طراحی دستگاهی برای جدایش مکانیزه دانه کدو آجیلی

مصطفی جعفریان[۱]، حسن عاقل[۲]، عبدالعلی فرزاد[۳] و کریم جعفریان[۴]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- استادیار گروه مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- دانشیار گروه مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی ، دانشگاه فردوسی مشهد

٤- دانشجوی کارشناسی مهندسی مکانیک، دانشگاه بیرجند

چکیده

یکی از وظایف و مسئولیت های مهم بخش صنعت در قبال بخش کشاورزی، طراحی و ساخت ماشینهای تسهیل کننده کار پرمشقت کشاورزی است، که به عهدهٔ متخصصین و مهندسین مکانیک ماشینهای کشاورزی می‌باشد که از آن در اهداف مکانیزاسیون نیز یاد شده است. مزیت بخصوص مکانیزاسیون در این زمینه این است که نیاز به حد بالای نیروی کار را که در مدت کوتاهی از سال حادث می‌شود، از جمله در مرحلهٔ برداشت علی‌الخصوص در مرحله فرآوری پس از برداشت، به حداقل کاهش می‌دهد. با نیاز سنجی که در زمینهٔ تهیه تخمه کدو انجام گرفت، این نتیجه حاصل شد که در حال حاضر در اکثر مناطق ایران، تهیه تخمه کدوهای آجیلی به صورت دستی و به شکل بسیار طاقت فرسایی انجام می‌گیرد، که باعث تحمیل هزینه زیاد بر کشاورز و در نهایت قیمت بالای آن شده است. تحقیق حاضر با هدف طراحی و ساخت دستگاهی برای جدایش مکانیزه دانه کدو برای رفع مشکل مذکور با این ویژگی که این دستگاه قابلیت کاربری آسان داشته باشد و نیز از لحاظ قیمت تمام شده قابل خرید برای کشاورزان باشد، انجام شده است. در نهایت بعد از آفرینش ایده‌ها و پالایش آنها، ایجاد طرح‌های خلاقه صورت گرفت که هفت طرح به عنوان طرح مستعد انتخاب گردید. گزینش طرح نهایی از میان طرح های خلاقه مستعد با روش شناسایی مشخصات طرح و رتبه بندی و اعمال ضرایب انجام شد و طرح مته به عنوان طرح برتر انتخاب شد و نهایتاً توسط نرم افزار سالیدورکس۲۰۰۷ مدل‌سازی و شبیه سازی شد و طراحی انجام گرفت.

کلیدواژه: طراحی- دانه کدو- ایده خلاقه – سالیدورکس

---

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک ماشینهای کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ۰۹۱۵۳۸٦٥٤٧٤ mostafa.jafarian۱@gmail.com

[۲] استادیار گروه مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

[۳] دانشیار گروه مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

[٤] دانشجوی کارشناسی مهندسی مکانیک، دانشگاه بیرجند

مقدمه

ایران یکی از بزرگترین کشورهای مصرف کننده آجیل در سراسر جهان می‌باشد، در حال حاضر در ایران تخمه آجیلی کدو دارای قیمت بالایی است که متاثر از نیاز به نیروی کارگری زیاد برای استحصال دانه آن است. برای رفع این مشکل کشاورزان ایران، اقدام به طراحی دستگاهی برای مکانیزه نمودن تهیه تخمه کدو شد. طراحی در٦ مرحله صورت گرفته است که عبارتند از: بررسی خواص و کاربردهای دانه کدو، شناسایی واریته کدو آجیلی، تعیین خصوصیات فیزیکی و مکانیکی کدو، آفرینش ایده ها و طرح های مختلف خلاقه، امتیاز دهی و اولویت بندی ایده ها و در نهایت طراحی و انتخاب.

مواد و روشها

نظر به اهمیتی که دانستن خصوصیات فیزیکی و مکانیکی محصولات کشاورزی در طراحی ماشینهای کشاورزی دارند، ابتدا این خواص برای کدو آجیلی اندازه‌گیری شده و بر اساس آن طراحی صورت گرفت.
این خصوصیات در جدول ۱ آمده اند (۱).

