طراحی‌وساخت دستگاه غربال‌دوار (ترومل) برای مواد زیست‌تودهٔ پودری شکل و تعیین حداکثر بازدهی

فرشید آقاجانی*[۱]، فرزین عباسی[۱]، محمدحسین کیان‌مهر[۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، گروه فنی کشاورزی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، F.aghajani@ut.ac.ir
۲- استاد گروه فنی کشاورزی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

چکیده

امروزه در دنیا حفظ محیط زیست، مدیریت پسماند و بازیافت ضایعات در بخش شهری و کشاورزی از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. کمپوست یکی از مهمترین محصولاتی است که با اعمال فرآوری از ضایعات تولید شده در کشاورزی و پسماندهای شهری بدست می‌آید. تجهیزاتی که برای فرآوری کمپوست به کار گرفته می‌شوند، جهت کمک در مصرف بهینه و مناسب از این مواد دارای اهمیت هستند. ترومل نوعی الک دوار می‌باشد که جهت فرآوری کمپوست درمراحل بعدی با اندازه‌بندی مواد می‌تواند مؤثر واقع گردد. این تحقیق با هدف طراحی و ساخت یک غربال دوار (ترومل) برای مواد زیست‌توده انجام گرفت و همچنین دستگاه در یک طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار مورد ارزیابی قرار گرفت. زاویهٔ تمایل استوانه‌ی دستگاه و نرخ ورودی مواد به داخل استوانه ثابت و بدون تغییر در حین آزمایش بودند. سرعت دورانی استوانه در ۵ تیمار مختلف با تعداد دورهای ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ دور بر دقیقه تغییر یافت. نتایج بدست آمده نشان داد بیشترین بازدهی برای ذره‌ی مطلوب ۹۲ درصد بوده است و در سرعت ۳۵ دور بر دقیقه بدست آمده است.

واژه‌های کلیدی: بازده الک دوار، ترومل، فرآوری کمپوست، مدیریت پسماند.

مقدمه

به جهت نقش زیست‌توده‌ها در سلامت بشر و حفاظت از محیط زیست، امروزه استفاده از آنها به شکل کود آلی در کشاورزی امری اجتناب‌ناپذیر است. اهمیت این موضوع با در نظر گرفتن این نکته که استفاده از زیست توده‌ها در کشور تنها راه نجات خاک‌های آلوده‌شده با مواد شیمیایی می‌باشد، دو چندان می‌شود. خطراتی مانند از دست دادن خاک، تضعیف عملکرد خاک و ناسالم بودن محصولات کشاورزی و در پی آن ایجاد برخی امراض در جوامع بشری، اکنون به مسائل مورد بحث روز در دنیا تبدیل شده است. استفاده از مواد زیست‌توده در کشاورزی جهت رفع این مشکلات، روش خوبی برای دوری از این تهدیدات می‌باشد. و همچنین کنترل و مدیریت پسماند و بازیافت ضایعات شهری و کشاورزی جهت رسیدن به اهداف مذکور مناسب‌ترین گزینهٔ موجود به شمار می‌رود. بنابراین زیست‌توده‌ها را به عنوان کودهای آلی می‌توان جایگزین کودهای شیمیایی کرد. بدین منظور، فرآیندهایی برای فرآوری زیست‌توده انجام می‌شود تا محصول قابل استفاده‌ای از آنها تولید شود.

زیست‌توده یا بیوماس[1] به عنوان یک منبع انرژی تجدیدپذیر، به مواد بیولوژیکی اطلاق می شود و شامل موادی از قبیل کودهای حیوانی و بقایای گیاهی می‌باشند که از آنها برای تولید کودهای آلی ارگانیک و نیمه ارگانیک استفاده می‌شود (Basu 2010). به منظور پیش‌بینی، طراحی و ساخت دستگاه‌های مورد نیاز در زمینه‌ی تولید کمپوست و مواد فرعی(جانبی) آن همچون پلت و گرانول لازم است جهت کنترل دقیقتر، افزایش راندمان تولید و بهینه‌سازی خواص محصول تولیدی، از یک سیستم جداسازی (برای کنترل اندازه ذرات مواد) استفاده شود. برای جداسازی این مواد بر اساس اندازهٔ دانه نیاز به دستگاهی است که با توجه به خواص ذرات، آنها را جداسازی نموده و در اندازه‌های مورد نظر از همدیگر تفکیک کند.

