/۸۲ ± ۰/۰۳	۰/۳۹ ± ۰/۰۲
۱۲	۵/۰۴ ± ۰/۰۱	۰/۳۷ ± ۰/۰۱
۱۳	۷/۳۲ ± ۰/۰۱	۰/۲۹ ± ۰/۰۲
۱۴	۷/۵۷ ± ۰/۰۲	۰/۴۳ ± ۰/۰۳
۱۵	۶/۵۹ ± ۰/۰۲	۰/۲۹ ± ۰/۰۵
۱۶	۷/۸۷ ± ۰/۰۳	۰/۳۱ ± ۰/۰۴
۱۷	۷/۲۶ ± ۰/۰۳	۰/۳۳ ± ۰/۰۱
۱۸	۶/۴۷ ± ۰/۰۲	۰/۳۴ ± ۰/۰۱
۱۹	۷/۹۹ ± ۰/۰۴	۰/۳۰ ± ۰/۰۷
۲۰	۶/۹۸ ± ۰/۰۱	۰/۴۳ ± ۰/۰۵

دیواره سلولی گشته و از طریق قطع پیوندهای هیدروژنی میان و درون شاخه‌ها، باعث کاهش درجه کریستالیزاسیون سلولز می‌شود. در ساختار باز داخلی ایجاد شده، گروه‌های OH آزاد تمایل به برقراری

تیمار ترکیبات لیگنوسلولزی با پراکسید هیدروژن تحت شرایط قلیایی<sup>۱</sup> (AHP) موجب افزایش حلالیت بخشی از لیگنین موجود در

1 Alkaline Hydrogen Peroxide



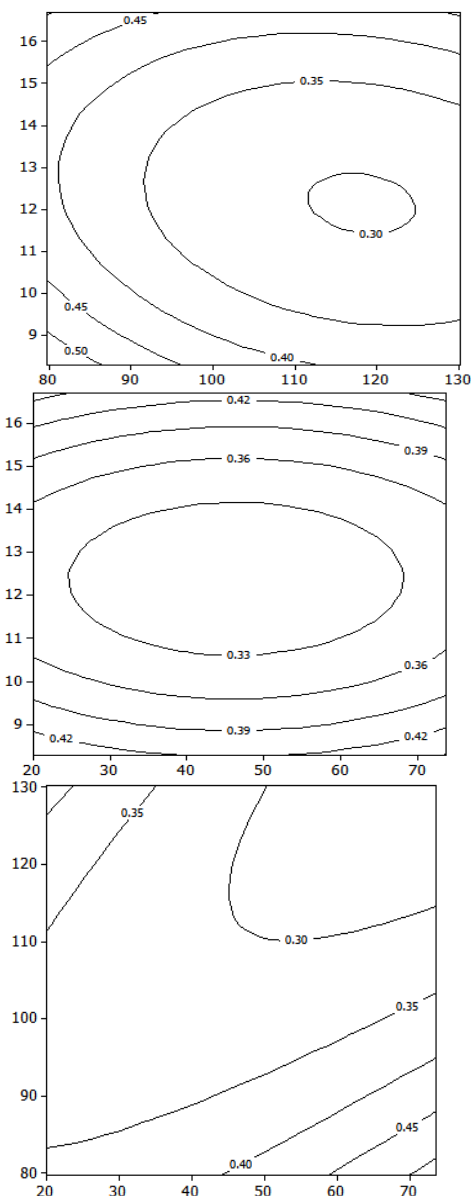
شکل ۲- نمودار کانتور دو بعدی میزان میزان ظرفیت اتصال با آب فیبر در مقابل (الف) دما و غلظت (ب) زمان و غلظت (ج) زمان و دما

در شکل ۳ (الف) اثر همزمان دما و غلظت پراکسید هیدروژن بر ظرفیت اتصال با چربی مورد بررسی قرار گرفته است. در دمای ۹۰ درجه سلسیوس و غلظت ۹ درصد پراکسید هیدروژن ظرفیت اتصال با چربی افزایش و با افزایش دما و غلظت پراکسید هیدروژن، ظرفیت اتصال با چربی کاهش یافته است.