جدول ۱: خصوصیات فیزیکی و مکانیکی کدو آجیلی

ردیف	ویژگی مورد سنجش	محدوده	واحد
۱	نیروی گسیختگی پوست کدو	۱۸۹-۹۸	N
۲	نیروی برش	۹-۱۷	N
۳	چقرمگی پوست کدو	۳۳-۱۲۹	N.mm
۴	ماکزیمم نیروی برشی پوست کدو	۹۲-۱۶۹	N
۵	مقاومت برشی پوست کدو	۲/۳-۳/۳	$N.mm^{-۲}$
۶	ضخامت پوست کدو	۵-۲۵	mm
۷	قطر بزرگ	۲۰-۳۰	cm
۸	قطرکوچک	۷-۱۲	cm

۱- مختصات[1] دستگاه:

۱. دستگاه می‌بایست کمترین میزان دخالت انسان را در حین کار داشته باشد.
۲. روش بهینه کار دستگاه دو حالت می تواند داشته باشد یا دستگاه نسبت به کدو حرکت کند و یا بالعکس.
۳. باید بتواند در محیط با آب و هوای خشک و تغییرات دمایی کار کند.
٤. دستگاه نباید موجب تکه یا شکسته شدن دانه‌ها گردد.
۵. باید محلی جهت جمع آوری دانه کدو داشته باشد.
٦. باید قابلیت حمل و نقل توسط فرد و انتقال به مکان دلخواه را داشته باشد.
۷. ایمنی در تمام مراحل به طور کامل رعایت شود.

[1] Specification

۸. باید بتواند با نیرویی غیر از برق شهر نیز کار کند.
۹. باید حداقل ۸ ساعت در روز کار کند.
۱۰. باید دانه های یک کدو را در کمتر از ۱۰ دقیقه استحصال کند. «مقایسه با کار انسانی»
۱۱. باید قابلیت تحمل ارتعاشات شدید را داشته باشد.
۱۲. با توجه به محیط کار دستگاه و احتمال بارندگی، دستگاه باید در مقابل آسیب‌های ناشی از نفوذ آب مقاوم باشد.
۱۳. امروزه از نظر اقتصادی جدایش دانه‌ی هر کدو باید کمتر از ۵-ت۰ تومان هزینه در بر داشته باشد.
۱٤. در صورت اصلاح ژنتیکی کدو ، قابلیت ارتقاء داشته باشد.
۱۵. باید انرژی مصرفی آن حدالامکان کم باشد.
۱٦. هزینه تولید انبوه آن حدالامکان کم باشد.
۱۷. نصب و کار با آن ساده باشد.

پس از خلق ایده های متنوع در مرحله طراحی خلاقه، از میان آنها ۷ طرح به عنوان طرح اولیهٔ مستعد انتخاب شد و برای تعیین ارزش واقعی آنها پالایش صورت گرفت. منظور از پالایش طرحهای اولیه کنار گذاشتن ایده‌ها و جزئیات مشخصاً نامناسب و انتخاب طرحهای خلاقهٔ مستعدتر و آماده سازی آنها برای مرحله بعدی طراحی یعنی ارزیابی، انتخاب، یا تصمیم گیری روی آنهاست (۲). در ادامه هفت ایده منتخب تشریح شده و از میان آنها ایده اصلی انتخاب و طراحی بر مبنای آن صورت می‌گیرد.

۲- آفرینش ایده ها و طرح های مختلف خلاقه

هفت ایده عبارت اند از:

