نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی
(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون
پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه تهران
۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹۴ – کرج

بررسی اثر سرعت دورانی و مش های آسیاب چکشی بر پراکنش اندازه ذرات

نویسندگان

اکبر عرب محمد حسینی[1*]، فرهاد همایون‌فر[2]، محمد حسین کیان مهر[3]، سیدعلی اکبررضوی حائری[4]

۱ ، ۲ ،۳و۴– به ترتیب دانشیار، دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک بیوسیستم، استاد و دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی – گروه فنی مهندسی بیوسیستم پردیس ابوریحان دانشگاه تهران

ایمیل مکاتبه کننده: ahosseini@ut.ac.ir

چکیده

مواد زیست‌توده که امروزه بطور گسترده‌ای تولید می‌شوند، می‌توانند به عنوان منابع جایگزین انرژی، خوراک، کود و مصارف دیگر انتخاب و استفاده شوند. اما هر یک از مواد زیست‌توده با توجه ماهیت اولیه و نیز محصول نهایی، نیاز به انجام مراحل پیش‌تولید دارند. یکی از این مراحل که تقریبا برای همه مواد زیست‌توده لازم است، کاهش اندازه است، بطوریکه برای تولید محصول نهایی آماده گردد. در این تحقیق به منظور ارزیابی مواد خرد شده از نظر پراکندگی اندازه ، آزمایشات متعددی صورت گرفت. بدین ترتیب که پوست سخت گردو، در سه سطح سرعت ۱۴۰۰، ۲۰۰۰ و ۲۸۰۰ دور در دقیقه و با سه مش ۲/۵، ۴ و ۵ میلی‌متری به وسیله آسیاب خرد شد و هر مورد به صورت مجزا میزان پراکندگی مواد خرد شده به روش غربال کردن دسته‌بندی شد. هم‌چنین کود گاو نیز با سرعت ۱۴۰۰ دور در دقیقه و مش ریز خرد شده و پراکندگی آن برای مقایسه با پوست گردو در همین وضعیت ثبت گردید. نتایج نشان دادند که سرعت‌های بالا موجب ریزتر شدن مواد در یک مش برابر می‌شود و درصد پراکنش مواد در مش‌های ریزتر افزایش می یابد.

واژه‌های کلیدی: زیست توده، پراکندگی مواد، آسیاب، غربال کردن

مقدمه

مواد زیست‌توده که امروزه بطور گسترده‌ای تولید می‌شوند، می‌توانند به عنوان منابع جایگزین انرژی، خوراک، کود و مصارف دیگر انتخاب و استفاده شوند. اما هر یک از مواد زیست‌توده با توجه ماهیت اولیه و نیز محصول مورد نظر نهایی، نیاز به انجام مراحل پیش‌تولید دارند. یکی از این مراحل که تقریبا برای همه مواد زیست‌توده لازم است، کاهش اندازه است. طوری که برای تولید محصول نهایی آماده گردد. در این مرحله بسته به عوامل مختلف مثل نوع ماده، نوع آسیاب، اندازه

مواد ورودی و خروجی، رطوبت و دیگر خصوصیات، انرژی بسیار زیادی صرف برش، ضربه و ساییدگی ذرات می‌شود(Spinelli & Hartsough, 2001).

با انجام عملیاتی مانند تولید گاز، انجام واکنش های شیمیایی در اثر حرارت و تخمیر می‌توان مواد زیست‌توده را به انرژی تبدیل کرد. در هیچ‌کدام از این پروسه‌ها نمی‌توان مواد زیست‌توده را همان‌طور که هستند و با اندازه اولیه‌شان استفاده کرد. اولین گام در قابل استفاده کردن مواد زیست‌توده کاهش اندازه آنها است که بسیار مهم است، زیرا یکی از مراحل فرآوری مواد زیست‌توده است که انرژی زیادی را صرف می کند. در هر یک از کاربردهای مختلفی که از مواد زیست‌توده می‌شود به یک اندازه مشخص از ذرات و یا توزیع مناسبی از اندازه ذرات نیاز است. اندازه مخصوص ذرات برای برخی کاربردهایی که از مواد زیست‌توده می‌توان داشت به بطور خلاصه عنوان شده است:

سوخت

سوختن، اشتعال یا احتراق، یکی از ساده‌ترین کاربردهای مواد زیست‌توده برای تبدیل آنها به انرژی است. سیستم‌های احتراق می‌تواند بصورت کوره‌ای، معلق و یا بستر سیال باشد. ریو و همکاران در زمینه سوخت کوره‌ای تحقیقی روی چوب و میوه کاج انجام دادند. آنها نتیجه گرفتند که هرچه قطعات ورودی کوچکتر باشد، سرعت سوختن بالاتر رفته و در کل حرارت بیشتری تولید می‌شود(Ryu et al., 2006). بادگر نیز در تحقیقات خود نشان داد که برای تامین سوخت در سیستم معلق، بهترین اندازه برای مواد ورودی شش میلی‌متر و با رطوبت کمتر از ۱۵ درصد است(Badger, 2002) برای سیستم‌هایی که ذرات سوختنی بصورت پودر باید وارد محفظه احتراق شوند، بهترین اندازه، ۱۰۰۰ میکرومتر است(Kastberg & Nilsson, 2002).

تولید گاز

تولید گاز به فرایندی گفته می‌شود که در آن مواد زیست‌توده در محدودیت هوا و اکسیژن بسوزند و گاز حاصل از آن برای تولید گازهای احتراقی شامل مونواکسید کربن، هیدروژن و متان استحصال شود. گستره وسیعی از مواد زیست‌توده مانند چوب، زغال، ریشه، ساقه، پوسته، کاه برنج و حبوبات، پوست نخل و نارگیل و غیره قابلیت این کار را دارند. در این فرایند نیز رطوبت و اندازه ذرات اهمیت دارد. به عنوان مثال در تحقیقی نشان داده شد که بهترین اندازه ذرات برای تولید گاز در گاسیفایر بستر ثابت ۲۵ ×۲۵ × ۶ میلی‌متر است(Badger, 2002).

