

## طراحی، ساخت، و ارزیابی پوست کن بادام زمینی

محمدعلی رستمی\*

\* عضو هیئت علمی بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کرمان، نشانی: کرمان، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کرمان، ص. پ. ۴۴۵-۷۶۱۷۵، تلفن: ۲۱۱۷۳۹۴ (۰۳۴۱)، پیام‌نگار: marostamy@yahoo.com  
تاریخ دریافت مقاله: ۸۵/۲/۲۷؛ تاریخ پذیرش: ۸۶/۱۱/۶

### چکیده

بادام زمینی یکی از دانه‌های روغنی است که مغز آن ۴۶ درصد روغن دارد. بادام زمینی مقدار قابل توجهی ماده خشک بدون چربی دارد که پس از روغن‌کشی برای خوراک دام قابل استفاده است. از پوست خارجی آن به عنوان ماده سوختی و تولید پالت پرس شده استفاده می‌شود. در ایران، استفاده آجیلی از بادام زمینی از زمان قدیم وجود داشته و امروزه در حال گسترش است. هر غلاف بادام زمینی ۱ تا ۶ مغز دارد. پس از برداشت محصول و رسیدن رطوبت غلاف به ۱۰-۵ درصد، جهت مصرف آجیلی یا استخراج روغن، مغز بادام زمینی را باید از پوست جدا کرد. هدف از این پژوهش طراحی، ساخت، و ارزیابی یک دستگاه پوست کن بادام زمینی بود که بتواند پوست را از غلاف بادام زمینی و سپس دانه و پوست را از هم جدا کند. دستگاه ساخته شده شامل: کیف تغذیه، کوبنده، ضد کوبنده، سینی دانه، فن، الکتروموتور، تسمه و پولی، شاسی، پوشش، و یاتاقان است. در ارزیابی عملکرد دستگاه، تاثیر پارامترهای سرعت خطی کوبنده در چهار سطح (۴، ۵، ۶، و ۷ متر بر ثانیه) و فاصله کوبنده از ضد کوبنده در چهار سطح (۸، ۱۲، ۱۶، و ۲۰ میلی‌متر) در قالب طرح فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی بر راندمان پوست‌گیری و درصد شکستگی دانه بادام زمینی بررسی شد. نتایج نشان داد که سرعت خطی کوبنده و فاصله کوبنده با ضد کوبنده بر راندمان پوست‌گیری تاثیر معنی‌داری دارد در حالی که بر درصد شکستگی دانه‌ها تنها عامل فاصله تاثیر معنی‌دار نشان می‌دهد ( $P < 0.01$ ). اثر متقابل این دو عامل بر پارامترهای یادشده معنی‌دار نبود. نتایج همچنین نشان داد در صورتی که در فرایند پوست‌گیری بادام زمینی ترکیب بهترین راندمان پوست‌گیری با کمترین میزان شکستگی مد نظر باشد سرعت خطی کوبنده باید ۵ تا ۷ متر بر ثانیه و فاصله کوبنده و ضد کوبنده ۱۲ میلی‌متر تنظیم شود. شکستگی دانه بادام زمینی در همه تیمارها به صورت دو لپه شدن بود و خورد شدن دانه به ندرت اتفاق می‌افتاد. دانه‌های شکسته قابل استفاده بودند.

### واژه‌های کلیدی

بادام زمینی، پوست کن، ساخت، طراحی، مغز

### مقدمه

برای خوراک دام مناسب کرده است. از پوست خارجی آن نیز به عنوان ماده سوختنی و تولید پالت پرس شده استفاده می‌شود. در ایران، استفاده آجیلی از بادام زمینی از زمان‌های قدیم وجود داشته و امروزه در حال گسترش است. هر کپسول بادام زمینی حاوی ۱ تا ۶ مغز است.

بادام زمینی یکی از دانه‌های روغنی است که مغز آن ۴۶ درصد روغن دارد (Mirnezami, 1995). مقدار قابل توجه ماده خشک بدون چربی موجود در دانه بادام زمینی، که پس از روغن‌کشی به دست می‌آید، این محصول را

پوست کن بادام زمینی موتورگرد را طراحی کردند و ساختند. بهترین عملکرد این ماشین در سرعت استوانه ۱۸۰ دور در دقیقه و زمانی به دست آمد که فاصله بین کوبنده و ضد کوبنده ۱۸ میلی متر، ظرفیت ۴۰۰ کیلوگرم در ساعت، و رطوبت ۱۳ درصد (براساس وزن خشک) بود. بازده، میزان شکستگی، توان مصرفی و نقطه توجیه کننده مالکیت این ماشین به ترتیب ۹۸/۵ درصد، ۴/۵۳ درصد، ۰/۷۵ کیلو وات و ۷/۴ هکتار گزارش شده است. این پوست کن شامل پروانه، ضد کوبنده، الک، پنکه، قیف، و موتور الکتریکی است. ظرفیت این ماشین ۲۳ بار بیشتر از پوست کنی دستی است.

گوپتا و همکاران (Gupta *et al.*, 1988) برای کشاورزان خرده پا یک نمونه پوست کن بادام زمینی پدالی طراحی کردند که دارای چهار قسمت شامل: قیف تغذیه، کوبنده، واحد بوجاری، و درجه بندی بود. ظرفیت ماشین ۱۶۰-۱۸۰ کیلوگرم در ساعت، بازده ۹۸-۹۹ درصد، شکستگی کمتر از ۳ درصد و توان مصرفی ۳۲۰ وات بود. آکالی (Ackali, 1996) نوعی دیگر از ماشین پوست کن بادام زمینی شامل مارپیچ و یک شبکه توری در اطراف آن را بر اساس مدل های ریاضی طراحی کرد. آزمایش ها روی این ماشین نشان داد که ظرفیت مزرعه ای آن ۸۰ کیلوگرم در ساعت و بازده آن ۸۶ درصد بدون شکستگی دانه است.

