**دانشکده علوم-گروه شیمی**

پایان نامه کارشناسی ارشد

گرایش شیمی تجزیه

# حذف آلاینده کروم (VI) بوسیله زئولیت سنتز شده از خاکستر سبوس برنج و اصلاح شده با نانو ذرات مغناطیسی

**علی عبدی امیری**

**استاد راهنمای اول**

**دکتر سیاوش نوروزی**

**استاد راهنمای دوم**

**دکتر حسین کاظمیان**

**شهریور ۱۳۹۱**

# چکیده

سبوس برنج یک نخاله‌ی کشاورزی است که در حدود ۲۰٪ از وزن کلی دانه‌ی برنج را تشکیل می‌دهد. تحقیقات نشان داده که این نخاله‌ی کشاورزی به علت غنی‌بودن از عنصر سیلیس، به عنوان منبع خوب سیلیکا شناخته می‌شود. در این پروژه، سیلیکای موجود در سبوس برنج با بازدهی ٪۹۵ استخراج شد. سپس با استفاده از ماده‌ی آلی تتراپروپیل آمونیوم بروماید(TPABr) زئولیت ZSM-۵ با نسبت‌های معین سنتز شد. برای این منظور، از محتوی سیلیکا و آلومینای موجود در خاکستر سبوس برنج به عنوان منبع سیلیکا و آلومینا استفاده شد. متغیرهایی که در سنتز زئولیت مورد بررسی قرار گرفتند شامل دمای واکنش، pH واکنش و مقدار ماده آلی TPABr مصرفی است. بر اساس نتایج حاصل از آزمایش‌ها، با افزایش مقدار TPABr مقدار بلورینگی زئولیت زیادتر می‌شود. pH و دمای بهینه در شرایط بهینه به ترتیب ۷٫۰۰ و ۱۱۰$^{o}$C حاصل شد. زئولیت سنتز شده با استفاده از نانوذرات مغناطیسی $\alpha$-$Fe_2O_3$، که از یک روش ساده با مواد اولیه‌ی اتیلن دی‌آمین تترا استیک اسید (EDTA) و آهن(III) نیترات آبدار $Fe(NO_3)_3.9H_2O$ سنتز شد، اصلاح گردید. از زئولیت اصلاح شده و اصلاح نشده برای حذف آلاینده‌ی Cr(VI) از آب استفاده شد. نتایج مطالعات نشان داد میزان حذف آلاینده کروم (VI) با افزایش دما و pH افزایش می‌یابد. از زئولیت اصلاح شده با نانوذره مغناطیسی برای حذف کروم(VI) در سامانه‌ی جریانی طراحی شده که توانایی جذب ذرات زئولیت در میدان مغناطیسی حاصل از مجموعه آهنربای یو شکل را دارا می‌باشد استفاده گردید. در این سامانه اثر متغیرهای موثر در جذب ذرات در میدان مغناطیسی از جمله ولتاژ اعمالی بررسی و بهینه گردید.