متراکم‌سازی

یکی از دیگر کاربردهای مهم مواد زیست‌توده، تولید قطعه‌های فشرده شده از این ذرات است که کاربردهای متفاوتی مانند پلت خوراک دام، پلت کود و بریکت زغال دارند. برای این کار مواد زیست‌توده خام، باید پیش از هر چیز بوسیله آسیاب خرد شوند. مانی و همکاران تاثیر اندازه ذرات را در فرایند فشرده سازی برای چهار ماده مختلف بررسی کردند. آنها نتیجه گرفتند که پلت‌ها با وجود ذرات ریزتر با نیروی کمتر و در زمان کوتاهتری شکل می‌گیرند(*Mani et al., 2004*). کالیان و همکاران تاثیرات اندازه ذرات آسیاب شده بر روی چگالی بریکت‌های ساخته شده از ساقه ذرت و یولاف را مطالعه کردند. آنها نتیجه گرفتند که کاهش اندازه هندسی ذرات به چگال‌تر شدن بریکت‌ها منتهی می‌شود. آنها همچنین گزارش کردند که

بریکت‌های ساخته شده با ذرات ریزتر مقاومت بیشتری در مقابل فشار دارند و برای بدست آوردن ذرات ریزتر (حدود ۰/۸ تا ۰/۶۶ میلی‌متر) از آسیاب انرژی بیشتری نیز باید مصرف شود (از ۰/۸ به ۱/۳ MJ/t) (Kaliyan and Morey, 2006).

تولید اتانول

تولید اتانول، یکی دیگر از فواید بازیافت مواد زیست‌توده است. برای تولید زیست اتانول، فناوری کنونی عمدتا متکی بر تخمیر قندها یا نشاسته به اتانول است. تبدیل باگاس حاصل از نیشکر، نشاسته ذرت یا سایر منابع می تواند بخشی از اعتیاد بشر به نفت را بشکند. مثلا در ایالات متحده، اتانولی که از ذرت تولید می¬شود تنها حدود ۳ درصد نیاز این کشور به سوخت مایع برای ترابری و حدود ۲۵ درصد از نیازهای خانگی را تأمین می¬کند اتانول تولیدی از ۱۳۶ پالایشگاه حدود ۷/۵ میلیارد گالن بوده و مقرر شده ۵/۸ میلیارد گالن دیگر نیز پس از راه اندازی ۶۲ پالایشگاه در حال احداث به آن افزوده شود(Orts et al., 2008).

خمیر و کاغذ

اندازه ذرات و یکنواختی آنها در این پروسه نیز برای افزایش کیفیت نقش اساسی بازی می‌کند. در میان انواع زیست توده، چوب ماده اولیه خاص و برجسته‌ای در تولید محصولات چوبی مختلف، تخته‌های مرکب چوبی و انواع کاغذ و مقواد می-باشد، که ضایعات آن‌ها جهت سوخت و تولید انرژی به مصرف می‌رسد ولی بهترین روش استفاده این ضایعات، تبدیل آن-ها به سوخت و مواد شیمیایی، به روش تبدیل به گاز است. بنابراین از ضایعات غنی از کربن و هیدروژن چوب و زیست توده، می‌توان انرژی و مواد شیمیایی گوناگون تولید کرد(Conner, 2007).

هدف از این تحقیق بررسی اثر سرعت دورانی و مش موجود در آسیاب چکشی بر روی توزیع اندازه ذرات بدست آمده برای خرد کردن مواد زیست توده است.

مواد و روش‌ها

اندازه‌گیری پراکندگی ذرات خرد شده

همان طور که پیش از این اشاره شد، یکی از مهمترین ویژگی‌ها برای سنجش و ارزیابی کیفیت کار آسیاب، اندازه گیری پراکنش مواد خرد شده خروجی از آن هستند. از طرفی ابعاد این مواد، با توجه به استفاده‌ای که قرار است بعدا از آن بشود، حائز اهمیت است. لذا به وسیله چهار غربال با مش‌های ۱۰، ۱۶، ۳۰ و۵۰ (اندازه استاندارد آمریکایی) مطابق استاندارد ASTM پراکنش ابعاد ذرات خروجی اندازه‌گیری شدند (جدول۱).

جدول۱– ابعاد منافذ الک‌های مورد استفاده برای غربال‌گری مواد خرد شده بر اساس استاندارد(ASTM E-11-70 Part 41)

اندازه الک	۵۰	۳۰	۱۶	۱۰

قطر منافذ (میلی‌متر)	۰/۳	۰/۶	۱/۱۸	۲

جهت غربال کردن مطابق شکل ۱ به ترتیب از مش با اندازه های ۱۰ (سوراخ بزرگ) و ۱۶و ۳۰ و ۵۰ (سوراخ کوچک) بر روی هم استفاده شد و پراکنش ابعاد ذرات در ۳ تکرار اندازه‌گیری شد. با تکان دادن غربال‌ها مقدار کود باقیمانده روی مش ۱۰، ۳۰، ۱۶و ۵۰ توزین گردید. با توجه به مشخص بودن ابعاد مش‌ها، ابعاد ذرات باقیمانده روی غربال‌ها نیز مشخص می-شود (ASTM E-11-70 Part 41).

شکل ۱– الک‌های استاندارد مورد استفاده

برای بررسی عوامل مؤثر بر پراکنش ذرات دستگاه آسیاب چکشی سایشی، از دو ماده استفاده شد. ماده اول، پوست خشک و سخت گردو بود که ساختار چوبی و شکننده و با سختی نسبتا بالایی دارد. ماده دوم نیز کود گاو بود که نسبت به پوست چوبی گردو، نرم‌تر و با سختی پایین‌تری است. برای ارزیابی بهتر و دقیق‌تر تمام پارامترهای مواد ورودی به آسیاب اندازه‌گیری شدند. برای این منظور مواد همگی از مش ۴/۳ اینچی (۱۹/۰۵ میلیمتر) عبور داده شدند و تنها پوست گردو و ذرات کودی که از این مش عبور کردند، برای ورود به آسیاب انتخاب شدند. سپس مواد انتخاب شده، به دسته‌های مساوی ۵۰ گرمی تقسیم شدند تا جرم مواد ورودی به آسیاب برای تمامی آزمایشات مساوی باشد. از هر کدام از مواد، سه نمونه تصادفی نیز برای اندازه‌گیری رطوبت انتخاب شدند. جدول۲ داده‌های مربوط به اندازه‌گیری رطوبت می‌باشد.

