



Research Paper

Design, manufacture and evaluation of almond peeler

Azad Ghafari¹, Aref Mardani^{1*} and Farooq Sharifian¹

¹ Department of Mechanical Engineering of Biosystems, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran

Article history	Abstract
Submitted: 2025/10/12	In this research, a device for peeling green almond skins with the ability to use single-phase electricity. This study aims to design and evaluate an almond peeling machine. The mechanical design of the machine components was carried out based on design principles. Three variables including the rotational speed of the drum, its distance from the concave, and the thickness of the rubbers were selected as the test factors. Statistical analysis showed that the rotary speed of the crusher and its distance from the concave significantly affected the peeling efficiency (with a confidence level of 1%). Taguchi analysis indicated that the ranks of 1 to 3 were obtained for the factors of impactor speed, distance between impactor and concave, and rubber thickness on the capacity of the device respectively. In relation to comparing the effect of the factors of the speed of the threshing machine, the distance between the threshing machine and the concave and the thickness of the rubbers on the percentage of almond breakage by the device, shows the ranks 1 to 3 for these three factors, respectively. The device was successfully designed and built and its performance was evaluated based on practical needs and application expectations. The results showed that the designed device was able to achieve the intended goals well.
Revised: 2025/11/05	
Accepted: 2025/11/25	
Published online: 2025/12/21	
Keywords: Almonds Peel Pistachios Kernels Design manufacture.	
*Corresponding author email: a.mardani@urmia.ac.ir	
ORCID:  0000-0002-9227-1726	
	

How to cite this paper:

Ghafari, A., Mardani, A. and Sharifian, F. (2025). Design, manufacture and evaluation of almond peeler. Journal of Researches in Mechanics of Agricultural Machinery. 37: 15-28. <https://dx.doi.org/10.22034/jrmam.2026.14800.737> (In Persian)



Authors retain, F. the copyright and full publishing rights. Published by [Shahrekord University](https://www.shahrekord.ac.ir). This article is an open access article licensed under the [Creative Commons Attribution 4.0 International \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

<https://dx.doi.org/10.22034/jrmam.2026.14800.737>

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

Post-harvest processing of almonds involves removing the outer green skin (hull) from the almonds, which is an important step in product preparation. The moisture content of the green skin has a significant impact on the ease and quality of peeling. Almond kernel breakage is considered as one of the key indicators in the process of evaluating product quality. Cracking or breaking of the hard shell of almonds can cause mechanical damage such as breakage or scratches on the kernel, which ultimately leads to a decrease in the marketable quality of the product. The design and development of an almond peeling machine is considered an important technical need, given the increasing need for mechanization in agricultural processes. This machine reduces production costs by improving the speed and accuracy of the peeling process. Green almond shellers are mainly designed based on the principles of controlled abrasion and impact. The most common design of these machines consists of a shelling cylinder in which the almonds are guided into a horizontal lattice or cage cylinder. This study aims to design and evaluate an almond peeling machine. This device is designed to be able to operate with single-phase and three-phase electricity, combustion engines, and tractor power, making it easy for farmers and gardeners to use. It has the ability to separate the green skin of almonds from their hard skin, and to clean all types of stone and paper almonds.

Material and Methods

In this research, a device for peeling green almond skins with the ability to use single-phase electricity, a combustion engine, or a tractor's power axle was designed, manufactured, and evaluated. The main components of the machine include the chassis, feed hopper, thresher, concave, carrying handles, tractor attachment arms, bearings, and carrier wheels. Three variables including the rotational speed of the drum, its distance from the concave, and the thickness

of the rubbers were selected as the test factors. In evaluating the performance of the device, the effect of the parameters of the agitator rotational speed at three levels (150, 300, and 540 rpm), the distance of the agitator from the grooved cylinder at three levels (20, 30, and 50 mm), and the thickness of the rubber at three levels. →Surface (60, 80, and 100 mm) was evaluated in a factorial design based on randomized complete blocks on peeling efficiency and fracture percentage of almond kernels.

Results and Discussion

The mechanical design of the machine components was carried out based on design principles and was manufactured and assembled taking into account a sufficient safety factor in each part of the machine. Based on the results of variance analysis, the factors of the rotary speed of the crusher, the distance between the crusher and the concave, and the thickness of the rubbers had a direct effect on the peeling efficiency and the percentage of broken hard skin of almonds. Statistical analysis showed that the rotary speed of the crusher and its distance from the concave significantly affected the peeling efficiency (with a confidence level of 1%). The percentage of broken skin was also affected by the distance between the crusher and the counter-crusher, the rotary speed, and the thickness of the rubbers. In terms of comparing the effects of the three factors considered in the present study, Taguchi analysis indicated that the ranks of 1 to 3 were obtained for the factors of impactor speed, distance between impactor and concave, and rubber thickness on the capacity of the device, and the delta values for these three factors were 277.8, 188.8, and 37.5, respectively. In terms of optimal levels for increasing efficiency, based on the results obtained, the highest speed level, the lowest distance level, and the middle level of rubber thickness were seen to be better. Also derived from the same analysis, the increasing trend of the capacity of the device has occurred with increasing the speed of the threshing and conversely with decreasing the distance. A similar study has

been conducted in relation to comparing the effect of the factors of the speed of the threshing machine, the distance between the threshing machine and the concave and the thickness of the rubbers on the percentage of almond breakage by the device, which shows the ranks 1 to 3 for these three factors, respectively, with delta values of 0.389, 0.232 and 0.106. Also, the lowest level of threshing speed, the highest level of distance and the middle level of the thickness of the rubbers, have included a better signal-to-noise ratio.

