بررسی پارامترهای مؤثر بر پلت‌سازی پوسته‌ی شلتوک برنج

جواد مهدی‌نیا سیبنی[1*] و علی اسحق بیگی[2]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۲- دانشیار گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

Email: javadisiboni@gmail.com

چکیده

بعد از نفت و زغال‌سنگ، مواد زیست‌توده سومین منابع بزرگ انرژی در جهان هستند. پوسته‌ی شلتوک برنج از جمله مواد زیست‌توده است که به‌وفور یافت شده و به‌دلیل کمبود مواد غذایی موجود در آن دور ریخته می‌شود. این در حالی است که ارزش حرارتی بسیار بالایی دارد. چگالی حجمی پایین مواد زیست‌توده‌ی کشاورزی همانند کاه و کلش و پسماندهای دیگری از قبیل پوسته‌ها سبب گشته که حمل و نقل و جابجایی آن پرهزینه شده و هزینه‌های انباری و ذخیره‌سازی آن زیاد باشد. جهت افزایش دانسیته‌ی مواد زیست توده روش‌های مختلفی از جمله پلت کردن به‌کار گرفته شده است. در این پژوهش شرایط پلت نمودن پوسته‌ی شلتوک برنج در سه سطح ریزی، سه میزان رطوبت و سه نیروی فشاری اعمالی با اندازه‌گیری انرژی مصرفی جهت ساخت پلت، میزان پایداری یا دوام پلت و چگالی نهایی پلت مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که استفاده از توری مشبک با قطر سوراخ پنج میلی‌متر در زیر تیغه‌ی آسیاب و پوسته‌ی با رطوبت شش درصد بر پایه‌تر، منجر به پایداری بهتر پلت شد و چگالی بالاتری نیز به‌دست آمد. همچنین نیروی ۱۴۰۰۰ نیوتن در فرایند تراکم‌سازی، سبب افزایش قابل‌ملاحظه‌ی انرژی مصرفی ساخت پلت گردید.

واژه‌های کلیدی: برنج، پایداری، پلت، پوسته، ضایعات

مقدمه

بهره‌برداری از گرما و توان حاصل از مواد زیست‌توده جهت تولید توان و گرما از آن‌ها به دلیل تمایل بشر به کاهش انتشار گاز دی‌اکسیدکربن به جو، اهمیت روزافزونی یافته است. مواد زیست‌توده‌ی زراعی به مقدار فراوانی در دسترس هستند و هنگامی که به عنوان سوخت استفاده می‌شوند، می‌توانند جهت تولید پایدار گرما و توان به‌کار روند. اما به هرحال مسافت زیاد بین مبدأ تولید این مواد و محل استفاده از آن‌ها، سبب گران تمام شدن جابجایی و حمل و نقل آن‌ها می‌گردد (استلتی و همکاران، ۲۰۱۱).

۲۰ درصد از وزن شلتوک را پوسته‌ی شلتوک تشکیل می‌دهد (بی‌نام، ۱۳۸۹). بر اساس آمار موجود در آمارنامه کشاورزی سال ۱۳۸۸-۱۳۸۷، با احتساب بیش از ۵۳۵۸۱۳ هکتار از اراضی شالیزار در کشور و تولید ۲۲۵۳۴۱۷ تن شلتوک (بی‌نام، ۱۳۸۸)، پوسته شلتوک تولیدی کشور در حدود ۴۵۰۶۸۳ تن تخمین زده می‌شود. بقایای برنج، به استثنای درصد کمی از کاه و کلش آن که به مصرف دام می‌رسد، مابقی یا به صورت بلا استفاده در مزارع رها شده یا مدفون می‌گردد یا اینکه سوزانده می‌شود که در مورد اخیر علاوه بر اثر منفی زیست‌محیطی، سبب از بین رفتن میکرواگانیسم‌های مفید خاک نیز می‌شود. مهم‌ترین دلایلی که سبب می‌شود پوسته شلتوک بلااستفاده مانده و یا سوزانده شود عبارتست از:

۱- حمل و نقل و جابجایی پوسته‌ی شلتوک به دلیل چگالی بسیار کم آن غیر اقتصادی است.

۲- از نظر ارزش غذایی فقیر است (مقدار مواد مغذی قابل هضم کمتر از ۱۰ درصد) به‌طوری‌که نیاز به فرآوری‌های مختلف فیزیکی، شیمیایی و آنزیمی جهت افزودن ارزش غذایی آن هزینه‌بر است (وادیولو و همکاران، ۲۰۰۹).