## فهرست مطالب


**مقدمه.....۱**

۱- مقدمه ..... ۱

۱-۱ تاریخچه و سطح زیر کشت برنج..... ۱

۱-۱-۱ خواص گیاه شناسی و طبقه بندی برنج..... ۳

۱-۱-۲ خشک کردن و پوست کندن برنج ..... ۳

۱-۲ سبوس برنج..... ۴

۱-۲-۱ ترکیب و خواص فیزیکی..... ۵

۱-۲-۲ کاربردها..... ۵

۱-۲-۲-۱ خوراک جانوران اهلی..... ۵

۱-۲-۲-۲ کاربرد در کشاورزی..... ۶

۱-۲-۲-۳ آماده سازی مواد غذایی..... ۶

۱-۲-۲-۴ تولید مواد شیمیایی آلی..... ۷

۱-۲-۲-۵ تهیه ی کربن..... ۷

۱-۲-۲-۶ تولید مواد شیمیایی غیر آلی..... ۸

۱-۲-۲-۷ تهیه مواد ساینده ..... ۸

۱-۲-۲-۸ تهیه مواد نارسانا و دیرگداز ۸
۱-۲-۲-۹ تهیه ی مواد ساختمانی ۹
۱-۲-۲-۱۰ کاربرد در مواد پلاستیکی ۹
۱-۲-۲-۱۱ رفع آلوده کننده ها ۹
۱-۳ سیلیکات ها ۱۰
۱-۳-۱ اتم سیلسیم ۱۰
۱-۳-۲ شیمی سیلیکات ها ۱۰
۱-۳-۳ ساختار سیلیکاتها ۱۱
۱-۴ زئولیت ۱۴
۱-۴-۱ غربالهای ملکولی و زئولیتها ۱۵
۱-۴-۲ برخی از روش‌های سنتز زئولیت ۱۸
۱-۵ انواع زئولیتها ۱۹
۱-۵-۱ زئولیتهای پر سیلیس ۲۱
۱-۶ زئولیت ZSM-۵ و ریخت شناسی زئولیت ZSM-۵ ۲۱
۱-۶-۱ ساز و کار سنتز ZSM-۵ ۲۳
۱-۶-۲ شکل‌دهی بلور ZSM-۵ ۲۵
۱-۷ نانوذرات ۲۵
۱-۷-۱ تاریخچه نانوذرات ۲۶
۱-۷-۲ روشهای ساخت نانو ذرات ۲۸

۱-۷-۲-۱ سنتز شیمیایی ۲۸
۱-۷-۲-۲ چگالش از یک بخار ۲۸
۱-۷-۲-۳ فرآیندهای حالت جامد ۲۸
۱-۷-۳ تعیین مشخصات ۲۹
۱-۷-۴ طبقه بندی نانو مواد بر اساس ابعاد ۲۹
۱-۷-۴-۱ نانوذره ۲۹
۱-۷-۴-۲ نانولوله ها ۲۹
۱-۷-۴-۳ نانو لایه ها ۲۹
۱-۷-۵ متداولترین نانوذرات ۳۰
۱-۷-۵-۱ نانوذرات نیمه رسانا ۳۰
۱-۷-۵-۲ نانوذرات سرامیکی ۳۰
۱-۷-۵-۳ نانوکامپوزیتهای سرامیکی ۳۱
۱-۷-۵-۴ نانوذرات فلزی ۳۱
۱-۷-۵-۵ نانوکامپوزیتهای فلزی ۳۲
۱-۸ جذب سطحی ۳۲
**بررسی منابع ۳۴**
۲- مقدمه ۳۵
۲-۱ تهیه ی سیلیکا از خاکستر سبوس برنج ۳۵
۲-۲ تاریخچه ی اولیه زئولیت ۳۷

۲-۳ سنتز نانوذرات مغناطیسی $\alpha$-$Fe_2O_3$ ۴۲
۲-۳-۱ ترسیب از محلول ۴۲
۲-۳-۲ روش همرسوبی ۴۳
۲-۳-۳ بررسی روشهای ساده تر ۴۳
۲-۴ مطالعات جذب سطحی فلزات سنگین ۴۳
**مواد، دستگاه‌ها و روشهای انجام آزمایش ۴۶**
۳- مقدمه ۴۷
۳-۱ دستگاهها ۴۷
۳-۲ مواد ۴۸
۳-۳ روش انجام آزمایش ۴۸
۳-۳-۱ آماده سازی سبوس ۴۸
۳-۳-۲ تهیه خاکستر سفید ۴۹
۳-۳-۳ استخراج سیلیکا از خاکستر سبوس برنج ۴۹
۳-۳-۴ سنتز زئولیت ۵۰
۳-۴ سنتز نانو ذرات مغناطیسی $\alpha$-$Fe_2O_3$ ۵۱
۳-۴-۱ اصلاح زئولیت سنتزی با نانوذرات مغناطیسی به روش فیزیکی ۵۲
۳-۴-۱-۱ روش ذوب یا سایش ۵۳
۳-۴-۲ حذف کروم (VI) از آب با استفاده از جاذب زئولیت ۵۳
۳-۴-۳ بازیافت زئولیت اصلاح شده ی مصرفی با استفاده از میدان مغناطیسی ۵۴