Conclusions

The device studied in this research was successfully designed and built. Considering the existing research needs, its performance was evaluated based on practical needs and application expectations. The results showed that the designed device was able to achieve the intended goals well. The findings show that in the design and construction of almond shellers, the quality of the threshing surfaces, the speed, and the blade spacing are key factors in determining efficiency. The decrease in efficiency with increasing distance between the thresher and the counter-thresher indicates the need for a balance between efficiency and durability, which can be considered in future designs. Some of the advantages of the manufactured device include: the ability to operate the device with different power sources, the ability to effectively separate green almond skins completely and uniformly, the ability to clean hard and papery almonds with minimal, significant economic savings such that the total price of this device, compact design and easy transportation (which makes it easy to move and use in different conditions), the ability to adapt to peeling other nut products, and the availability of after-sales service and technical support in the country due to the localization of the production process.

Acknowledgements

The authors would like to acknowledge the Urmia University for financial support.

Author Contributions

Ghafari Azad: Methodology
Mardani Aref: Supervisor
Sharifian Farough: Supervisor

Data Availability Statement

Not applicable.

Ethical Considerations

Authors proclaim that ethical considerations have been observed in conducting this study and confirm adherence to ethical standards, including avoidance of data fabrication, falsification, plagiarism, and misconduct.

Conflict of Interest

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

Conflict of Interest

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper

Funding Statement

The authors received no specific funding for this research.



طراحی، ساخت و ارزیابی دستگاه پوست کن بادام درختی

آزاد غفاری^۱، عارف مردانی^{۱*} و فاروق شریفیان^۱

۱- گروه مکانیک بیوسیستم، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

تاریخچه مقاله	چکیده
دریافت: ۱۴۰۴/۰۷/۲۰	هدف این پژوهش، طراحی، ساخت و ارزیابی یک دستگاه پوست‌گیر بادام درختی به‌منظور جداسازی پوست سبز از پوست سخت بادام است. دستگاه طراحی شده با استفاده از موتور برقی تک‌فاز راه‌اندازی شده و از اجزایی نظیر شاسی، مخزن تغذیه، کوپنده، لاستیک‌های شلاقی، استوانه شیاردار، چرخ‌های حامل، یاتاقان و سامانه انتقال قدرت تشکیل شده است. برای ارزیابی عملکرد دستگاه، آزمایش‌هایی در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار انجام گرفت. متغیرهای مورد بررسی شامل سرعت دورانی کوپنده در سه سطح (۱۵۰، ۳۰۰ و ۵۴۰ دور بر دقیقه)، فاصله همزن از استوانه شیاردار در سه سطح (۲۰، ۳۰ و ۵۰ میلی‌متر)، و ضخامت لاستیک شلاقی در سه سطح (۶، ۸ و ۱۰ میلی‌متر) بود. نتایج تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که سرعت خطی کوپنده، فاصله آن با ضد کوپنده و ضخامت لاستیک به‌کاررفته تأثیر معنی‌داری بر بازدهی پوست‌گیری دارند. از نظر درصد شکستگی دانه‌ها، بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، تنظیم سرعت کوپنده در محدوده ۱۵۰ دور بر دقیقه، فاصله ۳۰ میلی‌متر از استوانه شیاردار و استفاده از لاستیک‌هایی با ضخامت ۶ میلی‌متر، بهترین عملکرد را فراهم می‌آورد. بیش‌ترین شکستگی پوسته سخت تنها در رقم نون پاریل (کاغذی) مشاهده شد، با این حال مغزهای شکسته هم‌چنان قابل استفاده بودند.
واژه‌های کلیدی:	
طراحی	
بادام درختی	
پوست کن	
آجیلی	
مغز بادام	
ساخت.	
*پست الکترونیکی نویسنده	
مسئول:	
a.mardani@urmia.ac.ir	
ORCID: 	
.....۲-۹۲۲۷-۱۷۲۶	



نحوه استناد به این مقاله:

غفاری، آ.، مردانی، ع. و شریفیان، ف. (۱۴۰۴). طراحی، ساخت و ارزیابی دستگاه پوست کن بادام درختی. نشریه پژوهش‌های مکانیک ماشین‌های کشاورزی، ۳۷: ۲۸-۱۵. شناسه دیجیتال: <https://dx.doi.org/10.22034/jrmam.2026.14800.737>