پیوند با مولکول‌های آب را داشته و این امر موجب افزایش ظرفیت نگهداری آب و قابلیت تورم یافتگی می‌شود (Gould, 1989). در شکل ۲ (ب) اثر همزمان زمان و غلظت پراکسید هیدروژن بر ظرفیت اتصال با آب مورد بررسی قرار گرفته است. با افزایش زمان تا ۵۰ دقیقه ظرفیت اتصال با آب افزایش و در زمان‌های بالاتر از ۵۰ دقیقه، کاهش یافته است همچنین با افزایش غلظت پراکسید هیدروژن تا ۱۳ درصد ظرفیت اتصال با آب افزایش یافته و در غلظت‌های بالاتر از ۱۳ درصد، کاهش یافته است. عملیات لیگنین زدایی و محلول شدن همی سلولز تحت شرایط قلیایی (بالای pH=۱۰/۵) و در حضور پراکسید هیدروژن تشدید می‌گردد و در pH=۱۱/۵ و بالاتر از آن به بیشینه خود می‌رسد. در واقع زمانی که منابع فیبری در pH=۱۰/۵ یا بالاتر از آن و در حضور پراکسید هیدروژن قرار می‌گیرد محتوی همی سلولز نامحلول بطور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافته و به شکل محلول تبدیل می‌شود. با توجه به تمایل بالای همی سلولز به جذب آب محیط و آزاد شدن همی سلولز از لیگنین در اثر هیدرولیز قلیایی و تخریب پیوند استری ماتریکس لیگنوسلولز روند تبدیل همی سلولز از شکل نامحلول به فرم محلول تشدید شده و موجب افزایش ظرفیت نگهداری آب سبوس برنج می‌گردد. (Gould, 1983).

در شکل ۲ (ج) اثر همزمان دما و زمان بر ظرفیت اتصال با آب مورد بررسی قرار گرفته است. با افزایش زمان تا ۵۰ دقیقه ظرفیت اتصال با آب افزایش و در زمان‌های بالاتر از ۵۰ دقیقه، کاهش یافته است همچنین با افزایش دما تا ۱۱۰ درجه سلسیوس، ظرفیت اتصال با آب افزایش یافته و در دماهای بالاتر از ۱۱۰ درجه سلسیوس، کاهش یافته است. ظرفیت اتصال با آب در دمای حدود ۱۱۰ درجه سلسیوس و غلظت پراکسید ۱۳ و زمان ۵۰ دقیقه بیشترین مقدار می‌باشد. نتایج بدست آمده از ظرفیت اتصال با چربی فیبر بطور قابل توجه متاثر از اثر متغیر دما ( $X_2$ ) به صورت درجه اول است. اثر متغیرهای زمان ( $X_1$ )، دما ( $X_2$ )، غلظت پراکسید هیدروژن ( $X_3$ ) نیز به صورت درجه دوم است. اثر متقابل بین زمان و دما ( $X_1X_2$ )، دما و غلظت پراکسید هیدروژن ( $X_2X_3$ ) وجود دارد. مدل نهایی پیشنهادی در این طراحی بصورت رابطه (۶) ارائه می‌گردد:

$$Y_2 = 0.7209 - 0.049X_2 + 0.033X_1^2 + 0.049X_2^2 + 0.119X_3^2 - 0.0199X_1X_2 + 0.0245X_2X_3 \quad (6)$$



شکل ۳- نمودار کانتور دو بعدی میزان ظرفیت اتصال با چربی فیبر در مقابل (الف) دما و غلظت (ب) زمان و غلظت (ج) زمان و دما

در شکل ۳ (ب) بررسی اثر همزمان زمان و غلظت پراکسید هیدروژن بر ظرفیت اتصال با چربی مورد بررسی قرار گرفته است. در زمان ۷۰ دقیقه و غلظت ۹ درصد ظرفیت اتصال با چربی افزایش یافته است و با کاهش زمان و افزایش غلظت پراکسید هیدروژن ظرفیت اتصال با چربی کاهش یافته است.

در شکل ۳ (ج) اثر همزمان زمان و دما بر ظرفیت اتصال با چربی مورد بررسی قرار گرفته است. با افزایش زمان ظرفیت اتصال با چربی افزایش یافته است و با افزایش دما تا ۹۰ درجه سلسیوس افزایش و در دماهای بالاتر کاهش یافته است.