**بحث و نتیجه گیری ..... ۵۷**

۴- مقدمه ..... ۵۸

۴-۱ بررسی استخراج سیلیکا از سبوس برنج ..... ۵۸

۴-۱-۱ شناسایی سیلیکای استخراج شده ..... ۶۰

۴-۱-۲ متغیرهای موثر در استخراج سیلیکای حاصل از سبوس برنج ..... ۶۴

۴-۱-۲-۱ اثر دمای واکنش ..... ۶۴

۴-۱-۲-۲ اثر pH واکنش ..... ۶۵

۴-۲ بررسی زئولیت سنتز شده از سبوس برنج ..... ۶۵

۴-۲-۱ شناسایی مواد اولیه و محصولات ..... ۶۶

۴-۲-۲ بررسی متغیرهای موثر در سنتز زئولیت ..... ۷۲

۴-۲-۲-۱ اثر مقدار TPABr ..... ۷۲

۴-۲-۲-۲ اثر زمان واکنش ..... ۷۳

۴-۲-۲-۳ اثر دمای واکنش ..... ۷۳

۴-۳ بررسی سنتز نانوذرات مغناطیسی $\alpha$-$Fe_2O_3$ ..... ۷۴

۴-۳-۱ مطالعه طیف مادون قرمز تبدیل فوریه ..... ۷۴

۴-۳-۲ مطالعه طیف تفرق اشعه ی ایکس ..... ۷۵

۴-۳-۳ میکروسکوپ الکترونی روبشی ..... ۷۶

۴-۴ بررسی اصلاح زئولیت ZSM-۵ با نانوذرات مغناطیسی ..... ۷۷

۴-۵ بررسی حذف کروم (VI) با استفاده از زئولیت اصلاح شده و اصلاح نشده ..... ۷۸

۴-۵-۱ بررسی متغیرهای موثر بر حذف کروم ۸۳
۴-۵-۱-۱ بررسی اثر pH ۸۳
۴-۵-۱-۲ بررسی اثر دما ۸۵
۴-۵-۱-۳ اثر غلظت آنالیت ۸۶
۴-۵-۱-۴ اثر قدرت یونی محلول ۸۸
۴-۵-۱-۵ اثر تداخل یومهای مزاحم بر حذف کروم ۸۹
۴-۶ بررسی بازیافت مغناطیسی زئولیت اصلاح شده با استفاده از میدان مغناطیسی ۹۱
۴-۶-۱ بررسی متغیرهای موثر ۹۳
۴-۶-۱-۱ اثر ولتاژ متغیر ۹۳
۴-۶-۱-۲ اثر دبی ۹۴
نتیجه‌گیری ۹۵

# فهرست جدول‌ها

جدول۱-۱-سطح زیر کشت برنج بر حسب تن بین سالهای ۱۹۶۶ تا ۱۹۷۲ ..... ۲

جدول۱-۲-پراکندگی سطح زیر کشت برنج در ایران..... ۲

جدول۱-۳-میزان انرژی و ترکیبات تشکیل دهندهی برنج ..... ۴

جدول۱-۴-بررسی پارامترهای مختلف بر ریخت ZSM-۵..... ۲۲

جدول۳-۱-انواع سبوس استفاده شده و تهیه شده از شمال کشور و شرایط تیمار آن..... ۴۸

جدول۳-۲-نسبت مولی بکار گرفته شده از مواد اولیه و بازدهی واکنش در هر مرحله..... ۵۱

جدول۴-۱-مشخصات و شرایط استخراج سیلیکا از سبوس برنج ..... ۵۹

جدول۴-۲-نتایج آنالیز XRF خاکستر سفید سبوس برنج ..... ۶۰

جدول ۴-۳- میزان حذف کروم(VI) با توجه به متغیرهای دما، pH و غلظت با استفاده از زئولیت اصلاح شده. فاز ۲۰۰..... ۷۹