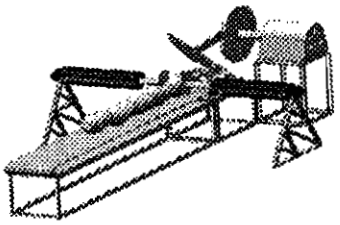
۱. تزریق ماده ای برای نرم کردن بافت کدو با در نظر گرفتن شرایط سالم ماندن دانه‌های کدو: در این ایده ماده‌ی شیمیایی انیدروسولونو شناسایی شده است، این ماده باعث تسریع فساد پوست سخت و غیر قابل نفوذ کدو شده و دسترسی به دانه ها مقدور خواهد شد (۳).
۲. خشک کردن کدو به صورت کاملا طبیعی: روش کار به این صورت است که کدوها را نباید از بوته جدا کنیم، بلکه آنها بعد از رسیدن در مزرعه باقی می مانند و تقریباً در اواخر سال زراعی کارگر وارد مزرعه شده و کدوها را که اکنون خشک شده‌اند و هیچ گونه وابستگی به بوته ندارند را می شکنند و دانه‌ها را به راحتی جدا می کنند.
۳. چهار مکانیزم رباتیکی: روش کار عبارت است از اینکه ابتدا کدوها توسط کارگر روی نوار نقالهٔ در حال حرکت قرار داده می شوند، سپس کدوها به وسیله دو فک (جک هیدرولیکی)گرفته می‌شود (مکانیزم اول)، سپس توسط کاتر برش می خورد (مکانیزم دوم)، در ادامه نیم کدوها روی نوار نقاله دوم قرار می‌گیرند، اکنون دو نیم کدو داریم که درون هر کدام از آنها دو رشته دانه[1] وجود دارد. مکانیزم سوم که عمل تخلیه را انجام می‌دهد عبارتست از دو همزن (شبیه همزن آشپزخانه) که با دوران درون نیم کدوها دانه ها را از کدو جدا می‌کند. و در نهایت مکانیزم چهارم که عمل تسویه است عمل می کند.
٤. ایده مته: کدوها روی نوار نقاله قرار می‌گیرند و به مته‌ای نزدیک می‌شوند و پس از تماس مته با کدو، مته به درون کدو نفوذ می کند و دانه‌ها را از کدو خارج می‌کند.

[1] layer seed

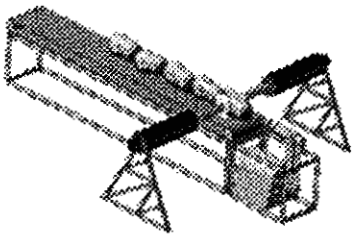
۵. ارتقای دستگاه بذرگیر هندوانه: هم‌اکنون دستگاهی برای جدایش دانه هندوانه طراحی و ساخته شده است، می توان با اعمال تغییراتی از این دستگاه برای جدایش دانه کدو استفاده کرد.

٦. طرح پنوماتیکی: با استفاده از فشار باد به صورت مکشی از سوراخی که به همین منظور در یک طرف کدو ایجاد می شود، دانه‌ها خارج می‌گردند.

با بررسی طرحهای فوق طرح مته به عنوان طرح برتر انتخاب شده و پارامتر های موثر در طراحی آن مطالعه گردید. این پارامترها عبارتند از: محل استقرار مته و کدو، نیروی لازم برای سوراخ نمودن کدو، خواص فیزیکی و مکانیکی پوست کدو، قدرت مورد نیاز موتور، سرعت نوار نقاله و دور بهینه مته.



شکل ۱: طرح چهار مکانیزم رباتیکی



شکل ۲: طرح مته

۳- محاسبه سرعت خروج دانه ها از درون کدو

برای محاسبه سرعت خروج دانه ها از درون کدو از رابطه (۱) استفاده شده است.

$$V = \frac{n.\pi.d}{1000} \quad (1)$$

که در این رابطه v ، n و d به ترتیب سرعت خروج دانه ها از کدو (متر بر دقیقه)، دور مته (rpm) و قطر مته(میلیمتر) می‌باشد.