جذب روغن بیشتر یک پدیده فیزیکی است بطوری که ترکیبات و بیوپلیمرهای موجود در نمونه باعث محبوس شدن و به دام افتادن قطرات روغن در داخل خود می‌شوند. همان‌طور که در بخش تأثیر فیبر بر ظرفیت نگهداری آب مشاهده شد فیبر باعث افزایش ظرفیت نگهداری آب می‌شود در نتیجه بر جذب روغن نیز تأثیر می‌گذارد چرا که با افزایش ظرفیت نگهداری آب، مانع از دست رفتن رطوبت و جایگزینی آن با روغن می‌شود (Singthong & Thongkae, 2009). میزان ظرفیت اتصال با چربی در دمای حدود ۹۰ درجه سلسیوس و غلظت پراکسید ۹ و زمان ۷۰ دقیقه بیشترین مقدار می‌باشد.

### نتیجه گیری

در بررسی اثر سه متغیر زمان، دما و غلظت پراکسید هیدروژن بر مقدار و ویژگی‌های فیبر استخراج شده (از نظر ظرفیت اتصال با آب، ظرفیت اتصال با چربی) نتایج نشان داد که دما به‌عنوان یک پارامتر تأثیرگذار در میزان استخراج فیبر بوده و بیشترین مقدار استخراج فیبر در دمای ۹۹/۶ درجه سلسیوس، در زمان ۳۵ دقیقه و غلظت پراکسید هیدروژن ۱۳/۴ درصد برابر با ۱۳/۸۳ درصد حاصل گردید. زمان، دما، غلظت پراکسید هیدروژن هیچ کدام در ظرفیت اتصال با آب فیبر تأثیر معنی‌داری نداشت در حالی که درجه حرارت در ظرفیت اتصال با چربی فیبر تأثیر معنی‌داری داشت و میزان ظرفیت اتصال با چربی در دمای حدود ۹۰ درجه سلسیوس و غلظت پراکسید ۹ و زمان ۷۰ دقیقه بیشترین مقدار می‌باشد.