جدول۲– رطوبت مواد زیست‌توده بر مبنای تر

رطوبت بر پایه تر	نمونه
٪۹/۹۷	پوست گردو ۱
٪۹/۹۸	پوست گردو ۲
٪۹/۹۵	پوست گردو ۳
٪۱۲/۱۷	کود گاو ۱

٪۱۲/۰۷	کود گاو ۲
٪۱۲/۲۰	کود گاو۳

پس از محاسبه رطوبت‌ها با استفاده از داده‌های بدست آمده، رطوبت پوست گردوهای ورودی به آسیاب بطور متوسط ٪۹/۹۷ بر پایه تر و رطوبت کود گاو به طور متوسط ٪۱۲/۱۷ اندازه‌گیری شد.

با توجه به محدودیت اندازه و شکل ورودی آسیاب، ورود مواد با اندازه‌های درشت منجر به پل زدن مواد و انسداد آنها در انتهای ورودی شده و از کیفیت کار کاسته شده و در نهایت موجب هدر رفتن انرژی می‌شوند. لذا طی چند آزمایش اولیه مواد با اندازه‌های مختلف وارد ورودی دستگاه شده و در نهایت مواد ریزتر از مش ۰/۷۵ اینچی مناسب این کار انتخاب شد. همان طور که قبلا نیز اشاره شد، اندازه مواد ورودی به آسیاب در کیفیت کار و میزان انرژی مصرفی آن دخالت دارد. در این آزمایش مش ورودی آسیاب برای همه نمونه‌ها ثابت در نظر گرفته شدند تا ارزیابی در شرایط یکسانی صورت بگیرد.
پس از انجام آزمایشات اولیه، به ترتیب هر یک از مواد با سه تکرار در شرایط مختلف آزمایش شده و پراکنش وزنی مواد خرد شده پس از غربال کردن آنها ثبت می‌شدند. پیوست ۱ میانگین سه تکرار در شرایط مختلف را نشان می دهد.

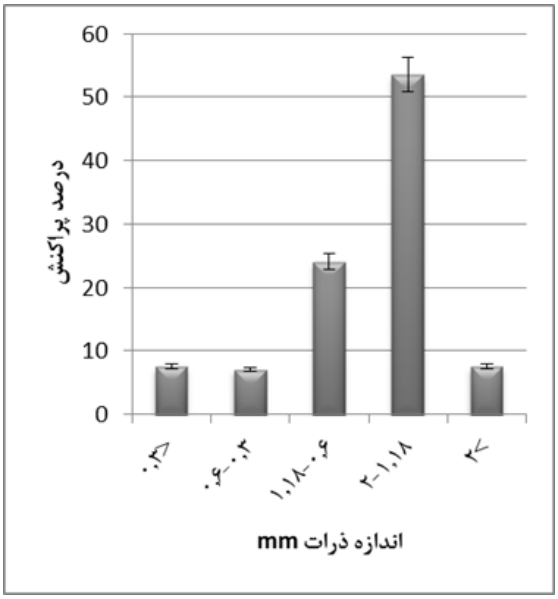
جدول ۳- میانگین سه تکرار درانجام آزمایشات

ماده	اندازه مش	سرعت دورانی (rpm)	درصد پراکنش ذرات	
پوست گردو	ریز	۱۴۰۰	mm./۳	۷/۱
			mm۰/۶	۲۴/۱
			mm۱/۱۸	۵۳/۶
			mm۲	۷/۶
پوست گردو		۲۰۰۰	mm./۳	۹/۲
			mm۰/۶	۲۶/۱
			mm۱/۱۸	۵۱/۴
			mm۲	۵/۵
پوست گردو		۲۸۰۰	mm./۳	۱۰/۳
			mm۰/۶	۲۷/۱
			mm۱/۱۸	۴۹/۴
			mm۲	۵/۱
پوست گردو	متوسط	۱۴۰۰	mm./۳	۲/۱

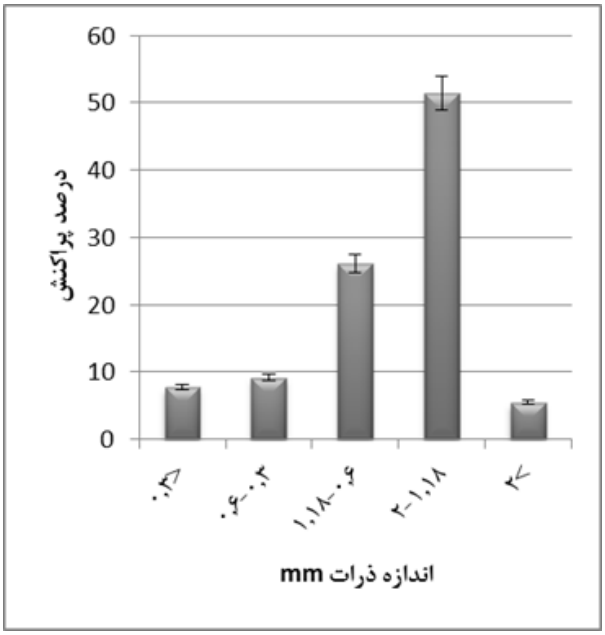
			mm۰/۶	۷/۸
			mm۱/۱۸	۴۴/۱
			mm۲	۴۱/۱
		۲۰۰۰	mm./۳	۲/۵
			mm۰/۶	۸/۸
			mm۱/۱۸	۴۳/۵
			mm۲	۴۰
		۲۸۰۰	mm./۳	۳/۶
			mm۰/۶	۹/۲
			mm۱/۱۸	۴۲/۲
			mm۲	۳۸/۲
پوست گردو	درشت	۱۴۰۰	mm./۳	۲/۲
			mm۰/۶	۴/۴
			mm۱/۱۸	۴۴/۷
			mm۲	۴۸/۵
		۲۰۰۰	mm./۳	۲/۷
			mm۰/۶	۵/۸
			mm۱/۱۸	۴۲/۹
			mm۲	۴۷
		۲۸۰۰	mm./۳	۳/۷
			mm۰/۶	۶/۶
			mm۱/۱۸	۴۰/۷
			mm۲	۴۶/۸
کود گاو	۱۴۰۰	ریز	mm./۳	۲۹/۷
			mm۰/۶	۲۲/۳
			mm۱/۱۸	۱۹/۸
			mm۲	۱۷/۵