چانگ و همکاران (Chung *et al.*, 1985) نیز دستگاهی پوست کن را طراحی کردند شامل یک مکانیسم چرخان در برابر یک شبکه سیمی مقعر با ۸ همزن. در این ماشین دانه های پوست گیری شده با یک الک لرزشی و با جریان باد از پوست جدا می شوند؛ بازده پوست گیری آن با همزن های لاستیکی ۱۰ درصد بیشتر از همزن های چوبی گزارش شده است. بهترین سرعت برای استوانه

پس از برداشت محصول و رسیدن رطوبت کپسول ها به ۵-۱۰ درصد، ضروری است جهت مصرف آجیلی یا استخراج روغن، مغز از پوست جدا شود.

چینشوان و همکاران (Chinsuwan *et al.*, 1991) در یک پروژه تحقیقاتی، پنج نمونه دستگاه پوست کن بادام زمینی را ساختند و ارزیابی کردند. یکی از آنها پوست کن بادام زمینی به نام سنگ چرخان بود که کوبنده آن از سنگ ساخته شده است. این محققان دریافتند که رقم بادام زمینی و فاصله بین کوبنده و ضد کوبنده پوست کن سنگ چرخان، هر دو، اثر معنی دار بر بازده پوست کنی و درصد شکستگی بادام زمینی دارند. کوبنده پوست کن دیگر از یک تایر لاستیکی ساخته شده بود. نتایج ارزیابی این دستگاه نشان داد فشار باد لاستیک و فاصله کوبنده و ضد کوبنده اثری معنی دار بر بازده پوست کن دارند ولی میزان تغذیه اثر معنی داری نشان نداده است. متوسط ظرفیت موادی، بازده مزرعه ای، و میزان خسارت آن به ترتیب ۷۵ کیلوگرم در ساعت، ۹۵ درصد، و ۳/۵-۵/۵ درصد بوده است. محققان، پوست کن دیگری به نام پوست کن پاروچوبی را نیز معرفی کردند. کوبنده این پوست کن پاروهای چوبی است که در مقابل یک شبکه سیمی دوران می کند. پاروهای این ماشین به دو صورت چوبی و یا پوشش لاستیکی هستند. نتایج تحقیقات نشان داد که نوع پارو و فاصله نوک پارو از ضد کوبنده اثری معنی دار بر میزان شکستگی دانه ها دارد. در تمامی آزمایش ها بازده دستگاه با پاروهای روکش شده نسبت به پاروهای چوبی بالاتر و میزان شکستگی دانه نیز بیشتر بود.

گور و همکاران (Gore *et al.*, 1990) به منظور بالابردن بازده پوست گیری، افزایش ظرفیت موادی، کاهش شکستگی، و پایین آوردن توان مصرفی، یک دستگاه

طراحی، ساخت، و ارزیابی پوست کن...

مهم‌ترین پارامترهای موثر بر راندمان پوست‌گیری و درصد شکستگی بادام‌زمینی هستند.

## مواد و روش‌ها

### طراحی و ساخت دستگاه

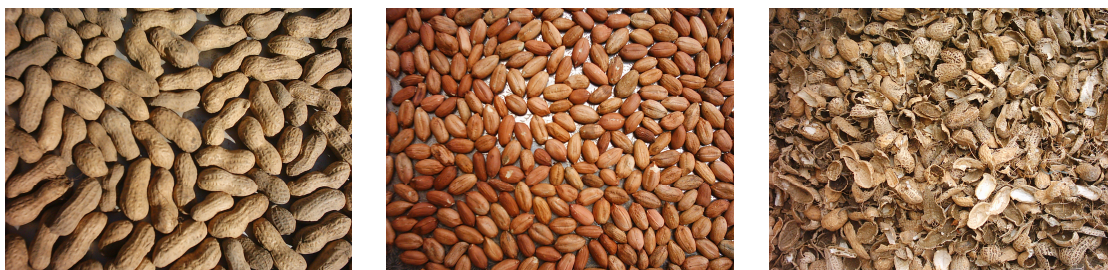
در این تحقیق یک دستگاه پوست‌کن جهت برداشتن پوست از غلاف بادام‌زمینی و جداسازی پوست از مغز آن (شکل ۱) طراحی، ساخته، و ارزیابی شد (شکل ۲). دستگاه با الگو برداری از پوست‌کن تایر لاستیکی چینشوان و همکاران (Chinsuwan *et al.*, 1991) ساخته شد اما این طرح با پوست‌کن تایر لاستیکی این تفاوت‌ها را دارد:

- ۱- به جای تایر لاستیکی از استوانه فلزی با روکش استفاده شد.
  - ۲- این طرح موتورگرد طرح چینشوان و همکاران دستی است.
  - ۳- در این طرح تجهیزات لازم برای جداسازی دانه و پوست تعبیه شده است که طرح چینشوان و همکاران فاقد آن است.
- در طراحی دستگاه از نرم‌افزار Mechanical Desktop استفاده شد.