مقدمه

بادام (*Prunus dulcis*) به دو نوع اصلی تقسیم می‌شود: بادام شیرین که برای مصرف خوراکی مناسب است و بادام تلخ که عمدتاً در تولید اسانس‌ها کاربرد دارد. کشت بادام در ایران از دیرباز رواج داشته و هم‌چنان ادامه دارد. یکی از عوامل کلیدی در گسترش کشت این محصول، سازگاری بالای آن با شرایط اقلیمی نیمه‌خشک و آب‌وهوای متنوع ایران است. بادام درختی از نظر تغذیه‌ای بسیار ارزشمند است و در هر ۱۰۰ گرم آن حدود ۵۷۹ کیلوکالری انرژی، ۲۱/۲ گرم پروتئین، ۲۱/۶ گرم کربوهیدرات، ۴/۴ گرم قند، ۱۲/۵ گرم فیبر و ۴۹/۹ گرم چربی وجود دارد (Gradziel & Gradziel, 2009). پوست سبز بادام درختی قابلیت استفاده به‌عنوان خوراک دام را دارد. با توجه به پژوهش‌های کلان کشور برای توسعه محصولات غیرنفتی، به‌ویژه در حوزه کشاورزی، مطالعات مرتبط با این موضوع از اهمیت بالایی برخوردار است. (Massantini & Frangipane, 2022; Schirra *et al.*, 2010). فرآوری بادام پس از برداشت شامل جداسازی پوست سبز بیرونی (هال) از بادام است که مرحله‌ای مهم در آماده‌سازی محصول محسوب می‌شود. رطوبت پوست سبز تأثیر زیادی بر سهولت و کیفیت پوست‌کنی دارد. معمولاً بادام‌ها را پس از برداشت برای چند روز در معرض هوا خشک می‌کنند تا رطوبت پوست سبز به حدود ۸٪ تا ۱۲٪ کاهش یابد که محدوده بهینه برای پوست‌کنی مکانیکی موثر است (Cirhigiri, 2022). پژوهش‌ها نشان می‌دهند در صورتی که رطوبت پوست سبز بادام از حد مشخص شده فراتر رود، فرآیند جداسازی مکانیکی با دشواری مواجه شده و مشکلاتی نظیر رشد کپک و افت کیفیت مغز بادام به وجود می‌آید (Chen *et al.*, 2021).

آجیل، تحت پوست‌گیری و فرآوری پوست کردن قرار می‌گیرد، فرآیندی که شامل حذف لایه نازک و قهوه‌ای رنگی است که آن را پوشانده است.

این عمل با استفاده از روش لایه‌برداری سایشی انجام می‌گیرد، که در آن مغزها روی یک سطح ساینده به چرخش در می‌آیند تا پوست از آن جدا شود (Alina *et al.*, 2024). آسیب‌پذیری مغز بادام به‌عنوان یکی از شاخص‌های کلیدی در فرآیند ارزیابی کیفیت محصول مورد توجه قرار می‌گیرد. ترک‌خوردگی یا شکستن پوسته سخت بادام می‌تواند موجب ضایعات مکانیکی مانند شکستن یا ایجاد خراش بر روی مغز شود که در نهایت، کاهش کیفیت مربوط به بازارپسندی

محصول را به دنبال دارد. در سامانه‌های ایده‌آل فرآوری، انتظار می‌رود که این آسیب‌ها به حداقل ممکن برسد. با این وجود، تنظیمات نادرست ماشین (از جمله سرعت گیربهنه یا فاصله نامناسب تیغه‌ها) احتمال تخریب پوسته و صدمه به مغز را افزایش می‌دهد. بنابراین، بهینه‌سازی عامل‌های دستگاه، متناسب با ویژگی‌های هر رقم بادام (مانند ابعاد دانه و ضخامت پوست) یک ضرورت فنی محسوب می‌شود تا توازن مطلوبی بین بازدهی بالا و حداقل ضایعات حاصل گردد (Kumar *et al.*, 2023).

طراحی و توسعه دستگاه پوست‌کن بادام، با توجه به ضرورت فزاینده مکانیزاسیون در فرآیندهای کشاورزی، یک نیاز فنی مهم تلقی می‌شود. این دستگاه با بهبود سرعت و دقت در فرآیند پوست‌گیری، هزینه‌های تولید را کاهش داده و کیفیت محصول نهایی را در صنایع غذایی و کشاورزی ارتقا می‌بخشد (Xin *et al.*, 2023).

دستگاه‌های پوست‌کن بادام سبز عمدتاً بر مبنای اصول سایش و ضربه کنترل‌شده طراحی شده‌اند. متداول‌ترین طراحی این دستگاه‌ها شامل یک استوانه پوست‌گیری است که در آن، بادام‌ها به داخل یک استوانه افقی مشبک یا قفسی هدایت می‌شوند. در این سامانه، یک محور دوار مجهز به میله‌ها یا تیغه‌های مقاوم با سرعت بالا می‌چرخد و پوست سبز را از سطح بادام جدا می‌کند (Alghamdi & Alsabehi, 2024). در این فرآیند، پوست سبز بادام از طریق برخورد و سایش از سطح غلاف سخت جدا شده و به‌صورت قطعات خردشده خارج می‌شود. فاصله میان سطح کوبنده (مانند تیغه یا میله) و بخش ثابت مشبک (معادل ضدکوبنده در دستگاه‌های کوبشی) قابل تنظیم است تا با اندازه بادام و ضخامت پوست آن هماهنگ شود. تنظیم دقیق این فاصله از اهمیت بالایی برخوردار است، زیرا فاصله کم ممکن است به له شدن یا شکستگی بادام منجر شود، در حالی که فاصله بیش‌ازحد، کارایی فرآیند پوست‌گیری را کاهش می‌دهد (Jafari *et al.*, 2010). درواقع سرعت چرخش کوبنده و فاصله بین کوبنده و بخش مشبک، دو عامل کلیدی در طراحی دستگاه پوست‌کن هستند که تأثیر قابل توجهی بر کارایی فرآیند پوست‌گیری دارند.