نتایج و بحث

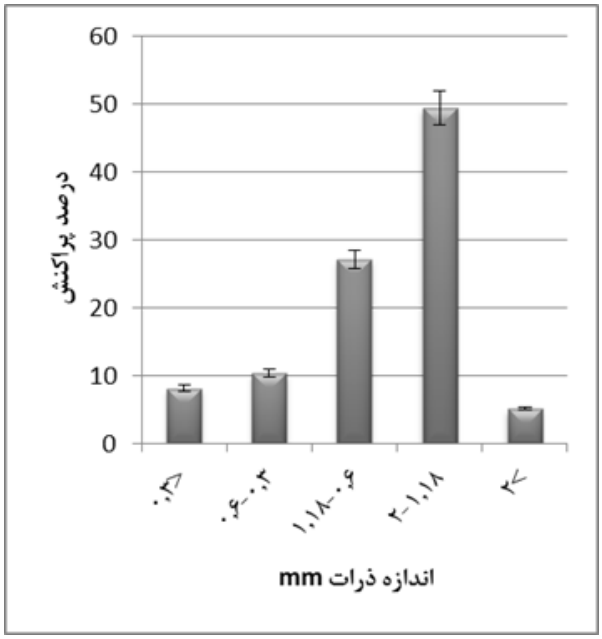
برای پی بردن به نتایج آزمایشات ، ابتدا بطور جداگانه نمودار پراکنش مواد پس از غربال شدن، در هر شرایط رسم می‌شود و در مرحله بعد، نمودارهای با یک فاکتور مشترک، با یکدیگر مقایسه و بحث می‌شوند. اشکال زیر نمودارهای درصد پراکنش مواد در شرایط مختلف را نشان می‌دهند.



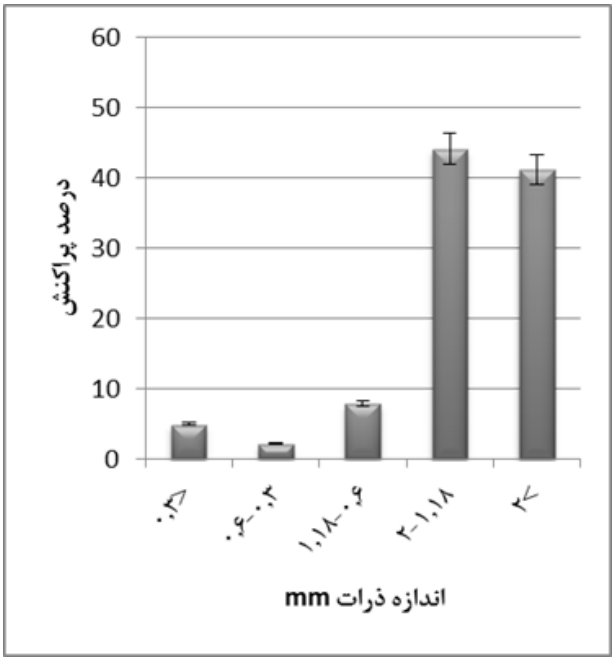
شکل ۲– درصدپراکنش اندازه پوست گردو آسیاب شده بامش ریز درسرعت ۱٤۰۰rpm



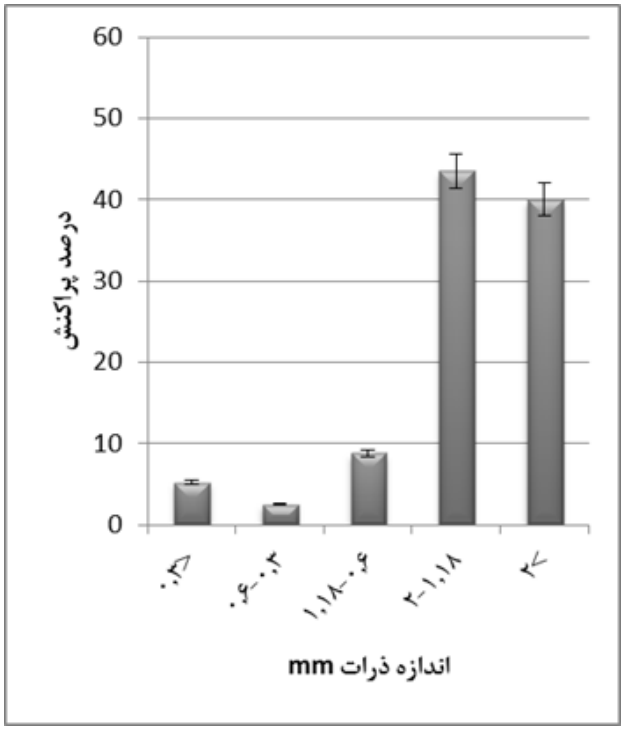
شکل۳– درصد پراکنش اندازه پوست گردو آسیاب شده با مش ریز در سرعت ۲۰۰۰rpm



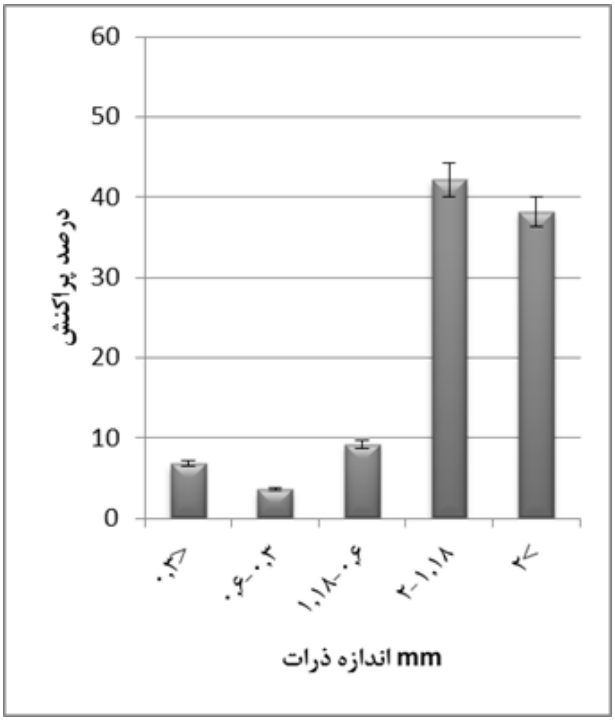
شکل ۴– درصدپراکنش اندازه پوست گردو آسیاب شده بامش ریز درسرعت rpm۲۸۰۰