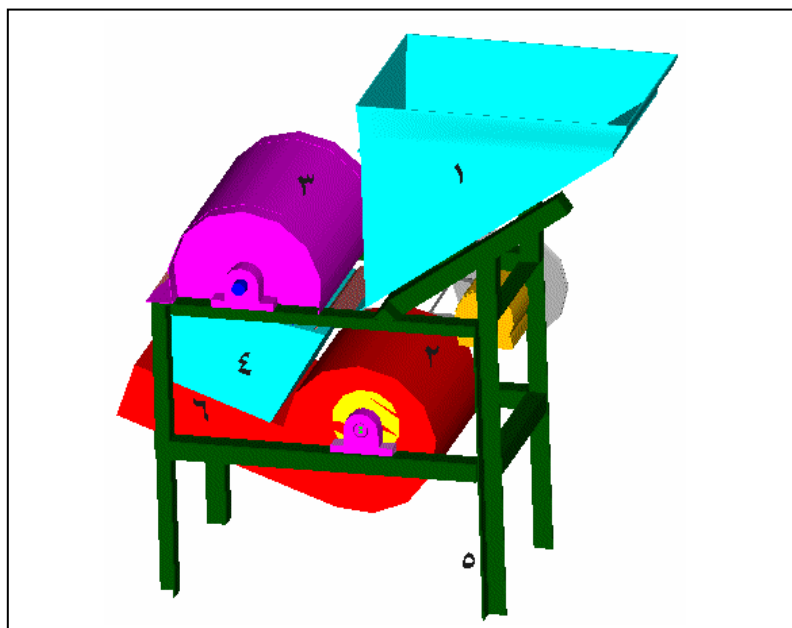
پوست‌کن ۱۴۵-۱۴۰ دور بر دقیقه ثبت شده است. بهترین فرکانس لرزش و سرعت باد برای جداسازی پوست و دانه به ترتیب ۳۵۰ و ۷/۸ متر بر ثانیه به دست آمد. جوانه‌زنی دانه‌های پوست‌گیری‌شده با ماشین، برای دانه‌های درشت و ریز به ترتیب ۸۹/۸ و ۹۳/۵ درصد بود.

دیویدسون (Davidson, 1974) اثر پارامترهای عملکردی انواع ماشین‌های پوست‌کن را بر درصد جوانه‌زنی دانه بادام‌زمینی بررسی کرد. این پارامترها عبارت بودند از نوع پوست‌کن، طرح سیلندر و شبکه پوست‌کن، سرعت استوانه، و روش تغذیه بادام‌زمینی به داخل ماشین. از میان پارامترهای مورد مطالعه تنها سرعت استوانه اثر معنی‌دار بر درصد جوانه‌زنی نشان داد. جوانه‌زنی در سرعت ۲۶۰-۳۲۰ دور بر دقیقه نسبت به سرعت ۱۶۰-۲۲۰ دور بر دقیقه، ۶ درصد کاهش نشان داد.

با جمع بندی بررسی منابع مشخص شد که کلیه ماشین‌های پوست‌کن ساخته‌شده ساختاری ساده دارند شامل کوبنده، ضدکوبنده، قیف تغذیه، و تجهیزات لازم برای جداسازی دانه و پوست به کمک باد. برخی از این ماشین‌ها دستی و برخی دیگر موتور گرد هستند، اما در ساخت همه آنها سادگی و قیمت پایین رعایت شده است. سرعت چرخش کوبنده و فاصله بین کوبنده و ضد کوبنده



شکل ۱- پوست، مغز، و غلاف بادام‌زمینی



شکل ۲- پوست کن طراحی و ساخته شده

۱- قیف تغذیه، ۲- فن، ۳- پوشش کوبنده، ۴- کانال هدایت دانه و پوست به سینی، ۵- شاسی، و ۶- سینی

در مجموع، اجزای دستگاه ساخته شده عبارت‌اند از: قیف تغذیه، کوبنده، ضدکوبنده، سینی دانه، فن، الکتروموتور، تسمه و پولی، شاسی، پوشش‌ها، و یاتاقان‌ها.

#### طراحی قطعات دستگاه

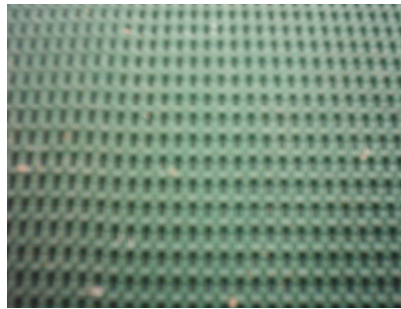
کوبنده یکی از مهم‌ترین قطعات دستگاه است که طراحی سایر اجزای پوست‌کن را از نظر ابعاد، عملکرد، و پارامترهای عملکردی تحت تاثیر قرار می‌دهد. این استوانه با چرخش خود در مقابل ضد کوبنده نیروی لازم را برای برش و جداسازی پوست بادام‌زمینی از غلاف آن تامین می‌کند. کوبنده دستگاه از یک استوانه فلزی ساخته شد که قطر و عرض آن به ترتیب ۳۵ و ۴۰ سانتی‌متر بود. قطر و عرض کوبنده در محدوده‌ای که در تحقیقات گذشته برای پوست‌کن‌ها مناسب تشخیص داده شده‌اند انتخاب شد.

در این طرح، یک استوانه فلزی با روکش آج‌دار از جنس لاستیک (کوبنده) در مقابل یک شبکه فلزی (ضد کوبنده) می‌چرخد. نیروی چرخش استوانه از الکتروموتور و از طریق تسمه و پولی تامین می‌شود. غلاف بادام‌زمینی از طریق قیف تغذیه وارد فضای بین کوبنده و ضد کوبنده می‌شود و در اثر چرخش کوبنده در برابر ضد کوبنده پوست را از غلاف جدا می‌کند. مخلوط پوست و مغز از ضد کوبنده عبور می‌کند و به داخل یک سینی شیب‌دار می‌ریزد. در این طرح جریان باد حاصل از فن سبب جداسازی پوست از دانه‌ها می‌شود. فن، نیروی خود را از الکتروموتور و از طریق تسمه و پولی دریافت می‌کند. شیب‌دار بودن سینی سبب می‌شود تا مغز که وزن مخصوص بیشتری از پوست دارد به سمت پایین بلغزد و از یک طرف سینی خارج شود. پوست با نیروی باد از سمت دیگر سینی خارج و بدین ترتیب پوست و مغز از یکدیگر جدا می‌شوند.

طراحی، ساخت، و ارزیابی پوست کن...

شد (شکل ۳). بدین صورت در هنگام قرارگیری غلاف در بین کوبنده و ضد کوبنده درگیری لازم به وجود می‌آید.