٤- محاسبهٔ نرخ خروج دانه‌ها

به منظور عملکرد مطلوب دستگاه نیاز به دانستن پارامترهایی همچون میزان پیشروی به ازاء هر لبه مته، نرخ خروج دانه‌ها و مساحت مقطع دانه‌های کدو در یک برش و همچنین عرض برش می‌باشد. این پارامترها از روابط (۲) و (۳) و (٤) محاسبه می‌شوند.

$$fz = f/z \quad (2)$$

$$A = ap.fz \quad (3)$$

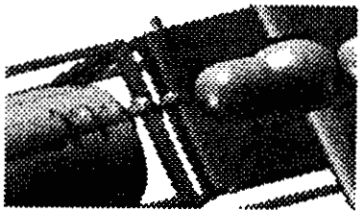
$$ap=(D-d)/2 \quad (4)$$

از آنجا که مته مورد نظر برای دستگاه جدایش دانه کدو ، چند لبه محسوب می شود، میزان پیشروی به ازاء هر لبه با واحد mm بر لبه، از رابطه (۲) استفاده می‌شود که در آن z ، f و fz به ترتیب تعداد لبه‌های مته، سرعت پیشروی به ازای هر دور (mm/rev) و میزان پیشروی به ازاء هر لبه با واحد mm بر لبه می باشد. مساحت مقطع دانه‌های خارج شده در یک برش، از حاصلضرب عمق برش شعاعی در سرعت پیشروی به ازاء هر لبه طبق رابطه (۳) به دست خواهد آمد، که در آن A ، ap به ترتیب مساحت مقطع دانه های در حال خروج کدو با واحد mm^2 و عرض برش بر

حسب mm می‌باشد. عرض برش نیز از رابطه (٤) به دست می‌آید که در آن D و d به ترتیب عبارتند از قطر سوراخی که توسط مته ایجاد می شود و قطر مته در ابتدایی ترین قسمت برنده.(٤)

با استفاده از این تعاریف نرخ دانه خروجی (V)، با واحد mm^3/min یا حجم دانه خروجی در واحد زمان به دست خواهد آمد. حجم دانه خروجی برابر حاصلضرب سرعت برشی در مساحت مقطع دانه‌های در حال خروج خواهد بود که طبق رابطه (٥) به دست می‌آید. در این رابطه اگر سرعت برش v با واحد m/min و مساحت مقطع دانه‌های در حال خروج A با واحد mm^2 تعریف شده باشد، نتیجه باید در ۱۰۰۰ ضرب شود تا با واحد mm^3/min به دست آید.

$$V = A.v.1000 \quad (5)$$



شکل ۳: نحوه عملکرد دستگاه

٥- محاسبهٔ نیروها، توان برشی و گشتاور پیچشی

نیروی برش ویژه پوست کدو[1] با علامت اختصاری Kc و واحد N/mm^2 برای محاسبه نیروی پیشروی، گشتاور پیچشی[2] و توان مورد نیاز، اهمیت زیادی دارد. نیروی برش ویژه به وسیله اندازه گیری خواص فیزیکی و مکانیکی کدو و سرعت خروج دانه ها مشخص می‌شود.

نیروی برشی که در نقطه تماس مته و کدو عمل می‌کند، دارای سه مؤلفه مماسی، شعاعی و محوری است. مجموع نیروهای محوری که برابر حاصلضرب تعداد لبه‌ها در نیروی محوری هر لبه (Fpi) است، تشکیل نیروی پیشروی(Fp با واحد N) را خواهد داد.

$$F_p = \frac{1}{2}.K_c.a_p.f_r.\sin k_r \quad (6)$$

$$F_c = K_c.a_p.f_r \quad (7)$$

که در روابط فوق Kr زاویه ورود (زاویه بین لبه برنده اصلی و جهت پیشروی)، Kc نیروی برش ویژه پوست کدو (N/mm^2)، ap عرض برش(mm)، fr سرعت پیشروی به ازای هر دور(mm/rev) و Fc نیروی مماسی کلی می باشد. نیروی مماسی کلی یا نیروی برشی اصلی، منجر به ایجاد گشتاور پیچشی (M با واحد Nm) خواهد شد. مشابه نیروی پیشروی، نیروی مماسی کلی نیز برابر حاصلضرب نیروی برشی روی هر لبه، در تعداد لبه ها خواهد بود.