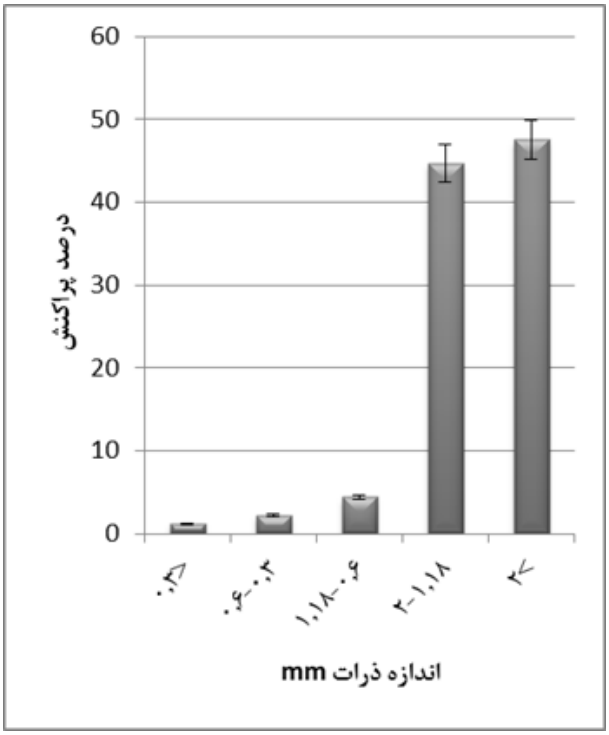
شکل۵–درصد پراکنش اندازه پوست گردو آسیاب شده با مش متوسط در سرعت rpm۱۴۰۰



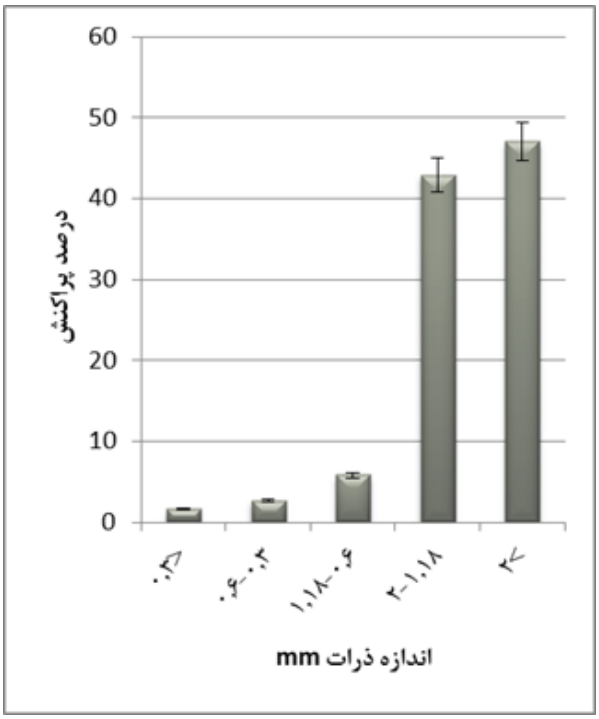
شکل۶- درصد پراکنش اندازه پوست گردو آسیاب شده با مش متوسط درسرعت ۲۰۰۰ rpm



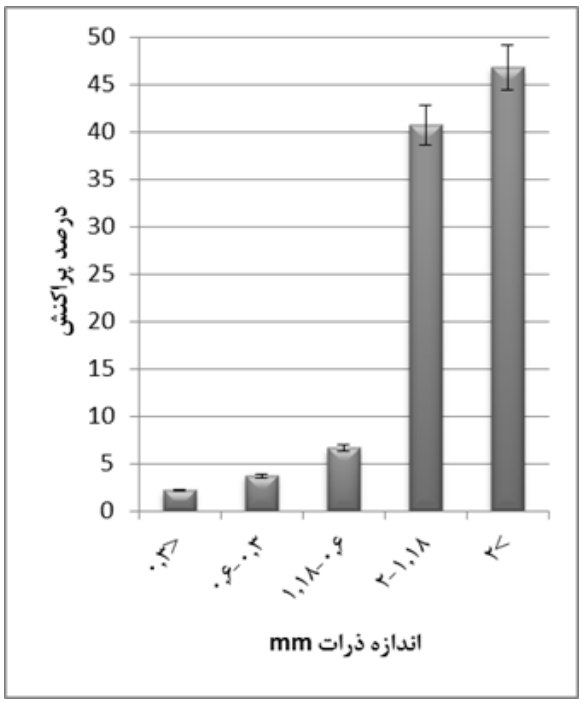
شکل۷- درصد پراکنش اندازه پوست گردو آسیاب شده بامش متوسط در سرعت ۲۸۰۰ rpm



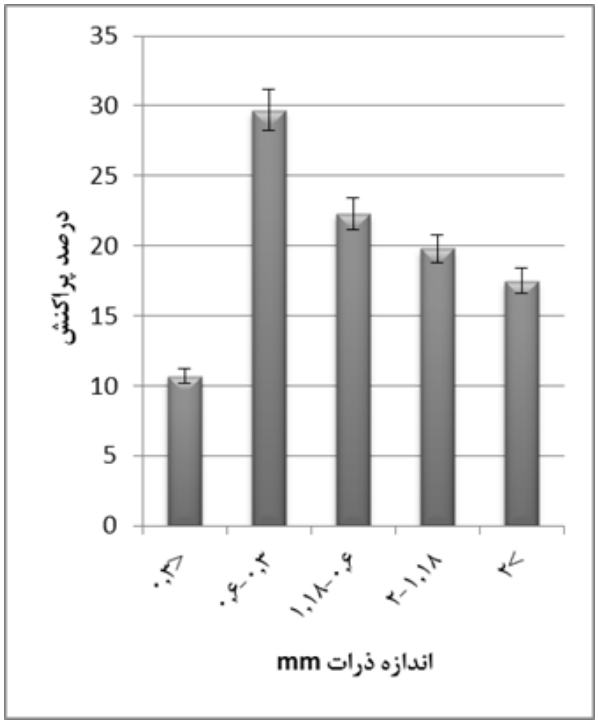
شکل۸- درصد پراکنش اندازه پوست گردو آسیاب شده بامش درشت در سرعت ۱۴۰۰ rpm



