

ارزیابی عملکرد سورتر پسته پوست شده از پسته های پوست نشده (کال گیر) در خطوط فراوری پس از برداشت پسته

پهلوان زاده^۱ - احمد غضنفری مقدم^۲ - مجتبی اسدی^۳

چکیده

دستگاه سورتر پسته پوست شده از پسته پوست نشده در خطوط فراوری پسته نقش عمده ای دارد. این دستگاه با استفاده از یک استوانه دوار و اختلاف اصطکاک بین پسته های پوست شده و پوست نشده این دو گروه پسته را از یکدیگر جدا مینماید. این دستگاه توسط تولید کنندگان محلی در استان کرمان و بر اساس تجربه آنها تولید میگردد. در این پژوهش عملکرد فنی دستگاه مورد ارزیابی قرار رفت. نتایج نشان دادند که ضریب اصطکاک و سرعت دورانی عوامل عمده در راندمان جداسازی دستگاه محسوب میگردند. اختلاف معنی داری بین ضریب اصطکاک پسته های پوست شده با پسته های پوست نشده و همچنین بین میانگین وزن دانه آنها مشاهده گردید. با کاهش سرعت دورانی بازه جداسازی کاهش یافته و ضریب خطای دستگاه افزایش پیدا میکند. آزمایشات عملی با دستگاه نشان دادند که با افزایش سرعت خطی بازه زاویه ای جداسازی نیز افزایش پیدا میکند ولی این افزایش به صورت توانی (اکشیپوننشال) میباشد. نقطه بحرانی حدود سرعت ۴ متر بر ثانیه می باشد. با افزایش سرعت خطی از صفر به ۴ متر بر ثانیه بازه زاویه ای به شدت افزایش پیدا میکند ولی در سرعت های بالاتر از سرعت خطی ۴ متر بر ثانیه بازه جداسازی افزایش می یابد ولی این افزایش چندان محسوس نیست.

۲- استادیار گروه ماشینهای کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان

۳- دانشجوی سابق ماشینهای کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان

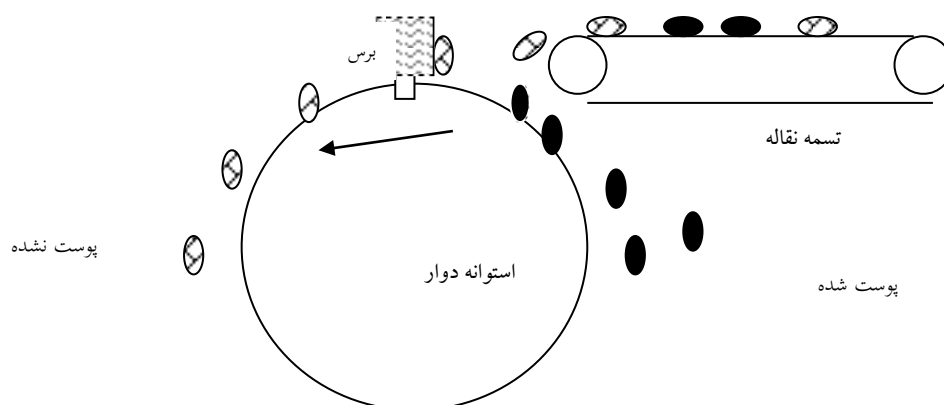
مقدمه

پسته در زمان رشد و تا قبل از مرحله رسیدگی دارای پوست سبزی می باشد کاملاً قسمت های درونی میوه را پوشانیده و از آن محافظت مینماید. در زمانی که پسته میرسد رنگ سبز پوست بتدریج به طرف صورتی متمایل میشود و از چسبیدگی آن به قسمت های داخلی میوه کاسته میگردد. بعد از برداشت پوست پسته بوسیله مالش توسط دستگاهی بنام پوستگیر از آن جدا میگردد. پسته های که هنوز نرسیده اند اکثراً پوست آنها در دستگاه پوستگیر جدا نمیشود و در مراحل بعدی باید از خط فرآوری خارج و مجدداً مورد پوستگیری قرار بگیرند.