با توجه به اینکه سطح کوبنده یادشده صیقلی بود و نیروی نگهداری لازم را برای برش پوست تامین نمی‌کرد، سطح کوبنده با تسمه آجدار روکش



شکل ۳- روکش کوبنده

مقدار تنش برشی مجاز محورها ۴/۲۲ کیلوگرم بر میلی‌متر مربع و ضریب اطمینان برای محورها ۱/۷-۱/۴ پیشنهاد شده است (Kewal, 1984). قطر محور بر اساس رابطه ۱، برابر ۳۳ میلی‌متر به دست آمد که برای این طرح شافت استاندارد به قطر ۳۵ میلی‌متر انتخاب شد.

توان مورد نیاز برای چرخش کوبنده در حین پوست‌گیری با بیشترین سرعت پیش‌بینی شده برای ارزیابی دستگاه (۷ متر بر ثانیه) از رابطه ۲ محاسبه و ۲ اسب بخار برآورد شد (Popov, 1976).

$$T = 159 Kw / f \quad (2)$$

که در آن،  $T$  = گشتاور (بر حسب نیوتن-متر)؛  $Kw$  = توان (بر حسب کیلو وات)؛ و  $f$  = فرکانس (بر حسب دور در ثانیه) کلیه تسمه‌های مورد استفاده در دستگاه پوست‌کن، به دلیل توان انتقالی کم، بر اساس جداول انتخاب تسمه‌ها که برقی (Borghai, 1989) پیشنهاد کرده است از نوع A انتخاب شدند.

به منظور قرارگیری کوبنده بر روی شاسی، یک شافت در مرکز کوبنده تعبیه شد که در داخل دو عدد یاتاقان قرار گرفت. قطر محور بر اساس تئوری تنش برشی ماکزیمم<sup>۱</sup> با استفاده از رابطه پیشنهادی ASME (رابطه ۱) محاسبه شد (Kewal, 1984).

$$\tau = \frac{16}{\pi d^3} \sqrt{(c_m \times M)^2 + (c_t \times T)^2} \quad (1)$$

که در آن،  $\tau$  = تنش برشی مجاز (بر حسب کیلوگرم بر میلی‌متر مربع)؛  $d$  = قطر محور (بر حسب میلی‌متر)؛  $C_t$  و  $C_m$  = ضریب‌های تصحیح خستگی و شوک؛  $M$  = بیشترین گشتاور خمشی (بر حسب کیلوگرم-میلی‌متر)؛  $T$  = بیشترین گشتاور پیچشی (بر حسب کیلوگرم-میلی‌متر) است.

ضریب‌های  $C_t$  و  $C_m$  برای شافت‌های در حال چرخش که به‌طور ناگهانی شروع به کار می‌کنند و دارای شوک‌های ضعیف هستند به ترتیب ۲-۱/۵ و ۱-۱/۵ پیشنهاد شده است.

1- Maximum Shear Stress Theory

برای این طرح انتخاب شد. قطر داخلی، قطر خارجی، و ضخامت این یاتاقان به ترتیب ۳۵، ۶۲، و ۱۴ میلی‌متر بود.

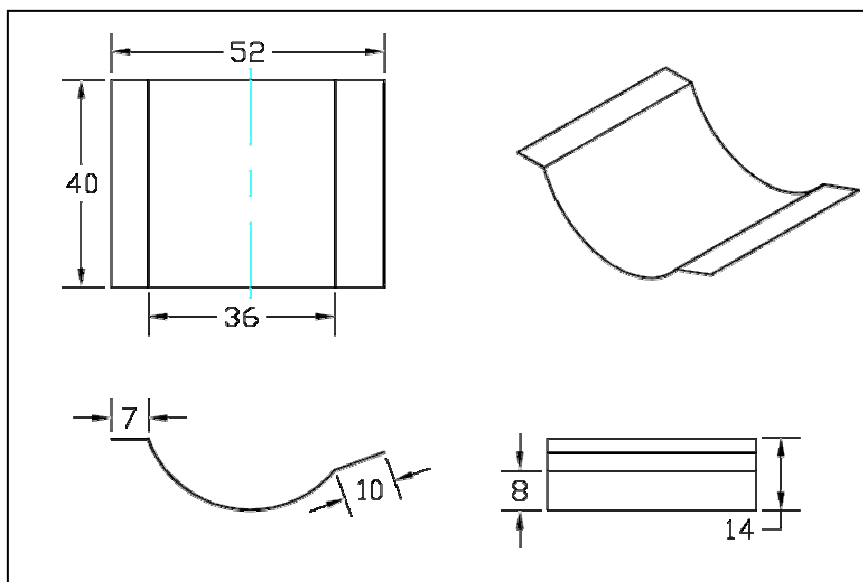
ضد کوبنده در مقابل کوبنده قرار گرفت و فضای لازم را برای اعمال نیروی برشی بر غلاف بادام‌زمینی فراهم می‌آورد. این شبکه از یک ورق فلزی و به صورت نیم‌دایره ساخته شد (شکل ۴). جهت عبور دانه و پوست از ضد کوبنده، سر تا سر این ورق سوراخ‌کاری شد. قطر سوراخ‌های ضد کوبنده که تاثیر زیادی بر میزان شکستگی و بازده پوست‌گیری دستگاه دارند، متناسب با ابعاد غلاف بادام‌زمینی و دانه آن انتخاب شد. بدین منظور برخی مشخصات فیزیکی غلاف بادام‌زمینی و دانه‌های آن شامل قطر و طول آنها در نمونه‌ای متشکل از ۱۰۰ غلاف و ۱۰۰ دانه بادام‌زمینی که به‌طور تصادفی انتخاب شدند اندازه‌گیری گردیدند. نتایج این اندازه‌گیری در جدول ۱ آمده است.