شکل۹- درصد پراکنش اندازه پوست گردو آسیاب شده با مش درشت درسرعت ۲۰۰۰rpm



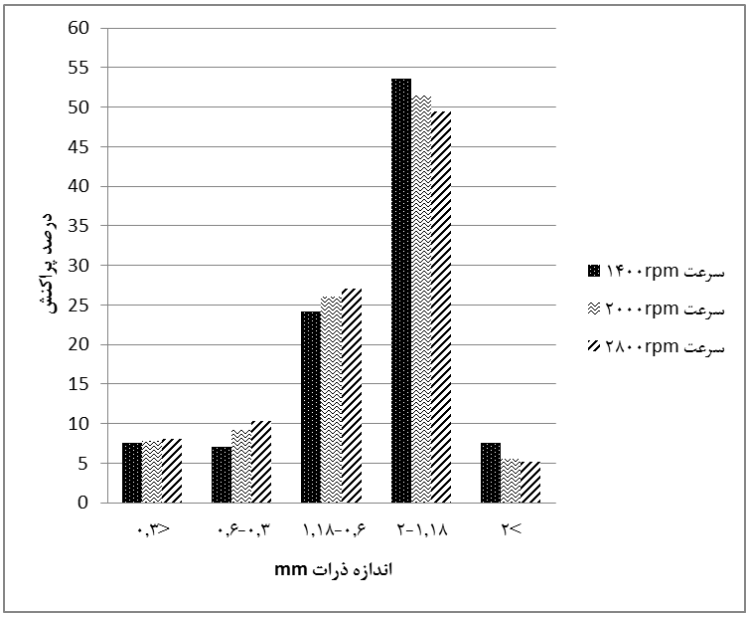
شکل ۱۰- درصد پراکنش اندازه پوست گردو آسیاب شده با مش درشت در سرعت ۲۸۰۰ rpm



شکل ۱۱- درصد پراکنش اندازه کود گاو آسیاب شده با مش ریز در سرعت ۱۴۰۰rpm

مقایسه درصد پراکنش در مش‌های مشابه و سرعت‌های مختلف

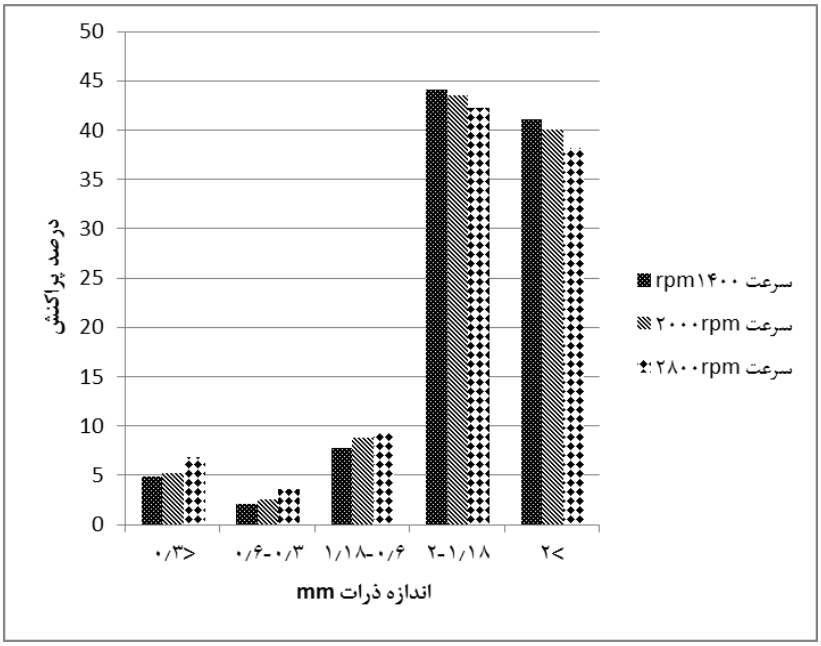
به منظور مقایسه بهتر و دریافت نتیجه مشخص از داده‌های بدست آمده، اشکال۲ تا ۱۱ که برای هر سرعت و مش به طور جداگانه ترسیم شده اند، با در نظر گرفتن یک خصوصیت مشترک بین هر کدام با یکدیگر مقایسه می‌شوند. ابتدا در شکل ۱۲ نمودار درصد پراکنش مواد خرد شده با مش خروجی ریز و سرعت‌های متفاوت رسم می‌شوند.



شکل۱۲- مقایسه درصد پراکنش اندازه ذرات پوست گردو آسیاب شده با مش ریز در سه سرعت مختلف

نمودارهای ترسیم شده در شکل ۱۲مبین این مطلب هستند که درصد پراکنش محصول خرد شده پوست گردو با مش ریز، در سرعت‌های مختلف تفاوت زیادی باهم ندارند. اگرچه درصد بیشتر مواد با اندازه بین ۰/۳ تا ۰/۶ میلیمتر در سرعت ۲۸۰۰ rpm نسبت به پراکنش در محصول در سرعت ۱۴۰۰ rpm نشان می‌دهد که در سرعت بالاتر، میزان خردشدگی محصول بیشتر بوده و این به دلیل بالاتر بودن نیروی ضربه‌ای حاصل از سرعت بالای گردش تیغه‌ها است.

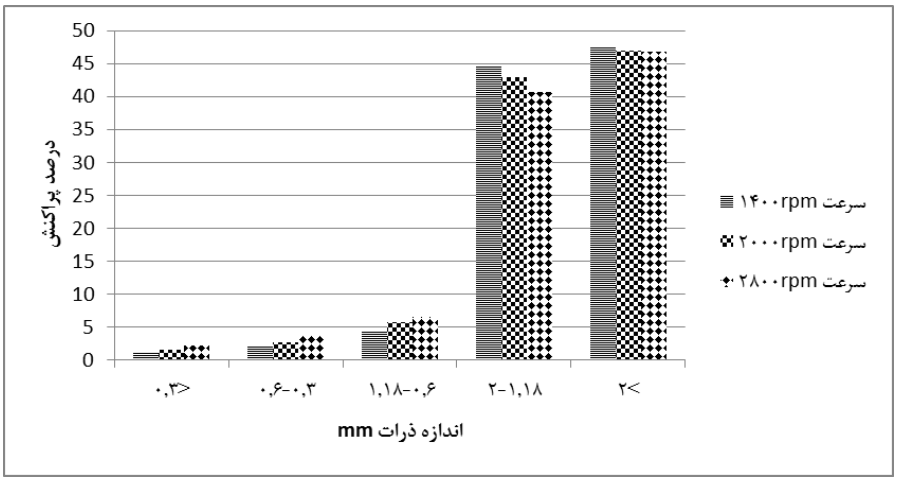
درصد پراکنش اندازه پوست گردوهای آسیاب شده با مش متوسط در سه سرعت مختلف در شکل ۱۳ نشان داده شده است.