غربال‌گری دوار به عنوان یک روش جداسازی مورد قبول در زمینهٔ فرآیندهای بازیابی منابع در حال پیشرفت است. استفاده از این غربال‌های دوار که در اصطلاح «ترومل[2]» نامیده می‌شوند، در فرآوری مواد زائد جامد به سال ۱۹۲۸ میلادی برمی‌گردد. همچنین سابقهٔ استفاده از ترومل‌ها در تفکیک مواد معدنی بیش از چهار قرن می‌باشد(Alter, Gavis et al. 1981). قنبری و همکاران در سال ۱۳۸۷ طی انجام پژوهشی بر روی مواد دانه‌ای، پارامترهای موثر بر حرکت و زاویهٔ استقرار آن ها را در استوانه‌های دوار مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق تاثیر قطر، درجه پرشدگی و سرعت دورانی استوانه دوار روی زاویه استقرار بالا و پایین بررسی و مطالعه گردید (قنبری، ۱۳۸۷). در تحقیق دیگری «لیو و همکاران» در سال ۲۰۰۸ به بررسی عددی حرکت ذرات با ابعاد مشخص در یک استوانه دوار کوتاه با استفاده از روش المان گسسته[3] پرداختند. دیواره‌ی کناری استوانه از شکاف هایی با فواصل مساوی و با عرضی به اندازه‌ای برابر با قطر دو ذره تشکیل شده بود، یکی از دیواره های انتهایی استوانه ثابت بوده و

[1] **Biomass**
[2] **Trommel**
[3] **Discrete element method**

دیگری به همراه دیواره‌ی کناری در حال چرخش بود. در این تحقیق تأثیر سرعت چرخش در حرکت مواد و زمان استقرار مواد در استوانه بررسی شد. نتایج نشان داد که با تعیین سرعت چرخشی بحرانی، در سرعت های پایین تر از این سرعت، گیر کردن مواد در سوراخ‌های غربال و زمان استقرار آنها به شدت افزایش یافت (Liu, Ge et al. 2008). «چینگ فانگ لی و همکاران» در سال ۲۰۱۲ به این نتیجه رسیدند که تفکیک مواد گرانولی در حال جریان در یک استوانهٔ دوار، به خواص مواد و اصطکاک دیواره وابسته است. در این تحقیق از دو دیوارهٔ استوانه با زبری های مختلف جهت توصیف بهتر تأثیر اصطکاک دیواره ها استفاده شده است (Yang, Yu et al. 2008).

این تحقیق با هدف طراحی و ساخت دستگاه جداساز دوار برای اندازه‌بندی مواد زیست توده جهت فرآوری این مواد به کودهای زیستی که مورد استفاده در کشاورزی هستند، در پردیس ابوریحان دانشگاه تهران انجام گردیده است.

مواد و روش‌ها

تئوری تحقیق

اندازه‌بندی ذرات در ترومل (استوانه‌های دوار) زمانی عملی می‌شود که اندازهٔ چشمه در واحد سطح (مش[1]) آن بزرگتر از اندازهٔ ذرات باشند تا مواد ریزتر اجازهٔ عبور از چشمه را داشته باشند. جهت محاسبهٔ شرایط ایده‌آل در غربالگری ذرات می‌بایست سرعت ذرات و رفتار مواد در این نوع سیستم‌ها را بررسی کرد (Chen, Hsiau et al. 2010).

مدل تحلیل سرعت مواد در ترومل

همانطور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود سرعت حرکت ذره (V) بر روی دیوارهٔ استوانهٔ دوار به دو مؤلفهٔ عمودی(V_n) و افقی (V_r) تجزیه می‌گردد. θ زاویهٔ بین خط عمودی و سرعت حرکت V می‌باشد. V_n و V_r از روابط ۱ و ۲ بدست می‌آیند.

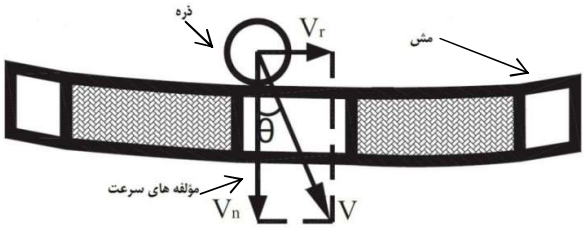
$$V_n = V \cos\theta \qquad (۱)$$

$$V_r = V \sin\theta \qquad (۲)$$

ابتدا حالتی که اندازهٔ ذرات از اندازهٔ چشمه کوچکتر باشد بررسی می‌شود. اگر سرعت عمودی با اختلاف زیادی بیشتر از سرعت افقی باشد، ذرات از چشمه‌های استوانه عبور خواهند کرد. اما در صورتی که سرعت افقی خیلی بیشتر از سرعت عمودی باشد مواد

[1] Mesh

به حرکت خود در استوانهٔ دوار ادامه خواهند داد. همچنین مواد با اندازهٔ بزرگتر از چشمه نیز در استوانه باقی خواهند ماند(Chen, Hsiau et al. 2010).