در یک تحقیق، عملکرد سه نوع دستگاه پوست‌کن پسته شامل دستگاه‌های استوانه‌ای پیچشی، استوانه‌ای پیچشی تیغه‌ای و استوانه‌ای لاستیکی در زمان‌های مختلف برداشت (ابتدای فصل، میانه فصل و انتهای فصل برداشت) و

با توجه به کشت عمده بادام در مناطق کوهپایه‌ای، کم‌آب، صعب‌العبور و دورافتاده، این دستگاه به‌گونه‌ای طراحی شده که قابلیت راه‌اندازی با برق تک‌فاز و سه‌فاز، موتورهای احتراقی و توان تراکتور را داشته باشد تا استفاده از آن برای کشاورزان و باغداران آسان باشد و توانایی جداسازی پوست سبز بادام از پوست سخت آن را داشته و قابلیت تمیز کردن انواع بادام سنگی و کاغذی را فراهم کند. همچنین با تنظیم برخی عامل‌های دستگاه، امکان پوست‌گیری سایر محصولات آجیلی مانند پسته، فندق و بلوط را داشته باشد. از سویی به دلیل تولید داخلی، از خدمات پس از فروش مناسب برخوردار باشد. علاوه بر این، با قیمت مناسب، باغداران بتوانند آن را به آسانی خریداری کنند. همچنین این موضوع در نظر گرفته شده است که ماشین قابلیت حمل‌ونقل آسان را برای جابه‌جایی دستگاه ساده داشته باشد.

مواد و روش‌ها

۱- طراحی و ساخت دستگاه

در این پژوهش، دستگاهی برای پوست‌گیری پوست سبز بادام درختی با قابلیت استفاده از برق تک‌فاز، موتور احتراقی و یا محور تواندهی تراکتور طراحی، ساخته و ارزیابی شد. آزمایش‌ها روی دو رقم بادام درختی، آذر (سنگی) و نون‌پاریل (کاغذی)، که از باغ‌های منطقه قوشچی شهرستان ارومیه در استان آذربایجان غربی برداشت شده بودند، انجام گرفت. نمونه‌ها در تابستان ۱۴۰۰ به طور تصادفی از درختان تحت شرایط یکسان جمع‌آوری و نگهداری شدند. بادام‌های درختی پس از ورود از طریق قیف تغذیه به محفظه‌ای استولنه‌ای با دیواره شکافدار، در معرض تماس با کوبنده مجهز به سطح برجسته قرار گرفتند. در این سازوکار، اصطکاک میان همزن و ضد کوبنده باعث جداسازی پوست سبز از پوست سخت شد.

نیروی چرخش همزن توسط محور تواندهی تراکتور تأمین گردید. پوست سبز جدا شده از طریق شکاف‌های بدنه دفع شد و بادام تمیز شده از دریچه خروجی خارج گردید. استفاده از تایرهای لاستیکی روی محور کوبنده علاوه بر بهبود فرآیند پوست‌کشی، به انتقال بادام به بیرون از دستگاه نیز کمک کرد. اجزای اصلی دستگاه شامل شاسی، قیف تغذیه، کوبنده، ضد کوبنده، تایرهای لاستیکی، دسته‌های حمل، بازوهای اتصال به تراکتور، یاتاقان‌ها و چرخ‌های حامل

در سه تکرار مورد ارزیابی قرار گرفتند. بالاترین بازدهی پوست‌گیری مربوط به دستگاه استوانه‌ای لاستیکی در پایان فصل برداشت با ۹۰/۸۱ درصد بود. کم‌ترین درصد شکستگی دانه در خروجی دانه و پوست به ترتیب معادل ۰/۴۷ و ۰/۲۳ درصد به دستگاه استوانه‌ای لاستیکی در میانه فصل برداشت تعلق داشت. بیش‌ترین درصد شکستگی دانه در خروجی دانه و پوست به ترتیب ۲/۷۵ و ۸۶/۳ درصد در دستگاه استوانه‌ای پیچشی در ابتدای فصل برداشت مشاهده شد. همچنین، کم‌ترین درصد دانه‌های پوست‌نشده در دستگاه استوانه‌ای پیچشی تیغه‌ای با ۵/۲ درصد در پایان فصل برداشت به‌دست آمد (Afzali, 2014).

در پژوهشی با طراحی و ساخت دستگاهی نوآورانه برای پوست‌کشی پسته (رقم احدی)، با بهره‌گیری از نیروی گریز از مرکز و تحلیل خواص فیزیکی-مکانیکی، فرآیندهای پوست‌کشی، شست‌وشو و خشک‌کردن به‌صورت همزمان انجام شد تا شکستگی پسته و خسارات اقتصادی را کاهش دهد (Khodabakhshian et al., 2010).

طی مطالعه دیگری، فرآیند برداشت و پوست‌گیری مکانیزه بادام درختی در مقیاس وسیع بررسی شد و آزمایش‌های متعددی برای ارزیابی جنبه‌های فنی تجهیزات و ماشین‌های مرتبط با برداشت و پوست‌گیری این محصول انجام گرفت. نتایج حاکی از آن بود که در مقایسه با روش مکانیزه، برداشت و پوست‌گیری دستی در مدت زمان یکسان، بازدهی عملکرد را به یک‌سوم کاهش می‌دهد (Pascuzzi & Santoro, 2017).

در پژوهشی یک دستگاه برای پوست‌کشی گردو (رقم‌های کاغذی و متوسط) طراحی و ساخته شد، که با بهره‌گیری از اصطکاک بین غلتک‌های چرخان و ثابت، و بهینه‌سازی عامل‌های سرعت چرخش، زمان و فاصله برس‌ها، پوست‌کشی مؤثری با حداقل آسیب به مغز گردو ارائه داد و کارایی آن نسبت به روش‌های سنتی بهبود یافت (Ghadernejad et al., 2014).