یاتاقان محور کوبنده به کمک رابطه ۳ طراحی شد (Shigley, 1986).

$$\frac{L_e}{10^6} = \left( \frac{c}{F_e} \right)^n \quad (3)$$

که در آن،  $L_e$  = عمر یاتاقان (بر حسب ساعت)؛  $F_e$  = بار وارد بر یاتاقان (بر حسب کیلوگرم)؛  $C$  = محک بارمبنا؛  $n$  = ضریب ثابت برای یاتاقان‌های ساچمه‌ای برابر ۳ و برای یاتاقان‌های غلتکی برابر ۳/۳۳۴ است.

عمر یاتاقان‌ها برای ماشین‌های کشاورزی که به‌طور متناوب از آنها استفاده می‌شود ۸۰۰۰-۴۰۰۰ ساعت پیشنهاد شده است (Shigley, 1986). با استفاده از رابطه ۳، محک بار مبنا ۲۵۲ کیلوگرم به دست آمد که باتوجه به جداول انتخاب یاتاقان‌ها، یاتاقان نوع ساچمه‌ای یک‌ردیفه با شیر عمیق از نوع SKF6007



شکل ۴- شبکه ضد کوبنده

جدول ۱- مشخصات ظاهری غلاف و دانه بادام زمینی

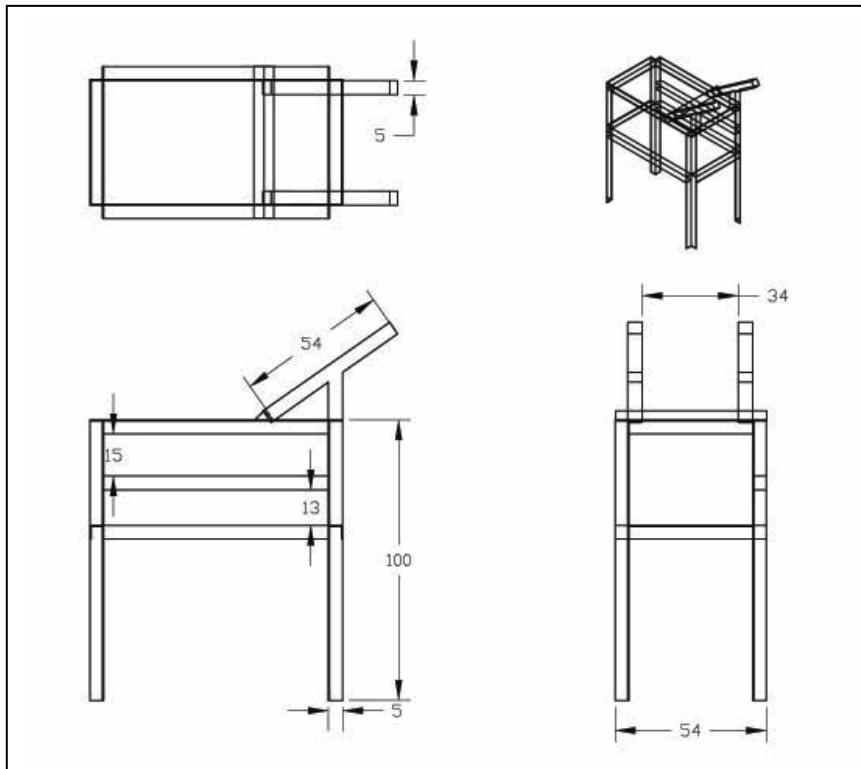
انحراف معیار (SD)	متوسط	مینیمم	ماکزیمم		
۱/۶۲	۱۶/۳۸	۱۱/۷	۲۰	قطر (میلی متر)	غلاف بادام زمینی
۵/۹۹	۳۷/۷۷	۱۹/۵	۵۵	طول (میلی متر)	
۲/۲۹	۱۰/۶۶	۹	۱۲	قطر (میلی متر)	دانه بادام زمینی
۱/۴۱	۱۹/۳	۱۷	۲۲	طول (میلی متر)	

محصول با کوبنده و ضد کوبنده به تدریج و به صورت یکنواخت افزایش یابد.

شاسی دستگاه از نبشی با بال ۵ میلی متر ساخته شد. بر حسب نیاز، روی شاسی محلی برای سوار شدن کوبنده، الکتروموتور، یاتاقان های فن، سینی، قیف تغذیه، و پوشش کوبنده در نظر گرفته شد. عرض، طول، و ارتفاع شاسی به ترتیب ۵۴، ۹۰، و ۱۰۰ سانتی متر در نظر گرفته شد (شکل ۵).

با توجه به متوسط قطر و طول غلاف و دانه، قطر سوراخ های ضد کوبنده ۲۰ میلی متر به فواصل ۵ میلی متر از هم در نظر گرفته شد.

ضد کوبنده به وسیله پیچ و مهره به شاسی متصل شد و فاصله آن در جلو و عقب با پیچ و مهره قابل تغییر بود. فاصله ضد کوبنده با کوبنده در محل ورود محصول دو برابر مقدار آن در انتها در نظر گرفته شد. این کار سبب تغذیه بهتر محصول و همچنین موجب می شود تا درگیری



شکل ۵- شاسی

زیر ضد کوبنده یک سینی فلزی قرار داده شد تا مخلوط پوست و دانه‌های خارج شده از ضد کوبنده روی آن ریخته شوند. فن، با ایجاد باد پوست و دانه‌ها را از هم جدا می‌کند. کانال فلزی جهت هدایت محصول به داخل سینی، در زیر ضد کوبنده و بالای سینی تعبیه شد. این کانال محصول خارج شده از ضد کوبنده را به ابتدای سینی هدایت می‌کند، تا فرصت کافی برای جداسازی دانه و پوست وجود داشته باشد. سینی دانه شیب‌دار تعبیه شد؛ شیب آن بر اساس پیشنهاد چینشوان و همکاران (Chinsuwan *et al.*, 1983) ۴۰ درجه انتخاب گردید.