شکل ۱. رابطهٔ بین سرعت ذرات و عملکرد الک (ذره قبل از عبور از الک که بر روی قسمتی از بدنه‌ی استوانه قرار دارد)

پس از تعیین حداکثر ابعاد مواد خروجی و ثابت شدن اندازهٔ سوراخ‌های الک، لازم است تعداد دفعات غربال‌گری مواد محاسبه گردد. محاسبهٔ تعداد برخوردهای لازم کار مشکلی در بحث احتمال به حساب می‌آید. این عدد تابع توزیع تجمعی می‌باشد که بصورت کسری از مواد عبوری از الک همانند رابطهٔ ۳ بیان می‌شود.

$$P = [1 - \frac{d}{a}]^2 Q \qquad (۳)$$

در رابطه ۳، P بیان گر احتمال عبور ذرهٔ کروی شکل با قطر d از سوراخ الک با مقطع دایره و با قطر a می‌باشد. و فاکتور Q عبارت از نسبت سطح سوراخ به سطح کل الک است. طبق تأیید "گاودین" نیز این مقدار احتمال کمینهٔ احتمال می‌باشد، به طوری که از عکس العمل دیواره های سوراخ صرف نظر کنیم(Alter, Gavis et al. 1981) .

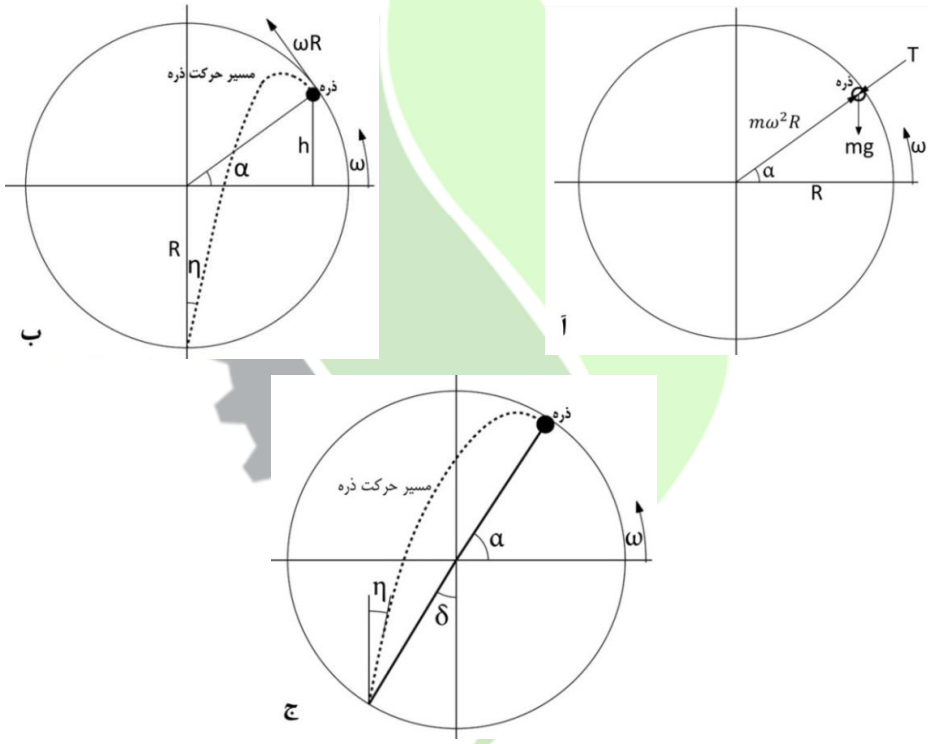
مدل دینامیکی

نحوه‌ی حرکت مواد ذره‌ای در استوانه‌ی دوار به هنگام اندازه‌بندی با ترومل دارای اهمیت می‌باشد که به مدهای حرکتی مواد معروف هستند. این مدها عبارتند از؛ سرشی[۱]، موجدار[۲]، ریزشی[۳]، غلتشی[۴]، آبشاری[۵]، آبشاری خروشان[۶] و گریز از مرکز[۷]. با افزایش

[1] Sliding
[2] Surging
[3] Slumping
[4] Rolling
[5] Cascading
[6] Cataracting
[7] Centrifuging

سرعت دورانی استوانه‌ی ترومل، عملکرد حرکت ذرات تغییر می‌یابد. در این پژوهش مدهای ریزشی، آبشاری خروشان و گریز از مرکز بررسی شدند.