جدول۴-۴- میزان حذف کروم(VI) با توجه به متغیرهای دما، pH و غلظت با استفاده از زئولیت اصلاح شده.فاز ۱۰۰..... ۷۹

جدول۴-۵- میزان حذف کروم(VI) با توجه به متغیرهای دما، pH و غلظت با استفاده از زئولیت اصلاح شده.فاز ۸۰..... ۸۰

جدول۴-۶- میزان حذف کروم(VI) با توجه به متغیرهای دما، pH و غلظت با استفاده از زئولیت اصلاح شده.فاز ۵۰..... ۸۰

جدول۴-۷- میزان حذف کروم(VI) با توجه به متغیرهای دما، pH و غلظت با استفاده از زئولیت اصلاح نشده.فاز ۲۰۰..... ۸۱

جدول۴-۸- میزان حذف کروم(VI) با توجه به متغیرهای دما، pH و غلظت با استفاده از زئولیت اصلاح نشده.فاز ۱۰۰..... ۸۲

جدول۴-۹- میزان حذف کروم(VI) با توجه به متغیرهای دما، pH و غلظت با استفاده از زئولیت اصلاح شده. فاز ۸۰ ..... ۸۲

جدول۴-۱۰- میزان حذف کروم(VI) با توجه به متغیرهای دما، pH و غلظت با استفاده از زئولیت اصلاح شده. فاز ۵۰..... ۸۳

جدول۴-۱۱-اثر افزایش قدرت یونی بر مقدار جذب سطحی..... ۸۹

جدول۴-۱۲-اثر تداخل یون‌های مزاحم بر حذف کروم..... ۹۰

جدول۴-۱۳-بررسی میزان جذب زئولیت‌های اصلاح شده در شرایط مختلف..... ۹۳

# فصل اول

# مقدمه

# ۱- مقدمه

## ۱-۱ تاریخچه و سطح زیر کشت برنج

برنج[۱] یکی از قدیمی‌ترین و پس از گندم مهم‌ترین نبات روی زمین می‌باشد و تقریبا ۲۲ درصد کالری و ۱۷ درصد پروتئین را در جهان تامین می‌کند و به عقیده‌ی برخی دانشمندان، موطن اولیه‌ی آن آسیا می‌باشد. کشت برنج بر طبق شواهد از سال ۱۷۰۰ قبل از میلاد مسیح در هندوستان انجام می‌شده است. بر طبق همین شواهد کشت این محصول از ۴۰۰ سال قبل از میلاد در ایران ( بابل و شوش ) انجام می شد[۱].

برنج امروزه در اکثر (تقریبا ۹۵) کشورهای مختلف جهان کاشته می‌شود و کشت آن معمولا در ۴۵ درجه‌ی عرض شمالی و ۲۰ درجه‌ی عرض جنوبی معمول می‌باشد.

مقدار زیر کشت آن در دنیا در سال ۱۹۶۶ در حدود ۱۳۱ میلیون تن بوده که این مقدار تا پایان سال ۲۰۱۰ به ۱۴۸ میلیون تن، و تا پایان سال ۲۰۱۱ به ۱۶۰ میلیون تن رسید. جدول۱-۱ کشت برنج را در سال‌های بین ۱۹۶۶ تا۱۹۷۲ در مناطق مختلف دنیا نشان می‌دهد[۱].

جدول ۱-۲ اطلاعات مربوط به سطح زیر کشت برنج در ایران و در استان‌های مختلف را در سال زراعی ۱۹۶۶ تا ۱۹۷۲ میلادی نشان می‌دهد[۱].