بررسی‌ها و مطالعات انجام‌شده در استان‌های آذربایجان غربی، کردستان، و چهارمحال و بختیاری، که سطح زیر کشت بادام درختی در آن‌ها نسبت به سایر استان‌های ایران بیش‌تر است، نشان می‌دهد که هنوز هم به‌طور فزاینده استفاده از ماشین برای پوست‌گیری بادام مرسوم نیست. هدف این مطالعه، طراحی و ارزیابی دستگاه پوست‌کن بادام است که ویژگی‌های زیر را داشته باشد:

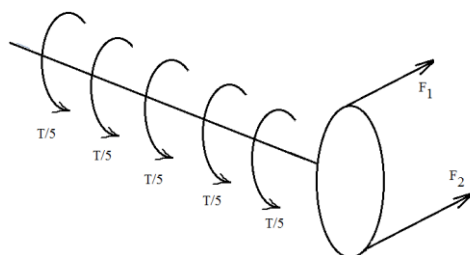
پیشنهادی استاندارد ASME انجام شده است (Armah, 2018).

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

که در آن τ : تنش برشی مجاز (بر حسب کیلوگرم بر میلی متر مربع)، d : قطر محور (بر حسب میلی متر)، C_m و C_t : ضریب های تصحیح خستگی و شوک؛ M : بیش ترین گشتاور خمشی (بر حسب نیوتن - متر)؛ T : بیش ترین گشتاور پیچشی (بر حسب نیوتن - متر) است.

ضریب های C_m و C_t برای محورهای در حال چرخش که به طور ناگهانی شروع به کار می کنند و دارای شوک های ضعیف هستند، به ترتیب ۲ - ۱/۵ و ۱/۵ - ۱ پیشنهاد شده است. ضریب اطمینان برای محورها ۱/۷ - ۱/۴ پیشنهاد شده است (Rostami, 2008).

قطر محور با استفاده از رابطه ۱ برابر با ۳۳ میلی متر محاسبه شد. با این حال، برای این طراحی، محور استاندارد با قطر ۳۵ میلی متر انتخاب گردید. دیاگرام گشتاور پیچشی محور همزن در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲- دیاگرام گشتاور پیچشی محور همزن

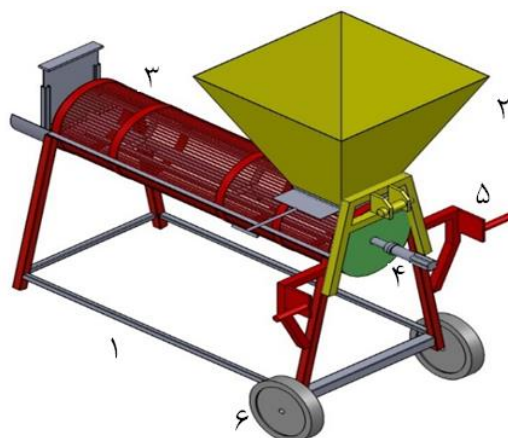
یاتاقان های کوبنده با استفاده از رابطه ۲ طراحی شدند (Shigley et al., 1985):

$$L_{10} = \left[\frac{C}{Fe} \right]^n \quad (2)$$

که در آن، L_{10} عمر یاتاقان (بر حسب میلیون دور)، Fe بار وارده بر یاتاقان و C بار دینامیکی مبنا است. ضریب ثابت n برای یاتاقان های ساچمه ای برابر ۳ و برای یاتاقان های غلتکی برابر ۳/۳۴ است. عمر یاتاقان ها در ماشین آلات کشاورزی که به طور متناوب مورد استفاده قرار می گیرند، بین ۴۰۰۰ تا ۸۰۰۰ ساعت پیشنهاد شده است (Shigley et al., 1985).

با استفاده از رابطه ۲، مقدار بار مبنا ۲۵۲ نیوتن محاسبه شد. بر اساس جدول انتخاب یاتاقان ها، یاتاقان نوع ساچمه ای یک ردیفه با شیار عمیق مدل SKF6007 برای این طراحی

است. طرح واره کلی و نمای انفجاری دستگاه در شکل های ۱ و ۲ نشان داده شده است. ۶ ۵ ۴ ۳ ۲ ۱



شکل ۱- ساختمان کلی دستگاه (۱) شاسی دستگاه، (۲) قیف تغذیه، (۳) ضد کوبنده، (۴) محور انتقال قدرت، (۵) بازوهای اتصال تراکتور، (۶) چرخ های حامل