حرکت چرخشی استوانه و همچنین زاویهٔ شیب افقی آن منجر به ایجاد برخوردهایی بین مواد تغذیه شده درون ترومل و سطح الک گردید. تعداد برخوردهای تودهٔ ذرات بستگی به مدت زمان قرارگیری توده درون استوانه داشته و تابعی از ابعاد ترومل، سرعت چرخشی و زاویهٔ شیب آن به حساب می‌آمد. پارامترهای دارای اهمیتی که مربوط به دینامیک ذرات در ترومل هستند توسط چن و همکاران در سال ۲۰۱۰ مورد بررسی قرار گرفتند. این پارامترها، زاویهٔ قرارگیری ذرات در استوانه (زاویهٔα) و همچنین مسیر حرکت ذرات[1]، که در دو حالت کلی بیان می‌شود، می‌باشند. شکل۲ نحوهٔ نمایش این دو پارامتر را نشان می‌دهند .(Chen, Hsiau et al. 2010)



شکل ۲. آ) زاویهٔ رانش – ب و ج) مسیر حرکت ذرات در دو حالت مختلف

در شکل ۲، R و ω به ترتیب شعاع و سرعت دورانی استوانه هستند. معرفی پارامترهای دیگر شکل به صورت زیر است:

T: نیروی عکس‌العمل استوانه به ذره (N)

ωR : سرعت خطی ذره (m/s)

[1] **Flight Trajectory**

mg: نیروی وزن ذره (N)

$m\omega^2 R$: نیروی گریز از مرکز (N)

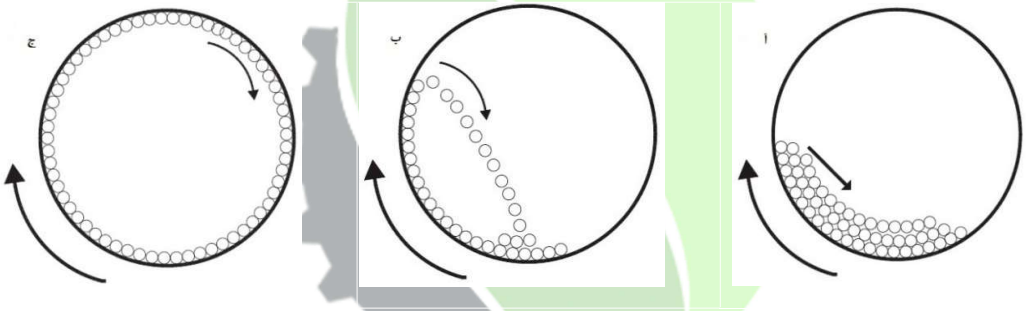
α: زاویه‌ی رانش (زاویه‌ی موقعیت ذره – زاویه‌ی بین خط واصل ذره و مرکز(شعاع) استوانه با قطر افقی استوانه) (°)

h: ارتفاع ذره از موقعیت خود تا قطر افقی استوانه (m)

δ: زاویه‌ی بین خط واصل مسیر ذره با قطر عمودی استوانه(°)

η: زاویه‌ی بین خط مماس بر مسیر با خط عمودی پس از طی مسیر

به هنگام کم بودن سرعت دورانی استوانه مدحرکتی ریزشی رخ داد. در این مد ذرات در قسمت زیری استوانه پس از اینکه به سمت بالا برده شدند به سمت پایین ریزش می‌کنند. این حالت مشابه سقوط بهمن است(شکل ۳–الف). پدیدهٔ ریزش بستگی به سرعت دورانی، اندازهٔ ذرات و قطر استوانه دارد. با افزایش سرعت دورانی استوانه، مکانیزم حرکتی از حالت ریزشی به حالت آبشاری خروشان تبدیل شد. این افزایش سرعت باعث بوجود آمدن حرکت آبشاری خروشانی در ذرات می‌گردید. که سبب جدا شدن بعضی از ذرات از استوانه می‌شد(شکل ب–۳). حرکت ذرات در این حالت به شرایط جریان آشفته می‌پیوندد. در حرکت آبشاری خروشان بازده جداسازی ذرات بیشتر از حالت ریزشی بود. با افزایش دوبارهٔ سرعت دورانی جریان گریز از مرکز در ذرات بوجود می‌آمد. در این حالت به دلیل چسبیدن ذرات به دیوارهٔ استوانه، بازده جداسازی مواد کاهش می‌یافت(شکل ج–۳).