---

۱ Rice

جدول ۱-۱- میزان کشت برنج(بر حسب تن) بین سال‌های ۱۹۶۶ تا ۱۹۷۲

| سال / منطقه | ۱۹۶۸ | ۱۹۶۹ | ۱۹۷۰ | ۱۹۷۱ | ۱۹۷۲ |
|---|---|---|---|---|---|
| کل | ۱۳۱۱۹۱ | ۱۳۳۵۷۴ | ۱۳۴۳۹۴ | ۱۳۴۱۴۸ | ۱۳۱۲۳۰ |
| آسیا | ۱۱۹۷۲۲ | ۱۲۱۸۶۷ | ۱۲۲۵۷ | ۱۲۱۸۸۹ | ۱۱۸۷۰۴ |
| آمریکا | ۱۶۹۵۷ | ۸۰۰۸ | ۸۰۵۸ | ۸۰۶۱ | ۸۲۱۵ |
| آفریقا | ۳۷۴۶ | ۳۷۹۳ | ۴۰۱۵ | ۴۰۹۷ | ۴۱۷۵ |
| اروپا | ۶۷۶ | ۷۲۲ | ۷۴۷ | ۷۸۷ | ۸۲۴ |
| اقیانوسیه | ۴۲ | ۴۵ | ۵۲ | ۴۸ | ۴۸ |

جدول ۱-۲-پراکندگی سطح زیر کشت برنج در ایران

| استان | سطح زیر کشت(هکتار) | استان | سطح زیر کشت(هکتار) |
|---|---|---|---|
| مرکزی | ۱۵۰۰ | اصفهان | ۲۹۰۰ |
| گیلان | ۱۶۱۸۰۰ | سیستان و بلوچستان | ۲۲۰۰ |
| مازندران | ۱۲۲۷۰۰ | کردستان | ۵۱۰۰ |
| آذربایجان شرقی | ۴۶۰۰ | همدان | ۰ |
| آذربایجان غربی | ۱۳۰۰ | چهارمحال و بختیاری | ۱۸۰۰ |
| کرمانشاه | ۲۰۰ | لرستان | ۳۰۰ |
| خوزستان | ۴۶۲۰۰ | ایلام | ۹۰۰ |
| فارس | ۱۴۳۰۰ | کهکیلویه و بویراحمد | ۹۳۰۰ |
| کرمان | ۳۰۰ | زنجان | ۱۴۰۰ |
| خراسان | ۲۰۰ | کل کشور | ۳۷۷۲۰۰ |

### ۱-۱-۱-خواص گیاه شناسی و طبقه‌بندی برنج

برنج گیاهی از گروه گلومی فلورا[۱] از فامیل گرامینه[۲] ، از زیر دسته‌ی اوریزویدیا[۳] و از جنس اوریزاستیوا[۴] است. برنج گیاهی است معمولا روزکوتاه و یک‌ساله که بعضی از ارقام آن نیز چند ساله‌اند. ریشه‌ی آن افشان است که این ریشه‌ها معمولا در عمق ۱۰ سانتی‌متری زمین دیده شده و برخلاف سایر غلات در ریشه‌ی خود یک نوع بافت هدایت کننده‌ی هوا دارند که این نوع بافت در برخی مواقع اکسیژن را از سایر قسمت‌های گیاه گرفته و بدین‌وسیله عمل تنفس ریشه را آسان‌تر می‌سازد. ساقه‌ی برنج ماشوره‌ای توخالی است که ارتفاع آن به ۳۰۰ تا ۵۰۰ سانتی متر می‌رسد و قطر آن ۶ تا ۱۲ میلی‌متر است [۱].

### ۱-۱-۲-خشک‌کردن و پوست‌کندن برنج

بلافاصله بعد از برداشت محصول، عمل خشک‌کردن آن صورت می‌گیرد و باید سعی شود رطوبت دانه به ۱۴ درصد برسد. بعد از خشک کردن عمل پوست کندن آن صورت می‌گیرد. برنج با پوسته شلتوک نام دارد. جدول ۱-۳ میزان انرژی و ترکیبات تشکیل دهنده‌ی یک گرم برنج و مقدار آن را نشان می‌دهد.