شکل ۱۳- مقایسه درصد پراکنش اندازه پوست گردو آسیاب شده بامش متوسط درسه سرعت مختلف

از شکل ۱۳ مشخص است که هنگام آسیاب کردن پوست گردو با مش متوسط نیز، مواد در سرعت‌های بالای گردش محور تیغه‌ها در مقایسه با سرعت‌های پایین به نسبت بیشتری خرد می‌شوند. شاهد این نکته، درصد بالاتر پراکنش مواد در بین اندازه ۰/۳ و ۰/۶ میلیمتر در سرعت بالا و درصد کمتر آنها بین اندازه ۱/۱۸ تا ۲ میلیمتر در سرعت‌های پایین‌تر می‌باشد.

برای تکمیل مقایسات انجام شده در مورد پراکنش مواد در مش‌های مساوی، این نمودار برای پوست‌گردوهای خرد شده با مش درشت در سه سرعت متفاوت نیز در شکل ۱۴ ترسیم شده است.

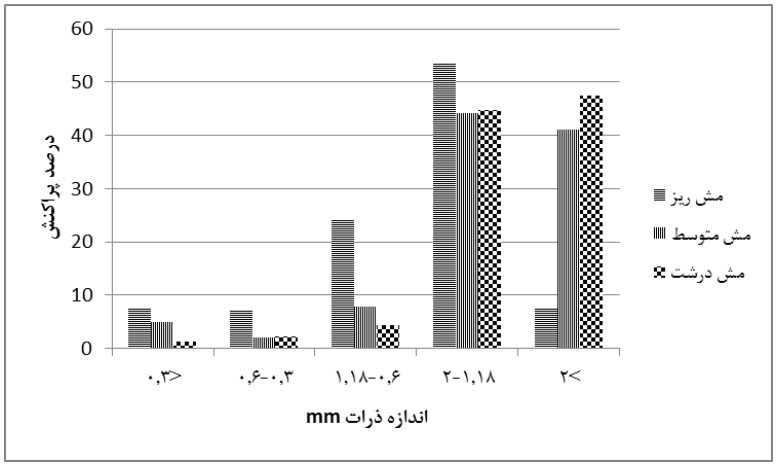


شکل۱۴– مقایسه درصد پراکنش اندازه پوست گردو آسیاب شده با مش درشت درسه سرعت مختلف

همانند نمودارهای۱۲ و ۱۳، در این نمودار نیز مشاهده می‌شود که در سرعت بالاتر، میزان خرد شدگی مواد بیشتر است.

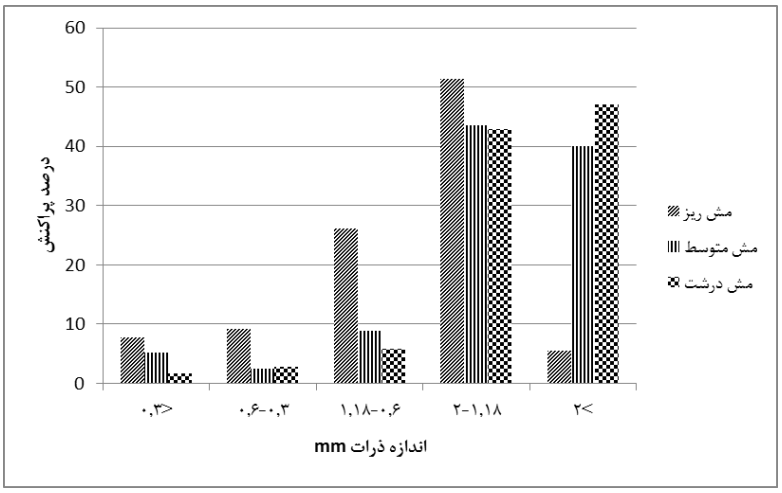
مقایسه درصد پراکنش در مش‌های مختلف و سرعت دورانی ثابت

تاثیر تغییر مش خروجی بر روی پراکنش مواد نیز، می‌تواند حائز اهمیت باشد. لذا با در نظر گرفتن سرعت دورانی ثابت، تغییرات پراکنش پوست گردو با مش‌های خروجی مختلف بررسی می‌شوند. ابتدا در شکل ۱۵ این نمودار برای سرعت ثابت ۱۴۰۰ rpm رسم شده است.

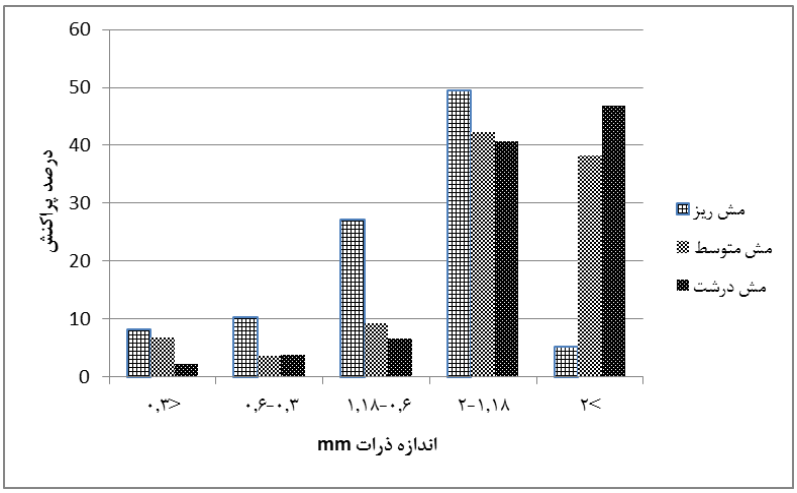


شکل۱۵– مقایسه درصد پراکنش پوست گردوآسیاب شده درسرعت ۱۴۰۰ rpm با سه مش مختلف

در این شکل مشخص است که مش ریزتر، موجب بیشتر خرد شدن مواد و پراکنش بیشتر آنها در اندازه‌های کوچکتر می‌شود. هرچند بزرگترین مش غربال مواد خرد شده پس از خروج از آسیاب، از کوچکترین مش خروجی آسیاب، کوچکتر است، اما هرچه مواد به خاطر رسیدن به اندازه مجاز برای عبور از مش خروجی، بیشتر داخل آسیاب می‌مانند، لاجرم مقدار مواد ریزتر شده نیز افزایش می‌یابد. در شکل ۱۶ و۱۷نمودار پراکنش پوست گردو خرد شده به ترتیب در سرعت ۲۰۰۰ و ۲۸۰۰ rpm ترسیم شده است.