۲- طراحی قطعات دستگاه

واحد پوست گیری به عنوان بخش عملکردی اصلی دستگاه طراحی شده، به گونه ای توسعه یافته است که حداقل آسیب مکانیکی به مغز بادام وارد شده و بالاترین کارایی در جداسازی پوست سبز حاصل شود. مؤلفه کلیدی این واحد، کوبنده است که ابعاد، هندسه و عامل های عملکردی سایر اجزای پوست گیر را تعیین می کند. ساختار این واحد شامل یک محور اصلی از جنس فولاد 37 st به طول ۱۰۵۰ میلی متر و قطر ۱۲/۷ میلی متر است که توسط دو عدد یاتاقان مدل 207 UPC پشتیبانی می شود. هشت عدد لوله با قطر خارجی ۱۲/۷ میلی متر و طول ۷۰۰ میلی متر به صورت شعاعی به محور متصل شده اند تا پایداری میله های همزن را تأمین کنند. چهار عدد لاستیک با ضخامت ۶ میلی متر و ابعاد ۸۰×۱۰۰ میلی متر به وسیله پیچ و مهره بر روی محور نصب گردیده اند تا علاوه بر ارتقاء کیفیت تماس، در فرآیند انتقال محصول نقش مؤثری ایفا کنند. جداره داخلی محفظه پوست گیر متشکل از ۶۰ میله فولادی با قطر ۶/۵ میلی متر است که با آرایش یکنواخت و فاصله محوری ۷ میلی متر نسبت به یکدیگر قرار گرفته اند و شرایطی مناسب برای اعمال نیروی اصطکاکی ایجاد می کنند. استقرار محور همزن در مرکز محفظه شیاردار، امکان انتقال یکنواخت نیرو و کاهش ارتعاشات را فراهم می کند. طبق رابطه ۱ محاسبه قطر محور بر اساس تئوری بیشینه تنش برشی و مطابق با روابط

سرتاسری طراحی و متصل شده است. فاصله بین شیارها که تأثیر مستقیم بر عملکرد دستگاه دارد، بر اساس ابعاد نمونه بادام‌های اندازه‌گیری شده انتخاب گردید. برای این منظور، مشخصات فیزیکی بادام درختی شامل قطر و طول آن‌ها، در نمونه‌ای متشکل از ۵۰۰ عدد بادام که به طور تصادفی انتخاب شده بودند، اندازه‌گیری شد. نتایج این اندازه‌گیری‌ها در جدول ۱ ارائه شده است.

انتخاب گردید. قطر داخلی، قطر خارجی و ضخامت این یاتاقان به ترتیب ۳۵، ۶۲ و ۱۴ میلی‌متر بود. کوبنده در داخل ضد کوبنده نصب شد و فضای کافی برای عملیات هم‌زدن و پوست‌کنی بادام فراهم شد. بدنه دستگاه از مجموعه‌ای از میله‌های فولادی تشکیل شده که به صورت دوار قرار گرفته‌اند.

استوانه شیاردار به عنوان ضد کوبنده برای عبور پوست جدا شده بادام درختی از میان شیارهای خود به صورت

جدول ۱- میانگین و انحراف معیار خواص فیزیکی ارقام نون پاریل و آذر بادام درختی

مشخصه فیزیکی	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	سطح احتمال معنی دار بودن
طول (mm)	۳۱/۸۶	۳/۲۴	۳۳	۲/۱۴	۰/۰۰۰
عرض (mm)	۲۱/۳۸	۲/۵۱	۲۰/۲۹	۲/۱۹	۰/۰۰۰
قطر متوسط هندسی (mm)	۲/۱۸	۲/۴۴	۱۸/۸۲	۱/۷۳	۰/۰۰۰

$$i = \frac{p}{v} \quad (۴)$$

که I شدت جریان (آمپر)، p توان (وات)، v ولتاژ (ولت) است.

برای اندازه‌گیری شدت جریان، ۵۰ کیلوگرم بادام به داخل مخزن دستگاه ریخته شد. سپس با باز شدن دریچه تنظیم، بادام‌ها توسط کوبنده شروع به کوبش کردند. در حالت کم‌بار، شدت جریان ۴/۹ آمپر و در حالت بیش‌بار هم ۶/۳ آمپر اندازه‌گیری شد.

برای تغییر دور پره‌های دوار، در صورتی که از نیروی برق استفاده شود، از مبدل (اینورتر) بهره‌برداری می‌شود. در صورت استفاده از موتورهای احتراقی، تنظیم دور از طریق کاهش یا افزایش میزان گاز صورت می‌گیرد. در صورتی که دستگاه توسط تراکتور راه‌اندازی شود، دور موتور تراکتور باید با استفاده از گاز دستی تنظیم گردد. این تنظیمات، دوری معادل ۱۵۰ تا ۵۰۰ دور بر دقیقه برای محور تولندهی ایجاد می‌کند. طرح کوبنده در شکل ۳ و طرح‌واره ضد کوبنده (استوانه شیاردار) در شکل ۴ به ترتیب نمایش داده شده‌اند.

با توجه به میانگین قطر و طول بادام، فاصله بین میله‌های نصب‌شده روی بدنه دستگاه برابر با ۷ میلی‌متر در نظر گرفته شد. این فاصله به گونه‌ای تعیین شد که از عبور بادام از میان شیارها جلوگیری شود و همچنین پوست بادام به خارج از

۳- فرآیند انتخاب موتور برقی

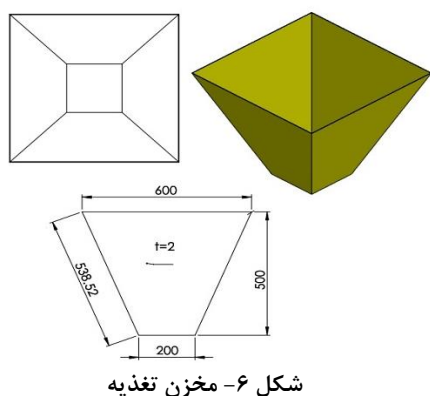
برای تأمین توان الکتریکی دستگاه و انتخاب موتور برقی مناسب، نیاز به مؤلفه‌هایی مانند گشتاور و سرعت دورانی است. بدین منظور، از رابطه ۳ استفاده می‌شود (Shigley *et al.*, 1985):

$$P = \frac{2n\pi T}{60000} \quad (۳)$$

که در آن، n سرعت چرخش موتور برقی انتخابی برای نصب روی دستگاه (دور بر دقیقه) و T میزان گشتاور تولید شده توسط موتور برقی است.