---

[۱] Glumi Flourae
[۲] Gramine
[۳] Orizovidea
[۴] Orizastivea

جدول ۱-۳- میزان انرژی و ترکیبات تشکیل دهنده‌ی برنج

| مواد | مقدار | مواد | مقدار |
|---|---|---|---|
| کالری | ۳۵۴ | الیاف (گرم) | ۱ |
| آب(درصد) | ۱۲ | فسفر(میلی گرم) | ۱۵۰ |
| نشاسته(گرم) | ۷۶ | کلسیم (میلی گرم) | ۱۵ |
| پروتئین(گرم) | ۸ | آهن(میلی گرم) | ۲ |
| چربی(گرم) | ۲ | ویتامین $B_1$(میلی گرم) | ۰٫۲۴ |
| خاکستر(گرم) | ۱٫۳ | ویتامین $B_2$(میلی گرم ) | ۰٫۱ |

## ۱-۲-سبوس برنج

سبوس برنج عبارت است از پوسته خارجی[۱]، جنین[۲] ، لایه آلرون[۳] و سلول‌های خارجی چسبیده به آندوسپرم نشاسته‌های دانه برنج، اوریزاساتیوا از خانواده گرامینه می‌باشد. اوریزا در زبان یونانی به معنای برنج و ساتیوا در لاتین به معنای کشت شده است. پوست برنج را به وسیله آسیاب‌ها جدا می‌کنند و سپس برنج به دست آمده را که برنج قهوه‌ای نامیده می‌شود، پوست می‌کنند تا برنج سفید شده به دست آید. برنج سفید حاصل مصرف غذایی دارد و سبوس محصول فرعی آن می‌باشد[۱].

سبوس برنج از ۹۰٫۲ درصد ماده‌ی خشک و ۹٫۸ درصد آب تشکیل شده است که ماده‌ی خشک آن دارای ۳٫۸ درصد پروتئین ، ۱٫۴ درصد چربی ، ۳۸ درصد الیاف ۱۴٫۱درصد املاح معدنی می‌باشد. ضریب هضم مواد آلی سبوس برنج ۲۰ و برای پروتئین در حدود ۳۰ می‌باشد. از سبوس و مواد متفرقه‌ی حاصل

[۱] Outer Shell
[۲] Fetus
[۳] Aleron Layer

از دانه‌ی برنج برای سوخت، خوراک دام و تهیه‌ی مواد عایق استفاده می‌شود. همچنین از سبوس برنج روغن سبوس نیز استخراج می‌شود[۱].

### ۱-۲-۱-ترکیب و خواص فیزیکی

سبوس برنج دارای سلولز[۱] ، لیگنین[۲] ، پنتوسان[۳] و اندکی پروتئین است که مقدار ناچیزی از انواع ویتامین‌ها در آن وجود دارد. همچنین رطوبت و خاکستر–که بیشتر ترکیب آن را سیلیس تشکیل می‌دهد– از جمله اجزای دیگر این فراورده به شمار می‌رود. درصد هر یک از اجزای یاد شده در سبوس، به شرایط آب و هوا و نوع منطقه‌ی کشت برنج بستگی دارد.

معمولا از هر ۱۰۰ کیلوگرم برنج برداشت شده از شالیزار، ۱۶ تا ۲۵ کیلوگرم آن را سبوس تشکیل می دهد. فضای مورد نیاز برای نگه داری سبوس ۸ برابر فضایی است که برنج آسیاب نشده اشغال می‌کند. طول سبوس آسیاب نشده ۲ تا ۴ برابر پهنای آن بوده ، چگالی آن $gr/cm^3$ ۳ است.

این ماده به‌راحتی فشرده می‌شود و چگالی آن تا حدود ۲ تا ۵ برابر افزایش می‌یابد . رسانایی گرمایی سبوس آسیاب نشده Kcal/mhc ۰/۴۸بوده، برای سبوس آسیاب شده به حدود ۰/۰۵۸Kcal/mhcمی‌رسد. این اندازه با رسانایی گرمایی مواد نارسانایی همچون آزبست و چوب پنبه به خوبی برابری می‌کند[۱].