شکل ۱۶- مقایسه درصد پراکنش پوست گردو آسیاب شده درسرعت ۲۰۰۰ rpm با سه مش مختلف

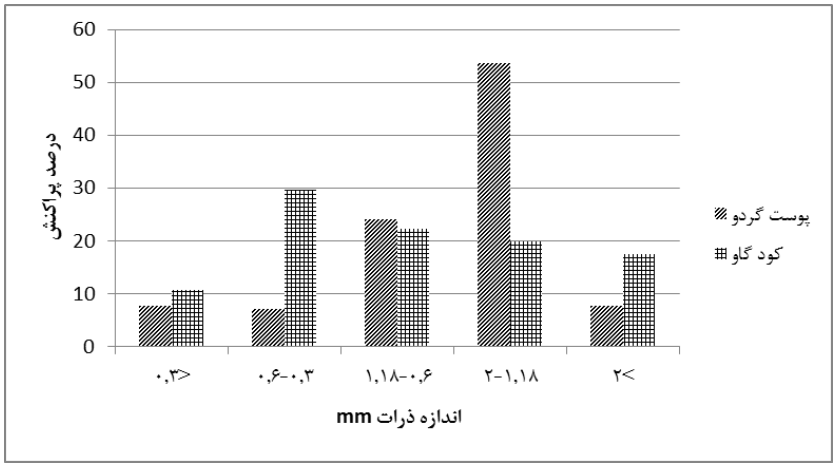


شکل۱۷- مقایسه درصدپراکنش پوست گردوآسیاب شده درسرعت ۲۸۰۰ rpm با سه مش مختلف

نتایج به دست آمده از مقایسه میزان پراکنش مواد در سرعت‌های برابر و مش‌های متفاوت، در سرعت ۲۰۰۰ و ۲۸۰۰ rpm نیز مانند نتایج بدست آمده در سرعت ۱۴۰۰ rpm بوده و نمودارها ی بدست آمده نیز شباهت زیادی به هم دارند.

مقایسه پراکنش پوست‌گردو و کود گاوی خرد شده در شرایط کاملا مساوی

برای بررسی تاثیر سختی ماده ورودی بر روی میزان پراکنش آن، دو ماده پوست گردو و کود گاو در شرایط عملکردی یکسان دستگاه، یعنی مش ورودی ریز و سرعت ۱۴۰۰ rpm پس از خرد شدن مقایسه شدند که نمودار آن در شکل ۱۸ نشان داده شده است.



شکل۱۸– مقایسه پراکنش پوست گردو و کود گاو خرد شده درشرایط فیزیکی مساوی آسیاب

نمودار موجود در شکل ۱۸ نشانگر این موضوع است که ماده با سختی فیزیکی کمتر (کود گاو) با وجود اینکه مدت زمان کمتری را نسبت به ماده سخت‌تر (پوست گردو) داخل آسیاب و درگیر با تیغه‌های آن بوده است، میزان خرد شدگی آن بسیار بیشتر بوده است. بطوری که حداکثر پراکنش اندازه ذرات کود گاو پس از خرد شدن با مش ریز و در سرعت ۱۴۰۰ rpm بین ذرات ۰/۳ و ۰/۶میلیمتر است، در حالی که پوست گردوها در همین شرایط، بیشتر به اندازه ۱/۱۸ تا ۲ میلیمتر خرد شده اند.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان دادند که افزایش سرعت دورانی محور آسیاب موجب ریزتر شدن اندازه مواد در یک مش برابر می‌شود و درصد پراکنش مواد در مش‌های ریزتر افزایش می یابد. از طرفی در یک سرعت دورانی برابر، همان‌طور که انتظار می‌رفت، درصد پراکنش مواد ریزتر در مش کوچکتر، بیشتر خواهد بود. میزان خرد شدن مواد زیست توده با میزان سختی مواد نسبت عکس دارد.

منابع و مآخذ

1. Badger, P.C., 2002. Processing cost analysis for biomass feedstocks Report No. ORNL/TM-2002/199. U.S. Department of Energy. Office of Energy Efficiency and Renewable Energy. Biomass Program.
2. Conner. E. 2007. The integrated forest bio refinery: the pathway to our bio future. In: International chemical recovery conference: efficiency and energy management, Quebec city, QC,. 323-327p.
3. Kaliyan, N. and R. V. Morey. 2006, Densification characteristics of corn stover and switchgrass. ASAE Paper No. 066174. St. Joseph, Mich.: ASABE.
4. Kastberg S., C. Nilsson. 2002. Combustion Optimization Study of Biomass Powder, SLU.
5. Mani, S., L.G. Tabil and S. Sokhansanj. 2004. Grinding performance and physical properties of wheat and barley straws, corn stover and switchgrass. Biomass and Bioenergy 37: 339-352.

6. Orts W. J.,Holtman K.M., and seiber J.N., 2008, Agriculture chemistry and Bioenergy, J. Agricul. Food chem., 56 3892-03899, 2008.
7. Ryu, C., Y.B. Yang, A. Khor, N.E. Yates, V.N. Sharifi and J. Swithenbank. 2006. Effect of fuel properties on biomass combustion: Part I. Experiments-fuel type, equivalence ratio and particle size. Fuel 85:1039-1046.
8. Spinelli, R. and B. Hartsough. 2001. A survey of Italian chipping operation. Biomass and Bioenergy. 21:433-444.

Investigation of rotational speed and mesh size of hammer mill on particle size distribution

Abstract

Biomass materials can be considered and used as an alternative source of energy, feed, fertilizer and other applications. Each biomass material needs pretreatments based on their basic nature and final product. Grinding is one of the necessary steps for almost all biomass materials in order to reduce material size to produce final product. In this paper, the walnut shells were crushed by grinding and the size distribution of the crushed material was determined. The materials were grinded at three rotational speed (1400, 2000 and 2800 rpm) and three different meshes (2.5, 4 and 5 mm). Cow manure was also grinded at 1400 rpm and compared with walnut shell, grinded at the same conditions. The results showed that the size of the grinded materials decreases by increasing of rotational speed and the percentage of the material size distribution increases by decreasing the mesh size.

Keywords: biomass, material dispersion, mill, manure, walnut shell