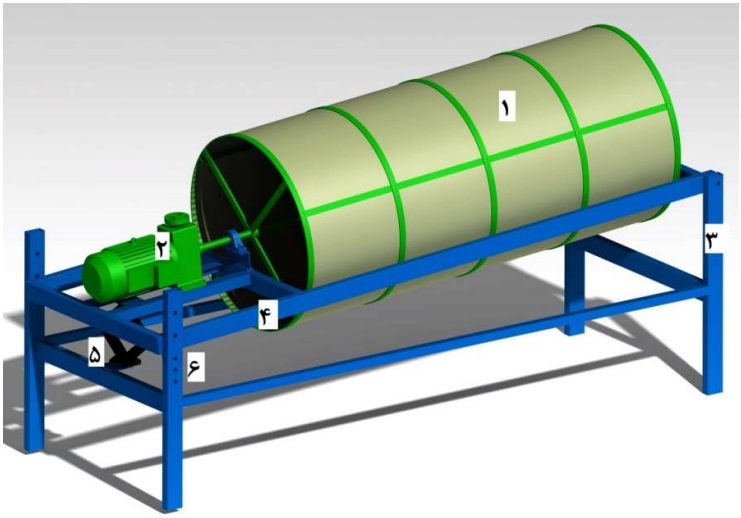


شکل ۳. نوع حرکت ذرات در داخل استوانهٔ دوار (آ– ریزشی، ب– آبشاری خروشان، ج– گریز از مرکز)

طراحی و ساخت دستگاه غربال دوار(ترومل)

ابتدا مدل سه بعدی دستگاه در نرم افزار CATIA V5R20 طراحی گردید که در شکل ۴ نشان داده شده است. سپس مراحل ساخت آن در کارگاه گروه مهندسی فنی کشاورزی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران مطابق نقشه‌های طراحی شده صورت گرفت. شاسی این دستگاه از دو قسمت قابل تفکیک از هم ساخته شده است. بطوری که یک قسمت از شاسی که یک جک مکانیکی بر آن سوار شده است وظیفهٔ تنظیم شیب استوانه را دارد. استوانه به طول ۲ متر و قطر ۸۷ سانتی متر که دور آن را توری چشمه ۱۸ (اندازه استاندارد آمریکایی مطابق استاندارد ASTM که دارای منافذ به قطر ۱ میلی‌متر است.) احاطه کرده است، ساخته شد. شافت از وسط استوانه عبور کرده و به سیستم انتقال قدرت متصل شده است. برای تأمین نیروی لازم از یک الکتروموتور سه فاز با توان ۰/۷۵ کیلو وات و با سرعت ۱۳۹۰ دور بر دقیقه استفاده شده است. یک جعبه دنده با دور متغیر جهت کاهش دور موتور (محدوده‌ی

سرعت از ۴ تا ۱۰۰ دور بر دقیقه)، از یک سر به موتور و از انتهای دیگر به شافت حامل استوانه متصل شده است. شکل ۵ تصویر تکمیل شدهٔ دستگاه ترومل را نشان می‌دهد.



شکل ۴. نمای ایزومتریک دستگاه طراحی شده در نرم افزار CATIA V5R20

شکل ۵. نمای کلی از دستگاه ساخته شده

قسمت های مختلف دستگاه که در شکل ۴ و ۵ شماره گذاری شده اند، عبارتند از:

۱. استوانهٔ دوار؛

۲. الکتروموتور و جعبه دندهٔ قابل تنظیم؛

۳. شاسی اصلی؛

۴. شاسی قابل تنظیم؛

۵. جک مکانیکی جهت تغییر شیب استوانه؛

۶. قسمت مدرج شاسی اصلی برای تثبیت شیب استوانه.

طرح آزمایش

موادی که توسط ترومل اندازه‌بندی شد، کمپوست تشکیل شده از مخلوط کود گاو با موادی همچون شاخه‌های نازک و برگ درختان و چمن و یا سایر بقایای گیاهی بود. این مواد در شرایط استاندارد توسط دستگاه کمپوست ساز به کمپوست تبدیل شده و برای استفاده در کشاورزی به کار می‌رود. دستگاه کمپوست‌ساز از نوع بستر ثابت با هوادهی و آبپاشی منظم جهت تولید کمپوست طراحی و ساخته شده است. برای محاسبهٔ بازده ترومل ابتدا لازم است توزیع اندازهٔ ذرات در داخل کمپوست اندازه‌گیری شود. لذا یک الک آزمایشگاهی از توری مشابه استفاده شده در ترومل، ساخته شد تا خطای آزمایش به حداقل برسد. نمونه‌هایی از مواد توسط این الک بصورت دستی اندازه‌بندی شدند تا درصد مواد عبور شده از الک بدست آید. نمونه‌گیری مواد به این صورت بود که ۸ نمونهٔ مختلف و تقریباً هم وزن از نقاط متفاوت کمپوست انتخاب شد. پس از الک کردن، وزن مواد ریز و درشت نمونه‌ها توسط ترازوی دیجیتالی اندازه‌گیری شدند. با محاسبهٔ نسبت وزن مواد ریز به وزن کل نمونه، درصد موادی که اندازهٔ ذرات آن کوچکتر از ۱ میلی‌متر هستند بدست آمد.