برای جداسازی پسته های پوست شده از پسته های پوست نشده از دستگاهی بنام "کال گیر" استفاده میگردد. این دستگاه با استفاده از تفاوت اصطکاکی بین پسته پوست شده و پسته پوست نشده استفاده کرده و عمل جدا سازی را انجام میدهد. در این جداسازی پارامترهای مختلفی از جمله موقعیت قرار گرفتن پسته بر روی دستگاه، سرعت دورانی روتور، وزن یک دانه پسته و بار دستگاه در کیفیت و کمیت جدا سازی نقش دارند. دستگاه مزبور در کارگاههای محلی طراحی و ساخته گردیده و بسیاری از پارامترهای آن بصورت تجربی و از طریق آزمون و خطا تعیین گردیده اند. به منظور تعیین علمی این پارامترها و ارزیابی دستگاه آزمایشاتی بر روی آن صورت گرفت.

شرح دستگاه کال گیر

دستگاه کال گیر مورد استفاده در این پژوهش (شکل ۱) دارای مخزنی است که پسته ها بتدریج از مسیر خط تولید به داخل آن می ریزند. در قسمت کف مخزن تسمه نقاله ای قرار دارد با سرعت یک متر در دقیقه پسته ها را به طرف یک استوانه دوار منتقل می نماید. این استوانه از طریق دو پولی به یک موتور الکتریکی متصل و دوران می نماید. در قسمت بالای دستگاه نیز یک شانه با دندانهای پلاستیکی نرم قرار دارد.





شکل ۱. شماتیک دستگاه جدا کننده پسته پوست شده از پسته های پوست نشده

در هنگام کار، پس از روشن کردن موتور، ابتدا تسمه زیر مخزن پسته ها را بتدریج به طرف استوانه دوار می آورد و دانه دانه آنها را در زاویه ای معین در طول استوانه پخش می نماید. در صورتیکه اصطکاک پسته زیاد باشد پسته در جهت حرکت استوانه دوران می نماید و با آن به طرف پشت استوانه منتقل میگردد. اگر اصطکاک پسته کم باشد نمیتواند با استوانه دوران نماید و به طرف جلوی استوانه می افتد. پسته های کال چون پوست آنها در پوست گیر بخوبی جدا نمیشود دارای اصطکاک بیشتری نسبت به پسته های پوست شده (رسیده) هستند و در نتیجه پسته های پوست نشده به پشت استوانه منتقل و پسته های پوست شده به طرف جلو می افتند. گاهی پسته های پوست شده به دلیل چسبندگی و یا تمیز نبودن استوانه با استوانه حرکت نموده و با پسته های پوست شده مخلوط میگردند. برای کاستن از این تداخل دندانهای شانه نصب گردیده در بالای استوانه با تماس مختصری که با پسته میگیرند در خلاف جهت حرکت به آن نیرو وارد کرده و در نتیجه پسته پوست شده مجدداً بطرف جلوی استوانه بر میگردد.