## منابع

- استاندارد ملی ایران، ۲۷۰۵، ۱۳۷۱، غلات و فرآورده های آن - روش اندازه گیری رطوبت - روش مرجع.
- استاندارد ملی ایران، ۲۷۰۶، ۱۳۷۱، غلات، حبوبات و فرآورده های جانبی - اندازه گیری خاکستر در کوره.
- استاندارد ملی ایران، ۲۸۶۲، ۱۳۶۶، روش اندازه گیری چربی غلات و فرآورده های آن.
- استاندارد ملی ایران، ۳۹۶۱، ۱۳۷۶، اندازه گیری فیبر خام در فرآورده های کشاورزی، خوراکی (روش عمومی).
- اصلان زاده، م.، میزانی، م.، گرامی، ع. و علیمی، م.، ۱۳۹۰، بررسی عملکرد پراکسید هیدروژن قلبایی بر روی ویژگی های فیزیکی فیبر رژیمی تولید شده از سبوس گندم، علوم غذایی و تغذیه، سال ۹، شماره ۴.
- صالحی فر، م. و فدایی نوغانی، و.، ۱۳۹۲، بررسی قابلیت استخراج فیبر رژیمی از سبوس برنج و مقایسه خواص عملکردی آن با فیبر تجاری گندم، علوم غذایی و تغذیه، سال ۱۰، شماره ۳.
- غریب بی بالان، ف.، عطای صالحی، ا. و غیاثوند، ر.، ۱۳۹۲، بررسی خصوصیات تغذیه ای و تکنولوژیکی سبوس برنج در محصولات نانویی، همایش ملی علوم و صنایع غذایی.
- گرچی، ن. و گل‌مکانی، م.، ۱۳۹۲، خصوصیات و کاربرد فیبرهای رژیمی غنی شده با استفاده از ضایعات صنایع غذایی، کنگره ملی علوم و صنایع غذایی ایران.
- معانی، ب.، علیمی، م. و فاضلی، ف.، ۱۳۹۳، بررسی تاثیر پراکسید هیدروژن قلبایی بر روی ویژگیهای فیزیکی فیبر رژیمی تولید شده از سبوس برنج، کنگره ملی علوم و صنایع غذایی ایران.
- Abdul-hamid, A., Luan, Y., 2000, Functional properties of dietary fibre prepared from defatted rice bran, *Food Chemistry*, 68, 15-19.
- Galdeano, M.C., Grossmann, M.V.E., 2005, Effect of treatment with alkaline hydrogen peroxide associated with extrusion on color and hydration properties of oat hulls, *Brazilian Archives of Biology Technology*, 48 (1), 63-72.
- Gould, J.M., 1983, Alkaline peroxide delignification of agricultural residues to enhance enzymatic saccharification, *Journal of Biotechnology and Bioengineering*, Vol. XXVI, 46-52.
- Gould, J. M., 1985, Studies on the mechanism of alkaline peroxide delignification of agricultural residues, *Journal of Biotechnology and Bioengineering*, 225-231.
- Gould, J. M., Jasber, B. K., Dexter, L.B., Hsu, J.T., Lewis, S.M., Fahey, G.C., 1989, High fiber, no caloric flour substitute for baked foods. properties of alkaline peroxide-treated lignocellulose, *Cereal Chemistry*, 66(3), 201-205.
- Inglett, G.E., 1998, Dietary fiber gels for calorie reduced foods and method for preparing the same, us patent, 5, 666,662.
- Maes, C., Delcour, J.A., 2001, Alkaline hydrogen peroxide extraction of wheat bran non-starch polysaccharides, *Journal of Cereal Science*, 34, 29-35.
- Marshall JR., 2009, Nutrition and colon cancer prevention. *Current Opinion in Clinical Nutrient ion & Metabolic Care*. pp.12:539.
- Parisi, G.C., Zilli, M., Miani, M.P., 2002, High-fiber diet supplementation in patients with irritable bowel syndrome (IBS): a multicenter, randomized, open trial comparison between wheat bran diet and partially hydrolyzed guar gum (PHGG), *Dig Dis Sci*. 47 (8). 1697-1704.
- Park Y., 2005, Dietary fiber intake and risk of colorectal cancer, *JAMA*. pp. 2849:2857.
- Robertson, J. A., Monredon, F. D., Dysseler, P., Guillon, F., Amado, R., Thibault, J. F., 2000, *Lebensm-wiss.u-technol*, 33(2), 72-79.
- Singthong, J., Thongkaew, C., 2009, Using hydrocolloids to decrease oil absorption in banana chips, *LWT, Food Science and Technology*, 42, 1199-1203.

## Optimization of alkaline fiber extraction from rice bran using response surface methodology

S. Rahbaran<sup>1</sup>, A. Aarabi<sup>2\*</sup>

Received: 2015.11.05

Accepted: 2016.07.02

**Introduction:** The consumption of dietary fiber plays an important role in the prevention of illnesses such as diabetes type 2, hypercholesterolemia. Dietary fibers are not only desirable for their nutritional properties but also for their functional and technological properties. This study was undertaken to investigate the possibility of alkaline hydrolysis to remove fiber from rice bran.

**Material and methods:** In this study, the extraction of fiber from rice bran was carried out in the presence of sodium hydroxide as an alkaline media and under autoclave condition. The Response Surface methodology was evaluated by the central composite design (CCD) to build a model based on three variables including the time ( $X_1$ ), temperature ( $X_2$ ) and the concentration of Hydrogen Peroxide ( $x_3$ ) for the extraction of fiber, and water binding and fat binding capacity of produced fiber.

**Results and Discussion:** Results showed that the optimum conditions for the maximum production of extracted fiber were 35min, 99.6 °C and 13.47% for time, temperature and the concentration of hydrogen peroxide, respectively. Results indicated that temperature was the most significant factor influencing considerably on fiber extraction and fiber fat binding capacity and none of the parameters had significant effect in the level of (0.05) on the water binding capacity of fiber.

**Key words:** Rice Bran, Fiber, Water Binding Capacity, Fat Binding Capacity, Response Surface Method

---

1 and 2. Former M. Sc. Student and Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, ShahrezaBranch, Islamic Azad University, Shahreza, Iran.  
(\*-Corresponding Author Email: aarabi@iaush.ac.ir)