شکل ۶. نحوه‌ی اندازه‌گیری توزیع اندازه‌ی ذرات مواد

با توجه به اینکه رطوبت مواد فاکتور مؤثری در غربالگری مواد می‌باشد، رطوبت کمپوست بر مبنای تر اندازه‌گیری شد. برای تعیین محتوای رطوبت اولیه کمپوست نمونه ۱۰۰ گرمی از کمپوست طبق استاندارد ASAE S358.2 در داخل آون ساخت شرکت

آبی‌آسا با دمای ۱۰۳±۳°C به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد. محتوای رطوبت طبق رابطه‌ی ۴ بر پایه‌ی تر سنجیده شد (ASAE Standards. 1998. S269.4).

$$M_{w.b.}\% = \frac{w_w}{w_t} \times 100\% = \frac{w_w}{w_w + w_d} \times 100\% \qquad (۴)$$

که در این رابطه:

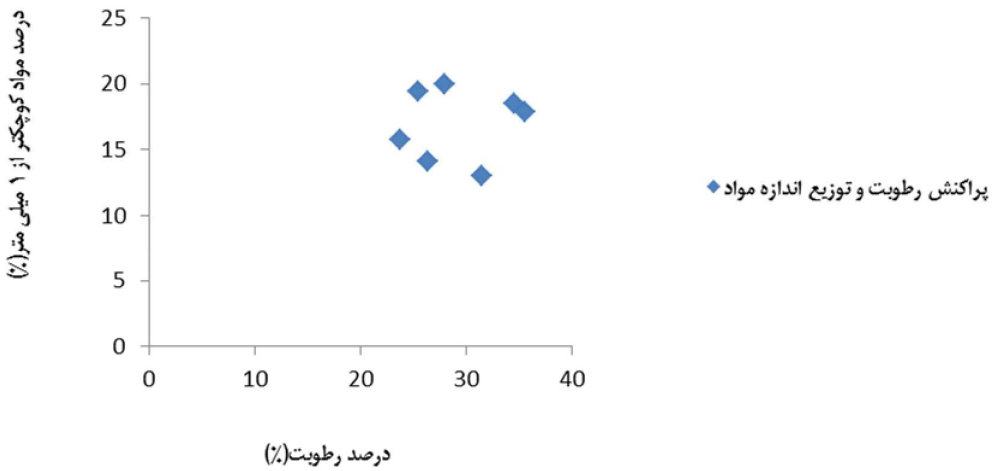
w_t= وزن کل کمپوست (gr)؛ $M_{w.b.}$= رطوبت کمپوست بر مبنای تر(٪)؛

w_d= وزن ماده خشک موجود در کمپوست (gr)؛ w_w= وزن آب موجود در کمپوست (gr).

برای انجام آزمایش‌ها، از طرح کاملاً تصادفی استفاده شد. آزمایشات با تغییر سرعت دوران ترومل در دورهای ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰ دوربردقیقه در سه تکرار انجام شدند. در تمام آزمایش‌ها شیب استوانه با زاویه‌ی ۴ درجه و نرخ تغذیه‌ی مواد با نرخ ۱۰ کیلوگرم بر دقیقه تنظیم شدند. در هر آزمایش مقدار مشخصی از کمپوست را وزن کرده و با توجه به نرخی که باید مواد تغذیه شود، زمان آزمایش به کمک کرنومتر کنترل گردید. پس از پایان هر آزمایش مواد عبور شده از توری جمع آوری شده و وزن گردید. با مقایسهٔ نسبت این مقدار به کل مواد و توزیع اندازهٔ ذرات بازده در آن حالت بدست آمد. بنابراین صفت اندازه‌گیری شده در آزمایشات بازده ترومل می‌باشد. نتایج حاصل از اثر سرعت دورانی ترومل بر روی بازده جداسازی دستگاه، در نرم افزار Design Expert 6 تجزیه و تحلیل شد. مقایسه‌ی میانگین به روش دانکن انجام گرفت و مقادیر حداکثر و حداقل آن در نمودارهای رسم شده در نرم‌افزار Microsoft Excel 2010 ارائه گردید.

نتایج و بحث

پراکنش توزیع اندازه ذرات و همچنین توزیع محتوای رطوبتی مواد در شکل ۶ نشان داده شده است. با توجه به این نکته که رطوبت مواد در قسمت های مختلف مواد یکسان نبوده، و به تبع آن دارای توزیع متفاوتی از نظر ریزی و درشتی داشت لذا برای هر یک از این پارامترها مقادیر میانگین را در نظر می‌گیریم.