برای آزمون اولیه دستگاه و با توجه به دور مورد نیاز، از موتور برقی تک فاز با دور ۱۴۵۰ دور بر دقیقه و توان ۳ اسب بخار (۲/۲ کیلووات) استفاده شد. پس از انجام آزمون اولیه و راه‌اندازی دستگاه در حالت بیش‌بار، با اندازه‌گیری شدت جریان توسط آمپر متر مشخص گردید که امکان استفاده از موتور برقی با توان کم‌تری وجود دارد. به منظور صرفه‌جویی در مصرف انرژی و بهبود عملکرد دستگاه و همچنین کاهش قیمت تمام‌شده، از موتور برقی ۲ اسب بخار (۱/۵ کیلووات) با دور ۱۴۵۰ دور بر دقیقه بهره گرفته شد. با اندازه‌گیری شدت جریان الکتریکی حین کارکرد دستگاه و استفاده از رابطه ۴، شدت جریان به دست آمد که نشان داد موتور برقی انتخابی قادر به تأمین توان مورد نیاز دستگاه و نصب بر روی آن است.

شاسی دستگاه با توجه به ظرفیت کاری و حجم مخزن که برابر با ۴۰ کیلوگرم تعیین شده بود، طراحی شد. این شاسی بر اساس اندازه مخزن و عملکرد دستگاه انتخاب شده و به ترتیب دارای طول، عرض و ارتفاع ۹۰۰، ۵۰۰ و ۶۰۰ میلی‌متر است. ساخت شاسی با استفاده از قوطی ۳۰×۳۰ میلی‌متر انجام شد. برای انجام عملیات پوست‌گیری، لازم است که بادام مسافتی کم‌تر از ۸۰۰ میلی‌متر را طی کند تا در اثر برخورد با پره‌ها و لاستیک‌ها، پوست‌گیری کامل شود. مدل‌سازی لین دستگاه با استفاده از نرم افزار SOLIDWORKS 2016 صورت گرفت. قیف تغذیه به گونه‌ای طراحی گردید که بتواند ۴۰ کیلوگرم بادام درختی را در خود جای دهد که به منظور هدایت بادام درختی به سمت همزن‌دوار، به شکل هرم ساخته و روی شاسی مستقر شد. خروجی قیف تغذیه به واحد ورودی پوست‌گیری متصل شد. ابعاد مخزن نیز از نظر طول، عرض و ارتفاع برابر با ۶۰۰، ۵۰۰ و ۶۰۰ میلی‌متر در نظر گرفته شده است. در شکل ۵ طرح دریچه کشویی جهت خروج مواد و در شکل ۶ طراحی مخزن نمایش داده شده است.

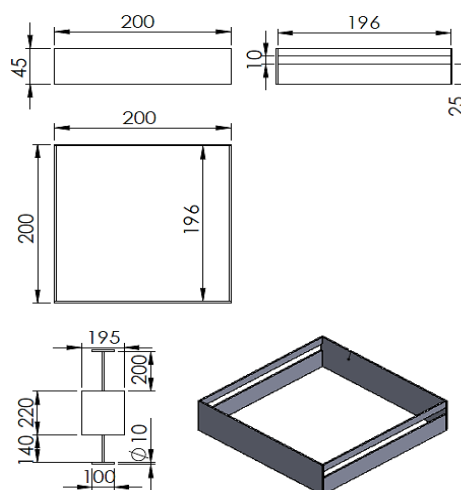


شکل ۶- مخزن تغذیه

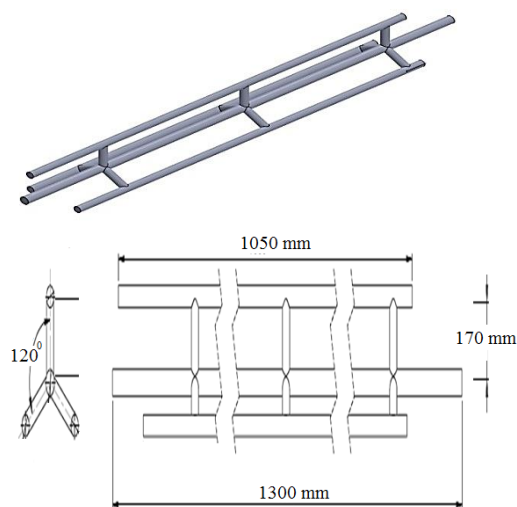
۴- سامانه انتقال قدرت

با توجه به اینکه دستگاه‌ها می‌توانند با منابع مختلف راه‌اندازی شوند، برای بهره‌برداری بهینه و جلوگیری از شکست بادام، سه سرعت ۱۰۰، ۳۰۰ و ۵۴۰ دور بر دقیقه انتخاب شد. سامانه انتقال نیرو به گونه‌ای طراحی شده است که امکان راه‌اندازی دستگاه با سه نوع منبع توان شامل برق، موتورهای احتراقی و تراکتور را فراهم می‌کند. برای استفاده از موتور برقی یا موتورهای احتراقی، دو عدد پولی با قطرهای خارجی ۵۰۰ و ۸۰ میلی‌متر به کار گرفته شد که پولی متحرک (با قطر ۵۰۰ میلی‌متر) از نوع پله‌ای انتخاب گردید. با تسمه‌های جابجایی روی پولی‌ها که به کمک اهرم تنظیم