پارامترهای موثر در کارکرد دستگاه

با توجه به شکل ۱ چند پارامتر در مناسب کار کردن دستگاه میتوانند موثر باشند. اول مقدار پسته ای که روی استوانه می ریزد باید طوری باشد که امکان برخورد پسته ها با یکدیگر بر روی استوانه وجود نداشته باشد. از طرفی اگر پسته با سرعت کمی بر روی استوانه ریخته شود از باز دهی دستگاه می کاهد. بنابراین تسمه نقاله باید با یک سرعت بهینه حرکت نماید. دوم فاصله سقوط پسته از روی نقاله بر روی استوانه در عمل کرد دستگاه بسیار تاثیر دارد. اگر پسته از فاصله زیادی بر روی استوانه ریخته شود در اثر ضربه نیرویی موافق جهت نیروی اصطکاک به پسته وارد شده و پسته های پوسته شده زیادی به طرف جلو استوانه می افتند و راندمان دستگاه را پایین می آورد. حداقل فاصله باید به اندازه ای باشد که پسته بین تسمه نقاله و استوانه گیر ننماید. خصوصیات استوانه شامل جنس، مقدار صیقلی بودن سطح، شعاع و سرعت دورانی آن نیز در عمل کرد دستگاه تاثیر دارند. جنس و مقدار نرمی دندانهای شانه نیز در کیفیت جداسازی موثر هستند.

بررسی تئوری دستگاه

برای آنالیز دستگاه افتادن پسته را در سه نقطه ۱، ۲ و ۳ نشان داده شده در شکل ۲ بررسی میکنیم. در صورتیکه سیستم را در یک لحظه ثابت فرض کنیم، در نقطه ۱ دانه پسته دقیقاً با سطح استوانه مماس می باشد و تنها تحت نیروی وزن خود mg قرار دارد و تحت تاثیر این نیروی در

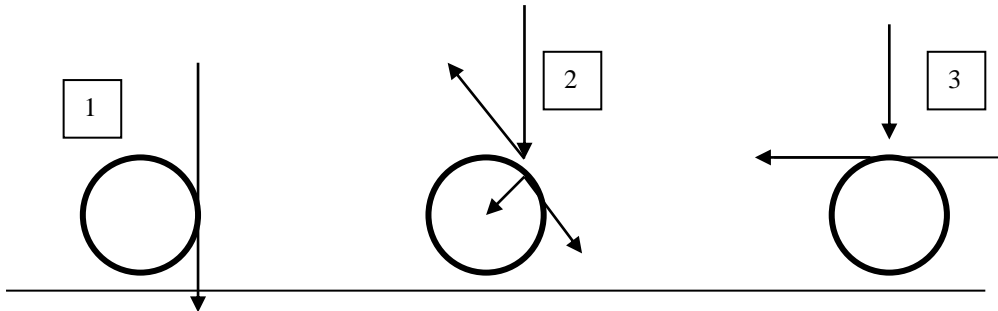
راستای قائم به طرف پایین می افتد. در صورتیکه پسته در نقطه ۲ بیفتد، در اینجا مانند این است که دانه بر روی یک سطح شیب دار که عمود بر شعاع نقطه تماس است قرار میگیرد و نیروی وزن در دو راستای یکی در امتداد سطح شیب دار:

$$P = mg \sin \theta$$

و دیگری در امتداد شعاع نقطه تماس به طرف مرکز تجزیه میشود. از طرفی به دلیل تماس بین سطح و دانه به واسطه اصطکاک به سطح می چسباند و در نتیجه نیروی:

$$F = \mu mg \cos \theta$$

که اثر آن خلاف نیروی P می باشد به دانه وارد میشود. در صورتیکه P از F بزرگتر باشد دانه به طرف پایین حرکت می کند و برعکس. در صورتیکه دو نیرو با یکدیگر برابر باشند و استوانه ثابت فرض شود دانه بر روی استوانه می ایستد. از آنجا که استوانه در حال دوران است نیروی گریز از مرکز هم جهت با نیروی P اثر میکند و در نتیجه تمایل دارد دانه را به طرف بالا ببرد. از طرفی چون دانه به استوانه نچسبیده است نیروی تماس بین دانه و استوانه به صورت گشتاور بر روی دانه اثر مینماید و سعی در غلتاندن پسته به طرف پایین دارد. چون اثر غلتیدن بیشتر از اثر نیروی گریز از مرکز می باشد در نتیجه از مقدار تئوری زاویه سر خوردن باید کاسته میشود.