شکل ۷. پراکنش محتوای رطوبتی و اندازهٔ مواد در قسمت های مختلف مواد

بررسی توزیع اندازهٔ ذرات کمپوست نشان داد که بطور میانگین اندازهٔ ۱۷ درصد مواد کوچکتر از ۱ میلی‌متر بوده است. این درحالی است که میانگین رطوبت کمپوست بر مبنای تر ۳۰ درصد اندازه‌گیری شد. اگر در حین آزمایش این مواد با توزیع اندازه و رطوبت مذکور به ترومل تغذیه شود در صورت بازده صد درصد دستگاه مقدار موادی که از الک خارج می‌شود[1] بایستی ۱۷ درصد وزن موادی باشد که به دستگاه وارد می‌شود. لذا سعی بر آن شده است تا با تغییر در سرعت چرخش استوانه به بازدهی حداکثر برسیم. در جدول ۱ مقدار موادی که از توری دستگاه عبور کرده اند در دورهای مختلف دستگاه ثبت شده‌اند.

[1] **Undersize materials**

جدول ۱. مقادیر وزن شده برای محاسبهٔ بازده دستگاه تومل در ۵ سرعت دورانی مختلف

سرعت استوانه (rpm)	تکرار اول		تکرار دوم		تکرار سوم	
	وزن کل نمونه (گرم)	وزن مواد عبوری (گرم)	وزن کل نمونه (گرم)	وزن مواد عبوری (گرم)	وزن کل نمونه (گرم)	وزن مواد عبوری (گرم)
۲۰	۵۳۸۷	۶۹۰	۵۲۸۴	۶۵۵	۵۶۷۴	۷۱۵
۲۵	۵۶۸۷	۷۷۳	۵۳۸۴	۷۳۲	۵۵۵۴	۷۲۲
۳۰	۵۴۲۹	۸۱۴	۵۷۳۱	۸۳۷	۵۵۳۹	۸۲۰
۳۵	۵۹۴۰	۱۱۰۵	۵۱۸۲	۹۴۳	۵۴۷۹	۱۰۰۸
۴۰	۵۳۹۶	۷۵۵	۵۴۹۶	۷۵۸	۵۷۲۰	۷۸۹

اکنون با در دست داشتن مقادیر وزن مواد عبوری و توزیع اندازهٔ ذرات کمپوست می‌توان بازده دستگاه را در هر یک از حالت ها بدست آورد. در شکل ۷ میزان بازده ترومل در هر آزمون بصورت نمودار نشان داده شده است.

آنالیز واریانس داده‌ها در نرم‌افزار Design Expert 6 به روش ANOVA صورت گرفت. نتایج نشان دادند که تأثیر سرعت دورانی ترومل بر روی بازده جداسازی دستگاه در سطح یک درصد معنی‌دار می‌باشد. نتایج در **جدول ۲** آمده است.

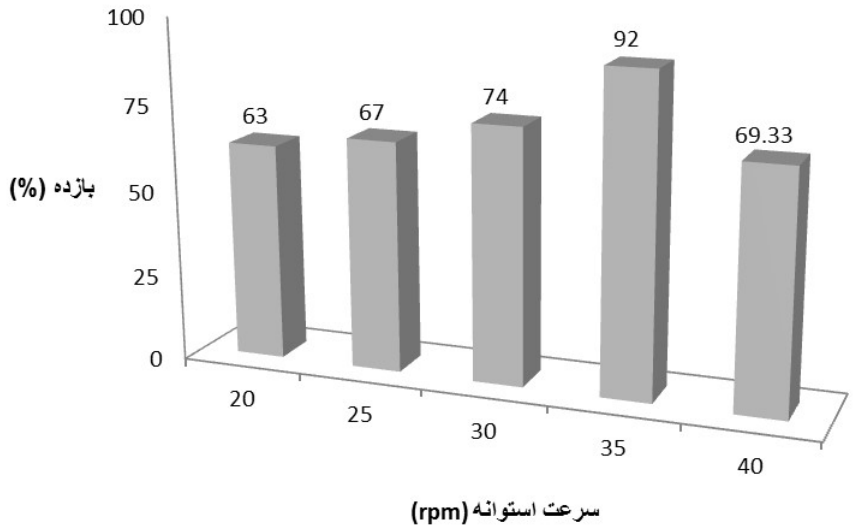
جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس (ANOVA) تأثیر سرعت دورانی استوانه بر روی بازده جداسازی ترومل

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
اثر سرعت دورانی ترومل	۴	۳۸۳/۵۷**

**معنی‌دار در سطح ۱ درصد

با توجه به شکل ۷ مشاهده می‌شود بیشترین بازده ترومل که بطور میانگین برای هر سه تکرار در سرعت ۳۵ دور در دقیقه بدست آمده است، به میزان ۹۲٪ می‌باشد. قابل ذکر است بدان دلیل که نتایج برای ۳ تکرار نزدیک بهم بودند، لذا میانگین سه تکرار به حساب آمد. در سرعت ۳۵ دور در دقیقه حرکت مواد در داخل استوانه بصورت آبشاری خروشان بود. در سرعت های پایین