### ۱-۲-۲-کاربردها

#### ۱-۲-۲-۱-خوراک جانوران اهلی

در بسیاری از کشورها سبوس برنج به مصرف خوراک جانوران و پرندگان می‌رسد. از آنجا که گوارش این ماده دشوار است، آن را به مقدار کم به خوراک اصلی جانداران اضافه می‌کنند. به هر حال با استفاده از

---

[۱] Cellulose
[۲] Lignin
[۳] Pentosan

مواد قلیایی می‌توان مقدار لیگنین و سیلیس موجود در سبوس را کاهش داد تا گوارش آن برای جانداران آسان‌تر باشد[۱].

### ۱-۲-۲-۲-کاربرد در کشاورزی

سبوس برنج در کشاورزی به عنوان کود و ماده‌ی افزودنی به خاک استفاده می‌شود. مناسب بودن سبوس برای تهیه‌ی کود با توجه به مقدار اکسیدهای فسفر ، پتاسیم ، کلسیم و نیتروژن آلی موجود در آن تعیین می‌شود. برای تهیه‌ی کود از این فراورده آن را با سولفوریک اسید و فسفریک اسید واکنش می دهند[۱].

همچنین افزودن محلولی شامل ملاس[۱]، گلیسیرین[۲] و آهن(III) اکسید[۳]، خواص سبوس را به عنوان کود بهبود می‌بخشد. در واقع، سبوس، افزون بر تامین مواد آلی و ترکیب‌های فسفردار مورد نیاز خاک، به عنوان عاملی رقیق کننده عمل می‌کند. رشد فراورده‌های کشاورزی در خاک‌های نمک دار در حضور سبوس برنج افزایش می‌یابد. در واقع این ماده سرعت نفوذ آب در خاک را افزایش می‌دهد[۱].

### ۱-۲-۲-۳-آماده سازی مواد غذایی

سبوس برنج از مواد غذایی کمی برخوردار است زیرا بیشتر آن را خاکستر و الیاف تشکیل می‌دهد و تنها مقدار ناچیزی پروتئین، چربی‌های گوارش‌پذیر و ویتامین در آن وجود دارد. از این رو، کاربرد سبوس در صنایع غذایی تنها به آماده سازی مواد غذایی محدود می‌شود. برای مثال، از تخمیر گلوکز بدست آمده از سبوس مخمر غذایی تهیه می‌شود. همچنین نوعی سلولز خوراکی از سبوس بدست می‌آید که به عنوان ماده‌ی جاذب رطوبت، بیشتر در تهیه‌ی نان و شیرینی کاربرد یافته است.

---

[۱] Molasses
[۲] Glycerine
[۳] Ferric Oxide

سبوس دارای ۱۴ تا ۲۰ درصد روغن است. در این روغن ویتامین‌های خانواده‌ی ب و اسیدهای چرب وجود دارد. این روغن مصرف غذایی و دارویی داشته، نسبت به روغن زیتون و روغن به‌دست آمده از پنبه ترکیب بهتری دارد. به شکل خام نیز به‌کار می‌رود، پایدار است و اکسایش نمی‌یابد و از افزایش کلسترول در خون جلوگیری می‌کند. پس از استخراج روغن از سبوس آنچه به‌جا می‌ماند کنجاله نامیده می‌شود که غذایی مناسب برای دام و پرندگان است. از سبوس برنج برای درمان بیماری‌هایی مانند بری‌بری، ناشی از کمبود ویتامین‌های خانواده‌ی ب، تقویت و رشد مو و تحریک رشد جنین در زنان باردار استفاده می شود[۱].