برای تعیین دبی مناسب باد برای جداسازی پوست و دانه‌های بادام‌زمینی، وزن مخصوص و درصد رطوبت غلاف، دانه، و پوست بادام‌زمینی اندازه‌گیری شد. وزن مخصوص ظاهری با استفاده از استوانه مدرج و وزن مخصوص حقیقی با روش جابه‌جایی مایع در استوانه مدرج اندازه‌گیری شد (Atiku, 2004). میانگین این

اندازه‌گیری‌ها در جدول ۲ آمده است.

نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد که وزن مخصوص ظاهری دانه بیش از ۷ برابر وزن مخصوص ظاهری پوست و وزن مخصوص حقیقی دانه نزدیک به سه برابر وزن مخصوص حقیقی پوست و به معنای آن است که امکان جداسازی دانه و پوست بادام‌زمینی با استفاده از جریان هوا وجود دارد. دبی باد با تغییر دور و تغییر میزان بازبودن دریچه ورودی فن قابل تنظیم است. برای تغییر دبی باد از تغییر دور فن استفاده شد. سطح مقطع عبور هوا ۴۰۰ سانتی‌متر مربع در نظر گرفته شد. پوست‌گیری بادام‌زمینی با دستگاه آغاز و دور فن آرام آرام افزایش داده شد. زمانی که اولین دانه‌های بادام‌زمینی با پوست از سینی دانه خارج شدند افزایش دور متوقف گردید. سپس دور فن اندکی کاهش داده شد تا دانه‌هایی نظیر دانه‌های یادشده دیگر از سینی خارج نشوند. دور به دست آمده ثبت و این کار ۵ بار تکرار شد.

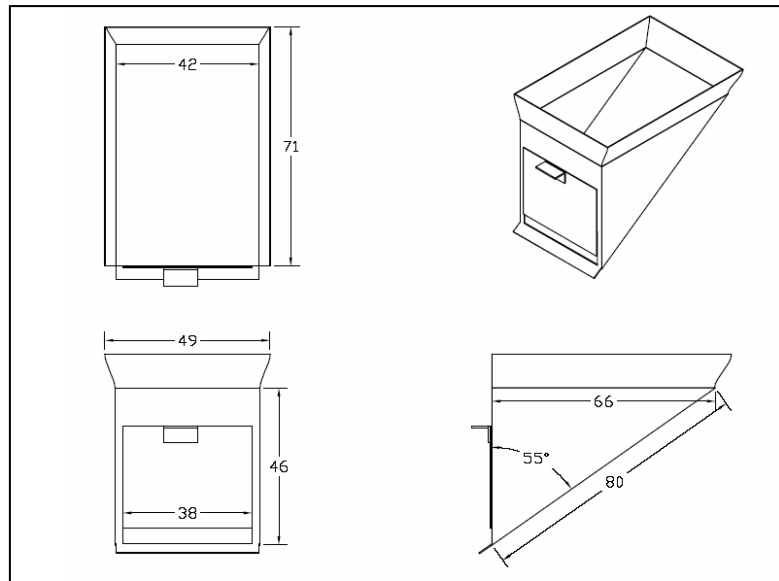
جدول ۲- وزن مخصوص و درصد رطوبت غلاف، دانه، و پوست بادام‌زمینی

پوست	دانه	غلاف	
۸۲/۸	۵۹۶/۳	-	وزن مخصوص ظاهری (کیلوگرم بر متر مکعب)
۳۳۶/۷	۹۸۳/۱	-	وزن مخصوص حقیقی (کیلوگرم بر متر مکعب)
۹/۰۷	۶/۵	۷/۳۸	رطوبت (وزن تر)

ساخته شد. این شیب بر اساس پیشنهاد آتیکو (Atiku, 2004) برابر با زاویه اصطکاک داخلی غلاف و معادل ۳۵ درجه در نظر گرفته شد. در خروجی قیف قابل تنظیم ساخته شد تا امکان تنظیم خوراک‌دهی فراهم شود (شکل ۶).

یک قیف تغذیه به منظور هدایت بادام‌زمینی به واحد کوبنده و به شکل هرم ناقص ساخته و روی شاسی مستقر شد. خروجی قیف تغذیه به ورودی واحد کوبنده متصل گردید. کف قیف تغذیه به منظور خوراک دهی به واحد کوبنده شیب‌دار





شکل ۶- قیف تغذیه

رطوبت غلاف. از بین این پارامترها، سرعت خطی کوبنده و فاصله بین ضد کوبنده و کوبنده، با توجه به اهمیت آنها، به عنوان متغیرهای آزمون انتخاب شدند. آزمون و ارزیابی ماشین پوست‌کن بادام‌زمینی در قالب طرح فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با پارامترهای سرعت خطی کوبنده در چهار سطح (۴، ۵، ۶، و ۷ متر بر ثانیه) و فاصله کوبنده با ضد کوبنده در چهار سطح (۸، ۱۲، ۱۶، و ۲۰ میلی‌متر) و با سه تکرار اجرا شد. بر اساس تحقیقات گذشته، سرعت بیش از محدوده انتخابی درصد شکستگی محصول را به شدت بالا می‌برد و سرعت کمتر، از راندمان پوست‌گیری می‌کاهد. فاصله کوبنده و ضد کوبنده با توجه به اندازه دانه بادام‌زمینی (جدول ۱) در محدوده کمتر از کوچک‌ترین بعد دانه (۱۰/۶۶ میلی‌متر) و بیشتر از بزرگ‌ترین بعد دانه (۱۹/۳ میلی‌متر) در نظر گرفته شد. در هر آزمایش، راندمان پوست‌گیری دستگاه و درصد شکستگی دانه‌ها با استفاده از روابط ۴ و ۵ محاسبه شد (Atiku, 2004).