شکل ۲- بررسی تئوری دستگاه در سه حالت مختلف

ارزیابی دستگاه

دستگاه کال گیر مورد استفاده در این پژوهش توسط شرکت تولیدی کارآ ماشین تامین گردید. استوانه دستگاه از جنس آلومینیوم، تو خالی به قطر ۴۸ سانتیمتر و طول ۹۸ سانتیمتر بود. استوانه از طریق دو پولی به یک موتور الکتریک سه فاز با قدرت ۱/۱ کیلو وات متصل و با سرعت ۳۰۰ دور در دقیقه دوران می نماید. سرعت خطی تسمه نقاله دستگاه ۰/۷۵ متر در دقیقه می باشد. برای آزمایش دستگاه ابتدا ضریب اصطکاک پسته های پوست شده و پسته های پوست نشده با دستگاه آزمایشگاهی تعیین ضریب اصطکاک (پیمان و غضنفری، ۱۳۸۲) اندازه گیری شد. وزن متوسط دانه پسته به دو صورت پوست شده و پوست نشده نیز تعیین گردید. سپس نمونه های

پسته بتدریج بر روی تسمه نقاله ریخته شده و با تغییر در سرعت دورانی استوانه زوایای بحرانی برای جدا سازی اندازه گیری شدند. در این آزمایشات سرعت تسمه نقاله و فاصله آن تا استوانه ثابت نکه داشته شدند.

نتایج و بحث

با استفاده از دستگاه تعیین کننده ضریب اصطکاک، ضریب اصطکاک برای پسته های پوست ۰/۴۶ و برای پسته های پوست دار ۰/۵۷ بدست آمد. در نتیجه، از نظر تئوری، زاویه بحرانی سر خوردن برای پسته های پوست شده ۲۵ درجه و برای پسته های پوست شده ۳۰ درجه میگردد. وزن متوسط پسته های پوست دار ۱/۵ گرم و برای پسته های پوست شده ۱/۱ گرم بدست آمد. با استفاده از آزمون تی (*t-test*) نشان داده شد که در سطح معنی دار ۵٪ اختلاف معنی داری بین میانگین ضریب اصطکاک دو گروه و بین میانگین وزن دو گروه وجود دارد. میتوان نتیجه گرفت که نیروی اصطکاک پسته های پوست شده ۴۹۵ دین و برای پسته های پوست نشده ۸۳۷ دین است. میانگین اندازه گیری های بعمل آمده بر روی نمونه های پسته در جدول ۱ درج شده اند.

پسته (فندق)	وزن متوسط (گرم)	ضریب اصطکاک	زاویه سر خوردن (درجه)	نیروی اصطکاک (دین)
پوست شده	۱/۱	۰/۴۶	۲۵	۴۹۵
پوست نشده	۱/۴	۰/۵۷	۳۰	۸۳۷