### ۱-۲-۲-۴-تولید مواد شیمیایی آلی

حدود ۷۰ درصد سبوس برنج را مواد آلی همچون سلولز، لیگنین، گلوکوکسیلان[۱] تشکیل می‌دهند. از گلوکوکسیلان موادی همچون فورفورال[۲] در تهیه‌ی مواد دارویی، تولید نایلون و به عنوان یک حلال آلی مورد استفاده قرار می‌گیرد. اکسی لیتون[۳] نیز به عنوان یک ماده‌ی واسطه در صنایع دارویی کاربرد دارد. از این ماده در خمیر دندان به عنوان ماده‌ی جاذب رطوبت استفاده می‌شود. شیرینی این ماده به اندازه‌ی ۲۵ درصد از شکر بیشتر است ولی افزایش قند خون را درپی ندارد. از این رو مصرف آن برای بیماران قندی مناسب است. به این ترتیب امکان تهیه ی مواد آلی از این ماده، آن را به عنوان یک ماده‌ی خام و با ارزش معرفی می‌کند. چنان که تولید مواد آلی از آن، که از نفت نیز قابل تهیه هستند می‌تواند در حفظ و صرفه جویی منابع نفتی موثر باشد.

### ۱-۲-۲-۵-تهیه‌ی کربن

برای تهیه کربن فعال و دوده از سبوس برنج استفاده می‌شود. جهت فعال کردن کربن بدست آمده از سبوس موادی مانند سولفوریک اسید، بوریک اسید و کلریدهای روی، کلسیم و منگنز مورد استفاده قرار

---

[۱] Glococsilane
[۲] Furfural
[۳] Oxy Leighton

می‌گیرند. کربن بدست آمده از این فرایند به عنوان رنگ زدا در صنعت کاربرد دارد. دوده نیز در تهیه‌ی لاستیک، پلاستیک و رنگ مورد استفاده است[۱].

### ۱-۲-۲-۶-تولید مواد شیمیایی غیر آلی

حدود ۲۰ درصد سبوس را خاکستر تشکیل می‌دهد که همان جزء غیر آلی سبوس است. خاکستر شامل ۹۵ درصد سیلیس و ۵ درصد اکسیدهای کلسیم، سدیم، پتاسیم، فسفر، منگنز و آهن است و از آن در لعاب چینی، ظرف‌ها سفالی، تصفیه‌ی آب، ساخت سیمان و بتون و آجرهای ویژه استفاده می‌شود. هم اکنون از سیلیس به عنوان ماده‌ی اولیه در تولید سیلیسیم کاربید[۱]، سیلیسیم تتراکلرید و سدیم سیلیکات استفاده می‌شود. همچنین در تهیه‌ی سیلیسیم های ویژه‌ی سلول‌های خورشیدی، سدیم نیترات و زئولیت استفاده می‌شود[۱].

### ۱-۲-۲-۷-تهیه مواد ساینده

سبوس برنج می‌تواند به عنوان یک ماده‌ی ساینده برای صیقل کاری قطعه‌ی آهنی، آلومینیومی، برنجی، برنزی و نیز قطعه‌های کوچک پلاستیکی به‌کار رود. برای نمونه، تمیز کردن قطعه‌هایی هم چون سیلندر و پیستون در هواپیما، با استفاده از موادی که سبوس برنج ۴۰ درصد آن را تشکیل می‌دهد، مناسب بوده است و در این زمینه سبب کاهش در هزینه‌ها شده است. سبوس برنج در اثر عمل ساییدن، به لایه‌های فلزی و اندازه‌ی قطعه‌ی سایش یافته، آسیبی وارد نمی‌کند[۱].

### ۱-۲-۲-۸-تهیه مواد نارسانا و دیرگداز

یکی از کاربردهای مهم سبوس، به‌ویژه خاکستر موجود در آن ، استفاده از آن در تهیه دیرگدازهاست. رسانایی گرمایی کم، نقطه ذوب بالا، چگالی پایین و تخلخل فراوان، خاکستر را به ماده‌ی خام مناسبی برای این منظور تبدیل کرده است. آجرهای تهیه شده از خاکستر سبوس تا دمای ۱۴۵۰ درجه

[۱] Silicon carbide