گشتاور پیچشی حاصل جمع گشتاورهای ایجاد شده روی هر لبه برنده می‌باشد که این به معنای گشتاور کلی سوراخ نمودن و پیشروی در درون کدو است. این گشتاور مساوی حاصلضرب نیروی مماسی وارد بر لبه، ضربدر شعاع متوسط مته می‌باشد.

$$M = F_c.r_A \quad (8)$$

$$r_A=(D+d)/4 \quad (9)$$

---

[1] cutting force Pumpkin

[2] Torque

که در این روابط r_A شعاع متوسط مته(mm)، Fc نیروی مماسی کلی(N)، D قطر سوراخی که توسط مته ایجاد می شود (mm) و d قطر مته در ابتدایی ترین قسمت (mm) می باشد.

از تجمیع روابط (٤) ، (٧) ، (٨) و (٩) رابطه (١٠) ارائه می‌شود.

$$M = \frac{K_c.f}{1000} \times \frac{D^2-d^2}{4} \quad (10)$$

توان مورد نیاز برای سوراخ نمودن کدو و خروج دانه ها (Pc بر حسب KW) برابر حاصلضرب گشتاور پیچشی مته در سرعت زاویه ای آن می باشد.

$$P_c = M.\omega \quad (11)$$

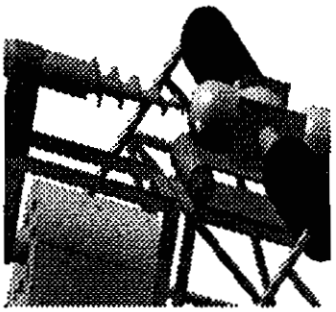
$$\omega = 2n.\pi \quad (12)$$

$$n = \frac{V_c.1000}{\pi D} \quad (13)$$

$$P_c = k_c.f.\frac{V_c(D^2-d^2)}{4000D} \quad (14)$$

میزان توان مورد نیاز برای موتور دستگاه از تقسیم توان بر راندمان موتور(η) بدست می آید. (٥)

$$P = \frac{P_c}{\eta} \quad (15)$$



شکل ٤: محل استقرار اجزاء مختلف دستگاه نسبت به همدیگر

نتیجه گیری

با ارزیابی گام های فوق، روش مته نسبت به عنوان بهترین روش انتخاب شد. در این تحقیق پارامترهای موثر در طراحی دستگاه مته مورد بررسی قرار گرفت. دستگاه یاد شده با طرحی ساده می تواند به صورت کاملاً اتوماتیک این کار را انجام دهد. جایگزینی این دستگاه به جای نیروی کارگری می تواند قدمی در رسیدن به اهداف مکانیزاسیون در مزارع محسوب شود. مزیت عمده این دستگاه کاهش قابل توجه نیروی کارگری مورد نیاز و در نهایت افزایش بهره وری انرژی و توان مورد نیاز برای کار در مزارع مکانیزه می‌باشد. استفاده از این دستگاه می تواند موجب بالا رفتن بازده مزارع کدو، کاهش خسارت و صدمات محصول، کاهش هزینه برداشت و قیمت تمام شده محصول، امکان بسته بندی مناسبتر، کاهش زمان فرآوری محصول و افزایش کیفیت محصول و ایجاد ارزش افزوده و امکان ورود به بازارهای جهانی و رقابتی دنیا شود.

مراجع

١. Emadi, B., Kosse, V., and Yarlagadda, K., ٢٠٠٥. "Mechanical Properties of Pumpkin". International Journal of Food Properties, p: ٢٧٧-٢٨٧.

٢. امیرفضلی، علی ، ١٣٨٠. روش طراحی در مهندسی، انتشارات دانشگاه صنعتی شریف

۳. صانعی شریعت پناهی، محمد ، ۱۳۵۸. مورفولوژی و فیزیولوژی میوه ، انتشارات دانشگاه تهران
٤. فرزاد، عبدالعلی ، ۱۳۸۸. جزوه درسی طراحی مکانیزمها ، دانشگاه فردوسی مشهد
۵. چیرونیس ، نیکلاس ، ۱۳۸۱. طراحی مکانیزمها برای طراحان و ماشین‌سازان ، انتشارات طراح