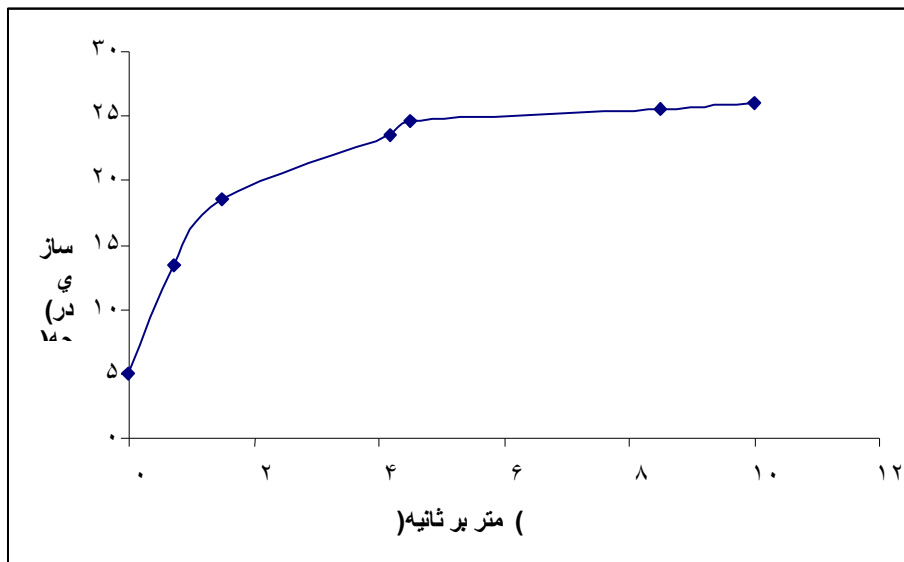
زاویه بحرانی سر خوردن پسته ها عملاً در دوره های مختلف مورد اندازه گیری قرار گرفت و نتایج برای پسته های پوست شده و پوست نشده در جدول ۱ آمده است. نقطه بحرانی برای پسته های پوست شده زاویه ای است که در آن پسته های پوست شده بطور کامل به طرف پسته های پوست نشده میروند و بر عکس نقطه بحرانی برای پسته های پوست شده زاویه ای است که در آن پسته های پوست نشده به طرف پسته های پوست شده میروند. همانطور که جدول نشان میدهد با افزایش سرعت خطی استوانه مانند این است که ضریب اصطکاک پسته های پوست شده کاهش و ضریب اصطکاک پسته های پوست نشده افزایش پیدا میکند و در نتیجه امکان جدا سازی پسته ها با افزایش سرعت خطی افزایش پیدا میکند.

جدول ۱- زوایای بحرانی و بازه جداسازی دستگاه در سرعت های مختلف

دوران (دور در دقیقه)	سرعت خطی استوانه (متر بر ثانیه)	زاویه بحرانی ^۱ (درجه)	زاویه بحرانی ^۲ (درجه)	بازه جدا سازی (درجه)
۱۴۰۰	۱۰	۱۳/۵	۴۰/۰	۲۶/۵
۱۲۰۰	۸/۵	۱۴/۰	۳۹/۵	۲۵/۵
۱۰۰۰	۴/۵	۱۴/۵	۳۹/۰	۲۴/۵
۶۰۰	۴/۲	۱۵/۰	۳۸/۵	۲۳/۵
۲۰۰	۱/۵	۱۷/۰	۳۵/۵	۱۸/۵
۱۰۰	۰/۷۵	۱۹/۰	۳۲/۴	۱۳/۴
۰	۰	۲۵/۰	۳۰/۰	۵/۰

۱ و ۲ بترتیب پسته پوست شده و پسته پوست نشده می باشند.

نمودار بازه جداسازی دستگاه در شکل ۳ نشان داده شده است. همانطور که در شکل دیده میشود با افزایش سرعت خطی بازه جداسازی نیز افزایش پیدا میکند ولی این افزایش به صورت توانی (اکسپوننشال) میباشد. نقطه بحرانی حدود سرعت ۴ متر بر ثانیه می باشد. در سرعت های بالاتر از سرعت خطی ۴ متر بر ثانیه بازه جدا سازی افزایش می یابد ولی این افزایش چندان محسوس نیست. در اینجا تنها سرعت خطی عامل تعیین کننده نیست. در صورتیکه تمامی فاکتورهای دیگر ماشین چون جنس استوانه، سرعت دوران و فاصله سقوط پسته یکسان باشند قطر استوانه نیز عامل عمده ای در جدا سازی محسوب میشود که نیاز است این فاکتور نیز مورد بررسی قرار گیرد.



شکل ۳- تغییرات بازه زاویه جداسازی نسبت به تغییرات سرعت های خطی استوانه

منابع

1. Mohsenin, N. 1970. *PHYSICAL PROPERTIES OF PLANT AND ANIMAL MATERIALS*.
2. Marion J.B. and W.F. Hornyak, 1984. *PRINCIPLE OF PHYSICS*.