۳- مقدار زیادی سیلیس (SiO_2) در پوسته شلتوک وجود دارد. تجزیه سیلیس در خاک به کندی صورت می‌گیرد و لذا قبل از فرآوری نمی‌توان پوسته شلتوک را که حاوی مقدار زیادی از این ماده است در خاک مصرف نمود.

در این تحقیق از پلت کردن جهت افزایش چگالی پوسته‌ی شلتوک برنج استفاده شد. بررسی کلی تحقیق حاضر به شرح زیر بود: الف- اعمال سه میزان نیروی فشاری عمودی توسط دستگاه اینستران در سه میزان ریزی مواد و سه سطح رطوبت، ب- بررسی میانگین انرژی صرف شده جهت تراکم مواد و همین‌طور میانگین انرژی اصطکاکی لازم جهت خارج نمودن پلت، ج- اندازه‌گیری میانگین چگالی ایجاد شده در هر میزان ریزی و فشار اعمالی و د-تعیین پایداری پلت‌ها.

مواد و روش‌ها

جهت فشرده‌سازی مواد یک سیلندر و پیستون ساخته شد. اندازه‌ی قطر سوراخ مرکز سیلندر برابر پنج میلی‌متر و طول آن ۱۱۸ میلی‌متر بود. چگالی حجمی اولیه پوسته‌ی برنج برابر ۷۱/۷ کیلوگرم بر مترمکعب بود. مواد توسط آسیاب تیغه‌ای خرد شدند تا سه اندازه‌ی مختلف از ذرات حاصل شد. جهت حصول سه اندازه‌ی مختلف از ذرات، از سه شبکه با اندازه‌های ۲، ۳/۳۶ و ۵ میلی‌متر در زیر آسیاب تیغه‌ای استفاده گردید. رطوبت اولیه مواد مطابق استاندارد ASAE S358.2 و آنگاه

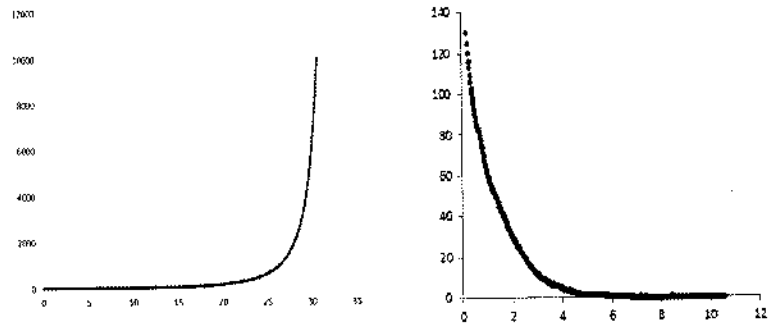
چگالی حجمی پوسته‌ی آسیاب شده تعیین گردید. رطوبت اولیه اندازه‌گیری شده برابر شش درصد بر مبنای تر بود. دو سطح رطوبتی دیگر نیز ایجاد شد تا سطوح رطوبتی ۱۳ و ۲۰ درصد بر پایه تر حاصل گردید.

جهت تعیین دوام پلت، بر اساس استاندارد ASAE S269.4 دستگاه تست پایداری ساخته شد. پلت‌ها به اندازه ۱۰ دقیقه در جعبه قرار داده شد و چرخانده شد، سپس نمونه‌ها را از داخل دستگاه بیرون آورده و از یک الک مناسب گذرانده تا ذرات ریز خارج گردند. جرم مواد بالای الک بر جرم کل پلت‌های اولیه تقسیم و در عدد ۱۰۰ ضرب شده و به عنوان درصد پایداری گزارش شد. اگر پایداری پلت بالای ۸۰ درصد باشد گفته می‌شود که پایداری پلت زیاد است، زمانی که بین ۸۰ و۷۰ درصد باشد پایداری پلت متوسط و چنانچه این رقم کمتر از ۷۰ درصد باشد، پایداری پلت کم است.

پوسته‌های شلتوک خرد شده و رطوبت داده شده در سیلندر مورد نظر ریخته و توسط دستگاه اینستران در سه نیروی ۷۰۰۰، ۱۰۰۰۰ و ۱۴۰۰۰ نیوتن در پنج تکرار تحت فشار قرار گرفت. در مجموع ۱۳۵ آزمون انجام شد. پس از رسیدن نیرو به مقدار موردنظر، بارگذاری متوقف و پس از سپری شدن مدت ۲۰ ثانیه‌ی تحت بار، انتهای مسدود سیلندر باز و آنگاه جهت بیرون آوردن پلت از سیلندر، مجدداً بارگذاری انجام گرفت. نمودارهای نیرو بر حسب جابجایی به کمک نرم‌افزار اکسل ترسیم گردید. انرژی تراکمی و اصطکاکی با محاسبه‌ی سطح زیر نمودار نیرو-جابجایی توسط نرم‌افزار Matlab حاصل شد. جرم پلت‌ها نیز توسط ترازوی دیجیتال و ابعاد پلت توسط کولیس دیجیتال تعیین شد. از تقسیم جرم هر پلت به حجم آن، چگالی هر پلت محاسبه گردید. پایداری پلت نیز با قرار دادن پلت‌ها به مدت ۱۰ دقیقه در دستگاه مخصوص تست پایداری و عبور پلت‌های شکسته شده از الک شماره چهار با مش ۴/۸ میلی‌متر تعیین شد.