تر از ۳۵ rpm به دلیل آنکه مواد به طور ریزشی در داخل استوانه حرکت می‌کردند بازده غربالگری افت کرد. همچنین در سرعت های بالای ۳۵ rpm به علت حرکت مواد به صورت گریز از مرکز، اکثر مواد به سطح استوانه چسبیده و چشمه های توری گرفته شد، لذا بازده کاری در این حالت نیز افت پیدا کرد. لازم به ذکر است بدلیل اهمیت زیاد رطوبت بالا، به اجبار از افت نسبی بازده صرف‌نظر گردید.



شکل ۸ تأثیر سرعت دورانی استوانه بر بازده جداسازی

نتیجه گیری

دستگاه اندازه‌بندی مواد زیست توده موسوم به ترومل برای سایزبندی کمپوست به صورت آزمایشگاهی طراحی و ساخته شد. طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار، جهت رسیدن به بیشترین بازده با سرعت بهینه انجام شد. لذا دو متغیر دیگر که شیب استوانه و نرخ تغذیهٔ استوانه می‌باشند، ثابت نگه داشته شد. دستگاه با ۴درجه شیب استوانه، و نرخ تغذیهٔ ۱۰ کیلوگرم بر دقیقه تنظیم شد و سرعت استوانه در ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ دور در دقیقه تغییر داده شد. طبق نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، تاثیر سرعت دورانی استوانه بر روی بازده ترومل در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. میانگین بازده‌های بدست آمده در سرعت‌های دورانی مختف مقایسه گردید و سرعت ۳۵ دوربر دقیقه به عنوان سرعت بهینه با حداکثر بازدهی دستگاه (۹۲٪) بدست آمد.

منابع

۱ قنبری، ص، ۱۳۸۷. بررسی پارامتر های موثر بر حرکت و زاویه استقرار مواد دانه ای در استوانه های دوار، پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه فنی کشاورزی پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران.

۲ Alter, H., J.Gavis, M.L.Renard. (1981). "Design models of trommels for resource recovery processing." Resources and Conservation 6(3–4): 223-240.

۳ ASAE Standards. (1998). S269.4 Cubes, Pellets and Crumbles-Definitions and Methods for Determining Density, Durability and Moisture Content ASAE DEC96. Standard S358.2 Moisture Measurement-forages. ASAE, St. Joseph, MI.

۴ Basu, P. (2010). Chapter 2 - Biomass Characteristics. Biomass Gasification and Pyrolysis. Boston, Academic Press: 27-63.

۵ Chen, Y.S., S.S.Hsiau, H.Y.Lee, Y.P.Chyou, Ch.J.Hsu. (2010). "Size separation of particulates in a trommel screen system." Chemical Engineering and Processing: Process Intensification 49(11): 1214-1221

۶ Liu, X., W.Ge, Y.Xiao, J.Li. (2008). "Granular flow in a rotating drum with gaps in the side wall." Powder Technology 182(2): 241-249.

۷ Yang, R., A.B.Yu, L.Mcelroy, J.Bao. (2008). "Numerical simulation of particle dynamics in different flow regimes in a rotating drum." Powder Technology 188(2): 170-177.

A Trommel designing and manufacturing for powdery biomass materials sizing, and to determine of maximum efficiency

Farshid Aghajani[1*], Mohammad Hossein Kiyanmehr[2], Farzin Abbasi[1]

1- MSc Student, Department of Biosystems Engineering, College of Abureyhan, university of Tehran, F.aghajani@ut.ac.ir

۳- Professor, Department of Biosystems Engineering, College of Abureyhan, university of Tehran

Abstract

Today in the world environmental issues, waste management and waste recycling in municipal and agricultural are very important. Compost is one of the most important products that have taken by processing of waste generated in agriculture and municipal solid wastes. Facilities that are used for processing of compost handling which ass efficient and appropriate usage are important. Trommel is a rotary sieve that can be useful for particulate sizing in compost processing. In this study which has done to design and manufacture of a rotary sieve (trommel) for biomass materials, and evaluating that as a completely randomized design with three repetitions was investigated. Inclined angle of cylinder and material`s feed rate were fi . And the rotational speed of cylinder with five different treatments at 20, 25, 30, 35 and 40 rpm speed of drum was varied. Results showed that the maximum efficiency (92 percent) was obtained at 35 rpm speed of cylinder.

Keywords: A trammel screen designing, compost processing, efficiency of rotary sieves, waste management