برای چرخاندن کوبنده به ۲ اسب بخار و برای به‌کار انداختن فن براساس اطلاعات دفترچه فنی آن به ۳ اسب بخار قدرت نیاز بود. بنابراین، برای تامین نیروی چرخش کوبنده و فن از یک الکتروموتور ۴ کیلووات (۵ اسب بخار) استفاده شد. برای تغییر دور کوبنده و فن در هنگام ارزیابی پوست‌کن از یک دستگاه اینورتور<sup>۱</sup> استفاده شد. این دستگاه قابلیت تغییر دور الکتروموتور را از صفر تا حداکثر قابل حصول دارد. فرکانس موتور روی مانیتور دستگاه اینورتور قابل مشاهده بود. دقت اینورتور برای تغییر دور موتور تا ۰/۰۱ دور بر ثانیه بود.

به منظور رعایت ایمنی و جلوگیری از پرش دانه و پوست از واحد کوبنده، طرفین و سطح کوبنده با پوششی از آهن گالوانیزه پوشانده شد.

### آزمون و ارزیابی

پارامترهای اصلی مؤثر بر عملکرد دستگاه عبارت‌اند از: سرعت خطی کوبنده، فاصله بین ضد کوبنده و کوبنده، قطر روزنه‌های ضد کوبنده، وضعیت سطح کوبنده، و درصد

$$(۴) \quad \text{راندمان پوست گیری} = (N1 + N2) \times 100 / Nt$$

## نتایج

نتایج آنالیز واریانس تاثیرات سرعت خطی کوبنده و فاصله کوبنده و ضد کوبنده بر راندمان پوست گیری و شکستگی دانه‌ها در جدول ۳ گزارش شده است.

$$(۵) \quad \text{درصد شکستگی} = (N2 + N3) \times 100 / Nt$$

تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان می‌دهد که سرعت خطی کوبنده و فاصله کوبنده با ضد کوبنده تاثیر معنی داری بر راندمان پوست گیری دارند، در حالی که درصد شکستگی دانه‌ها تنها تحت اثر فاصله کوبنده و ضد کوبنده است ( $P < 0.01$ ). اثر متقابل این دو عامل بر پارامترهای یادشده معنی دار نیست.

که در آنها،  $N1 =$  وزن دانه کاملاً پوست گیری شده و سالم (بر حسب کیلوگرم)؛  $N2 =$  وزن دانه کاملاً پوست گیری شده و شکسته (بر حسب کیلوگرم)؛  $Nt =$  وزن کل دانه (بر حسب کیلوگرم)؛ و  $N3 =$  وزن دانه نیمه پوست گیری شده و شکسته (بر حسب کیلوگرم) است.

ظرفیت موادی دستگاه از رابطه ۶ محاسبه شد

(Behroozi Lar, 1992):

مقایسه میانگین‌ها در جدول‌های ۴ و ۵ نشان داده شده است. بیشترین راندمان پوست گیری مربوط به سرعت خطی ۷ متر بر ثانیه (میانگین ۸۸/۰۷ درصد) است که با سطوح ۵ و ۶ متر بر ثانیه تفاوت معنی داری نشان ندارد ولی اختلاف آن با سطح ۴ متر بر ثانیه معنی دار است (جدول ۴).

$$(۶) \quad \text{مقدار محصول پوست گیری شده (کیلوگرم)} = \frac{\text{ظرفیت موادی (کیلوگرم در ساعت)}}{\text{زمان (ساعت)}}$$

جدول ۳- جدول آنالیز واریانس تیمارهای آزمایشی

F		میانگین مربعات		درجه آزادی	منابع تغییر
راندمان پوست گیری	شکستگی دانه	راندمان پوست گیری	شکستگی دانه		
۱۸/۹۷۷۶**	۰/۲۴۴۰ ns	۵۷۰/۵۴۲	۱۳/۲۴۱	۳	سرعت خطی
۱۲۴/۴۱۹۰**	۱۸۹/۴۴۱۶**	۳۷۴۰/۵۲۳	۱۰۲۷۹/۱۷۸	۳	فاصله
۱/۲۶۱۷ ns	۰/۸۸۵۴ ns	۱۱۳/۷۹۱	۱۴۴/۱۲۳	۹	سرعت خطی × فاصله
-	-	۳۰۰/۶۳۹	۵۴۲/۶۰۴	۳۰	خطای آزمایش

\*\* اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد؛ ns نبود اختلاف معنی دار

طراحی، ساخت، و ارزیابی پوست کن...

بهترین راندمان پوست گیری مربوط به فاصله ۸ میلی متر (با میانگین ۹۴/۶۹ درصد) است که با سایر سطوح تفاوت معنی داری نشان می دهد (جدول ۵). کمترین میزان شکستگی دانه بادام زمینی مربوط به فاصله ۲۰ میلی متر (با میانگین ۱۲/۲۵ درصد) است که با سطح اول و سوم فاصله (۸ و ۱۶ میلی متر) اختلاف معنی داری نشان می دهد، اما با فاصله ۱۲ میلی متر در یک کلاس معنی داری قرار دارد (جدول ۵). نتایج حاصل با نتایج تحقیقات چینشوان و همکاران (Chinsuwan, 1983) مطابقت دارد.