نتایج و بحث

نمونه‌های پلت پس از اعمال سطوح مختلف نیرو توسط دستگاه اینستران به پوسته‌ی آسیاب شده در داخل سیلندر، ساخته شد. روند متراکم نمودن پوسته شلتوک در رطوبت شش درصد بر پایه تر در شکل ۱ و نیروی بیرون انداختن پلت (کار اصطکاکی) در شکل ۲ نشان داده شده است (شکل‌ها مربوط به تکرار اول از نیروی اعمالی ۱۰۰۰ نیوتن و ذرات عبوری از شبکه‌ی ۲ میلی‌متر می‌باشند).



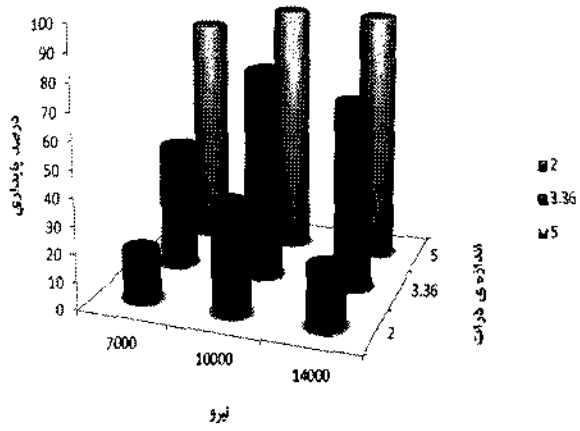
مطابق شکل ۱ ابتدا نیروی فشرده‌سازی کم بوده و سپس به‌صورت صعودی افزایش یافت. به عبارت دیگر ابتدا فضاهای خالی بزرگ‌تر بود و نیرو صرف پر کردن فضاهای خالی بزرگ‌تر شد و سپس این نیرو اوج گرفت. از این قسمت به بعد فضاهای خالی کوچک‌تر از اندازه‌ی ذرات پر می‌گردد، به‌طوری‌که در انتها نرخ تغییر نیرو نسبت به تغییر طول در جریان فشرده‌سازی بسیار افزایش یافت. شکل ۲ نیروی صرف شده جهت بیرون راندن پلت را نشان می‌دهد که مقدار آن به مراتب نسبت به شکل ۱ کمتر است. مشاهده شد که در حین بیرون راندن پلت، با بیرون آمدن انتهای پلت از سیلندر، تقریباً این نیرو به صفر متمایل می‌گشت. میانگین چگالی ذرات آسیاب شده‌ی اولیه (قبل از پلت شدن) حاصل از شبکه آسیاب با اندازه‌های ۲، ۳/۳۶ و ۵ میلی‌متر به ترتیب عبارت بود از ۲۰۶/۱، ۱۶۶/۸ و ۱۲۰/۲ کیلوگرم بر متر مکعب. (کار اصطکاکی خارج کردن پلت از سیلندر به جهت ناچیز بودن آن در مقایسه با انرژی متراکم نمودن پوسته نادیده گرفته شده است). جدول ۱ داده‌های حاصل از انجام آزمایش‌های گوناگون را نشان می‌دهد.

جدول ۱- انرژی تراکمی، چگالی پلت و پایداری پلت در نیروها و رطوبت‌ها و اندازه‌های مختلف (میانگین ۵ تکرار)

		رطوبت (w.b.٪)								
		۶	۱۳	۲۰	۶	۱۲	۲۰	۶	۱۳	۲۰
نیرو (N)	اندازه شبکه آسیاب (mm)	انرژی تراکمی (kJ)			چگالی پلت (kg/m^3)			درصد پایداری پلت		
۷۰۰۰	۲	۱۰۲	۸۷	۸۵	۹۳۶	۸۳۲	۵۳۰	۱۹	۰	۰
	۳/۳۶	۱۳۶	۱۲۰	۱۴۹	۹۵۶	۷۹۵	۶۱۶	۴۶	۴۳	۶
	۵	۱۶۸	۱۴۰	۱۲۴	۹۶۹	۷۹۴	۶۸۷	۸۴	۸۴	۷۰
۱۰۰۰۰	۲	۱۶۵	۱۲۴	۱۲۴	۱۰۱۱	۸۴۶	۵۵۹	۴۰	۰	۰
	۳/۳۶	۱۹۵	۱۶۵	۱۶۴	۱۰۱۶	۸۲۸	۶۱۱	۷۷	۵۴	۹
	۵	۲۴۶	۲۳۴	۱۹۰	۱۰۴۲	۹۱۱	۷۵۰	۹۲	۹۱	۷۷
۱۴۰۰۰	۲	۲۹۲	۱۷۸	۱۷۴	۱۰۶۵	۸۶۴	۶۴۵	۲۳	۰	۰
	۳/۳۶	۳۴۵	۲۰۹	۲۴۷	۱۰۵۵	۸۵۸	۶۳۰	۸۷	۶۰	۹
	۵	۳۹۲	۲۷۵	۲۹۲	۱۰۹۱	۹۰۲	۷۳۴	۹۲	۷۷	۷۷

طی تکرار و انجام آزمایش‌های مختلف مشاهده گردید که ذرات حاصله از آسیاب با شبکه پنج و یا ۳/۳۶ میلی‌متر، از نظر پایداری نسبت به شبکه‌ی دو میلی‌متری مناسب‌تر بودند و بین آن دو تفاوت زیادی وجود نداشت. قابل ذکر است که در شبکه‌ی پنج میلی‌متری، مقدار انرژی مصرفی آسیاب جهت حصول پوسته‌ی آسیاب شده نسبت به اندازه شبکه‌های ۳/۳۶ و ۲ میلی‌متر کمتر بود. از طرفی اثر اندازه‌ی ذرات بر پایداری پلت‌ها بسیار قابل ملاحظه بود (شکل ۳).

رطوبت نیز در مقدار چگالی تأثیرگذار بود. با افزایش رطوبت، چگالی پلت کاهش یافت که این حجم انباری بیشتری نیز می‌طلبد. نیروی اعمالی نیز بر مقدار چگالی مؤثر و مقدار انرژی متراکم‌سازی نیز در نیروی ۱۴۰۰۰ نیوتن حداکثر بود.



شکل ۳- اثر اندازه‌ی ذرات بر پایداری پلت در نیروهای مختلف و رطوبت شش درصد

ساخت پلت از پوسته شلتوک مقدار چگالی پوسته را به میزان قابل ملاحظه‌ای افزایش داد که این سبب کاهش حجم انباری برای آن شده و مدیریت ضایعات برنج را نیز آسان‌تر می‌نماید. شبکه پنج میلی‌متری استفاده شده در زیر تیغه‌ی آسیاب از نظر پایداری و چگالی پلت به‌دست آمده مناسب‌تر بود. انرژی مصرفی آسیاب‌سازی پوسته نیز با آسیاب شدن کمتر مواد با انتخاب شبکه پنج میلی‌متری کاهش می‌یابد. رطوبت شش درصد در حصول میزان پایداری و چگالی مطلوب، مناسب‌تر بود. با توجه به افزایش حدود دو برابری انرژی در نیروی ۱۴۰۰۰ نیوتن نسبت به نیروی ۷۰۰۰ نیوتن، هرچند افزایش نیرو در افزایش چگالی و پایداری پلت مؤثر است اما این افزایش نیرو صرف اقتصادی نخواهد داشت چرا که با نیروهای کمتر نیز پایداری زیاد پلت به‌دست آمد.

برخی از منابع مورد استفاده

بی‌نام. ۱۳۸۸. آمارنامه کشاورزی، جلد اول محصولات زراعی سال زراعی ۱۳۸۸-۱۳۸۷. انتشارات جهاد کشاورزی، معاونت برنامه ریزی و اقتصادی، دفتر آمار و فناوری اطلاعات. صفحه۱۳۶.

بی‌نام. ۱۳۸۹. تولید محصولات با ارزش افزوده از پسماندها و محصولات فرعی برنج. پارک علم و فناوری استان گیلان.

Stelte W, Holm JK, Sanadi AR., Barsberg S, Ahrenfeldt J, Henriksen UB, 2011. Fuel pellets from biomass: The importance of the pelletizing pressure and its dependency on the processing conditions. Fuel, 90: 3285-3290.

Vadiveloo J, Nurfariza B, Fadel JG, 2009. Nutritional improvement of rice husks. Animal Feed Science and Technology, 151: 299-305.