جدول ۴- مقایسه میانگین راندمان پوست گیری در سطوح مختلف سرعت ختی کوبنده

راندمان پوست گیری	سرعت (متر بر ثانیه)
۷۸/۹۵b	۴
۸۵/۳۳A	۵
۸۶/۳۵a	۶
۸۸/۰۷a	۷

جدول ۵- مقایسه میانگین راندمان پوست گیری و درصد شکستگی در سطوح مختلف فاصله کوبنده و ضد کوبنده

راندمان پوست گیری	درصد شکستگی	فاصله (میلی متر)
۹۴/۶۹a	۴۸/۸۰a	۸
۸۹/۱۵B	۱۵/۶۵bc	۱۲
۸۴/۰۱c	۱۸/۳۰b	۱۶
۷۰/۸۵d	۱۲/۲۵c	۲۰

بنابراین، در صورتی که در فرایند پوست گیری بادام زمینی ترکیب بهترین راندمان پوست گیری با کمترین میزان شکستگی مد نظر باشد، سرعت ختی استوانه باید ۵ تا ۷ متر بر ثانیه و فاصله ضد کوبنده و کوبنده در حد ۱۲ میلی متر تنظیم شود. لازم است یادآوری شود که شکستگی دانه بادام زمینی در کلیه تیمارها به صورت دو لپه شدن است و خرد شدن دانه به ندرت اتفاق افتاده است. بنابراین، دانه های شکسته قابل استفاده هستند (شکل ۷). دانه های پوست گیری نشده عمدتاً دانه های ریز و نارس با مغز ناقص و فاقد ارزش هستند. ظرفیت دستگاه ۴۰۰ کیلوگرم در ساعت برآورد شد.



شکل ۷- دانه شکسته شده توسط پوست کن

### نتیجه گیری

ترکیب بهترین راندمان پوست گیری با کمترین میزان شکستگی مد نظر باشد سرعت خطی استوانه باید ۵ تا ۷ متر بر ثانیه و فاصله شبکه ضد کوبنده و استوانه کوبنده ۱۲ میلی متر تنظیم شود. شکستگی دانه بادام زمینی در همه آزمایش ها به صورت دو لپه ای شدن است و خرد شدن دانه به ندرت اتفاق افتاده است. بنابراین، دانه های شکسته قابل استفاده هستند. دانه های پوست گیری نشده عمدتاً دانه های ریز و نارس با مغز ناقص و فاقد ارزش بودند.

سرعت خطی استوانه پوست کن و فاصله استوانه با شبکه ضد کوبنده با احتمال ۹۹ درصد بر راندمان پوست گیری تاثیر معنی داری دارند در حالی که روی درصد شکستگی دانه ها تنها عامل فاصله در سطح احتمال ۱ درصد تاثیر معنی دار نشان داده است. اثر متقابل این دو عامل بر هیچ یک از پارامترهای یاد شده معنی دار نبوده است. در صورتی که در فرایند پوست گیری بادام زمینی

### مراجع

- Ackali, I. 1996. An approach to developing a peanut sheller. *AMA*. 27(3): 44-50.
- Atiku, N. Aviara, and Haque, M. 2004. Performance evaluation of a Bambara ground nut sheller. *Proceeding of the Agricultural Engineering International Conference. CIGR J. Sci. Res. Develop. Manuscript PM 04 002. Vol. VI. July.*
- Behrooz Lar, M. 1992. *Farm Power and Machinery Management*. University of Tehran Pub. Tehran. Iran. (in Farsi)
- Borghei, A. M. 1989. *Element the Machine*. University of Tehran Pub. Tehran. Iran. (in Farsi)
- Chinsuwan, W., Wongpichet, S., Sudajan, S., Hengnirun, S. and Suphabenjukul, W. 1983. *Final Report Groundnut Sheller (Thailand)*. Submitted to the International Development Research Center (IDRC, Canada). Available on the: <http://archive.idrc.ca/library/document/060359/>. Accessed 18 Dec. 2005.
- Chung, D., Kim, S. and Cho, Y. 1985. *Studies on the development of a peanut sheller*. Inst. Agric. Mechanization. Bulletin. Suweon. Korea Republic.

طراحی، ساخت، و ارزیابی پوست کن...

**Davidson, J. 1974. Some effects of commercial type peanut sheller design and operation on seed germination. Peanut sci. 1(2): 78-81.**

**Gore, K. L., Gupta, C. P. and Gajendra, S. 1990. Development of power operated groundnut sheller. AMA. 21(3): 38-44.**

**Gupta, C., Singh, G. and Gore, K. 1988. Design and operation of paddle operated peanut sheller. Conference on Agricultural Engineering. Sep. 25-30. Australia. National Conference Pub. No. 88-12.**

**Kewal, P. and Juneja, B. L. 1984. Machine Design. Dhanpat Rai and Sons.**

**Mirnezami Ziabari, H. 1995. Faqts and Oils. Mashhad Pub. Co. Mashhad. Iran. (in Farsi)**

**Popov, E. P. 1976. Mechanics of Materials. Mcgraw-Hill Book Co.**

**Shigley, J. E. 1986. Mechanical Engineering Design. Mcgraw-Hill Book Co.**



## **Design, Development and Evaluation of a Peanut Sheller**

**M. A. Rostami\***

\* Corresponding Author: Academic Member, Agricultural Engineering Research Department, Agricultural and Natural Resources Research Center, P. O. Box: 76175-445, Kerman, Iran. E-mail: marostamy@yahoo.com

Peanuts, an oilseed crop, contain about 46% oil. The peanut shell can be used as fuel or pellets and its dry matter as feedstuff. The whole pods consist of 1-6 kernels. Shelling is done at harvest time when the pod moisture content is 5-10%. In this research, a peanut sheller was designed and developed to separate the shell from the pod. The sheller included a hopper, sheller cylinder, concave, kernel tray, fan, electric motor, belt, pulley, frame, cover and bearings. Four cylinder speeds (4, 5, 6, 7 m/s) and four clearance levels between the sheller cylinder and concave (8, 12, 16, 20 mm) were tested. The effect of cylinder speed and clearance on shelling efficiency and peanut breakage was investigated. The experimental design was factorial with a completely randomized block design. The results indicated that cylinder speeds of 5 to 7 m/s and a clearance of 12 mm produced maximum shelling efficiency and minimum kernel breakage.

**Key Words:** Design, Kernel, Peanut, Sheller