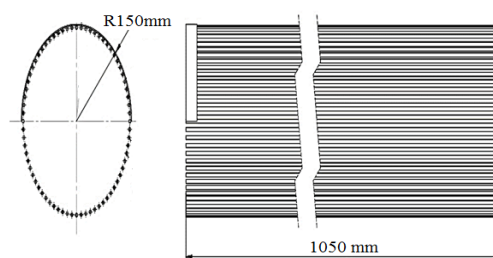
دستگاه پرتاب گردد. میله‌های مورد استفاده دارای قطر ۶/۵ میلی‌متر بوده و از فولاد ST37 ساخته شده‌اند. تمامی میله‌ها به نحوی روی تسمه‌های فلزی نصب شده‌اند که امکان افزودن میله‌های جدید برای کاهش فاصله‌ی بین میله‌های استوانه‌ی شیاردار فراهم باشد؛ به این ترتیب، دستگاه قابلیت استفاده برای سایر محصولات نظیر پسته، فندق و بلوط را نیز خواهد داشت (Hasem, 2021).



شکل ۵- دریچه کشویی ورود مواد به داخل استوانه شیاردار



شکل ۳- طراحی کوبنده



شکل ۴- طرح واره استوانه شیاردار

$$L = \frac{\pi}{2}(D+d) + 2C + \frac{(D-d)^2}{4C} \quad (۶)$$

که در آن L طول تسمه، C فاصله بین مرکز دو پولی، D قطر پولی بزرگ و d قطر پولی کوچک است. بنابراین طول تسمه بر اساس رابطه فوق از نوع B 64 انتخاب شد.

۷- نمونه دستگاه ساخته شده

پس از انجام محاسبات مربوط به ماشین، نمونه واقعی دستگاه، ساخته شده و مورد ارزیابی قرار گرفت. شکل ۸ نمونه ساخته شده دستگاه را نمایش می‌دهد.



شکل ۸- دستگاه ساخته شده در این پژوهش

۸- آزمون و ارزیابی دستگاه

عملکرد دستگاه تحت تأثیر عواملی از جمله سرعت دورانی کوپنده، فاصله بین کوپنده و ضد کوپنده و نوع و ضخامت لاستیک‌های شلاقی قرار دارد. در میان این عوامل، سه متغیر شامل سرعت دورانی کوپنده، فاصله آن از ضد کوپنده، و ضخامت لاستیک‌های شلاقی به عنوان عوامل آزمایش انتخاب شدند. ارزیابی دستگاه پوست گیر بادام درختی بر اساس آزمایش عاملیل و در قالب بلوک‌های کامل تصادفی انجام گرفت. آزمایش‌ها در سه سطح سرعت دورانی کوپنده (۱۷۵، ۳۰۰ و ۵۴۰ دور بر دقیقه)، سه سطح فاصله کوپنده از ضد کوپنده (۲۰، ۳۰ و ۵۰ میلی‌متر) و سه سطح ضخامت لاستیک (۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ میلی‌متر) با سه تکرار اجرا شدند.

بر اساس نتایج مطالعات پیشین، افزایش بیش از حد سرعت، باعث افزایش قابل توجه درصد شکستگی محصول شده و کاهش بیش از حد آن نیز از شدت فرآیند پوست‌گیری می‌کاهد. بازه‌های مربوط به فاصله بین کوپنده و ضد کوپنده با توجه به اندازه‌گیری خواص فیزیکی بادام رقم آذر و نون

می‌شود، امکان تغییر سرعت دورانی پوست‌گیری فراهم می‌شود؛ شکل ۷ این سازوکار تسمه و پولی را نشان می‌دهد. در صورتی که دستگاه توسط تراکتور راه‌اندازی شود، اتصال آن از طریق اهرم‌های مخصوص به بازوهای اتصال تراکتور انجام می‌شود و توان لازم از طریق محور تواندهی تراکتور فراهم می‌شود.



شکل ۷- سازوکار تسمه و پولی

۵- محاسبات مربوط به انتخاب قطر پولی‌های محرک و متحرک در صورت استفاده از موتور برقی برای راه‌اندازی دستگاه

در رابطه با انتخاب قطر پولی‌های محرک و متحرک دور بر دقیقه پولی محرک $\times$ قطر آن برابر است با دور بر دقیقه پولی متحرک $\times$ قطر آن که طبق رابطه ۵ می‌توان نوشت:

$$N_1 D_1 = N_2 D_2 \quad (۵)$$

که N_1 سرعت پولی محرک (rpm)، N_2 سرعت پولی متحرک (rpm)، D_1 قطر پولی محرک (mm)، D_2 قطر پولی متحرک (mm) است.

بر اساس روابط بیان شده، قطر پولی محرک ۸۰ میلی‌متر و قطر پولی متحرک ۴۰۰ میلی‌متر انتخاب شد. در این شرایط، با استفاده از یک موتور برقی با سرعت ۱۴۵۰ دور بر دقیقه، سرعتی معادل ۲۹۰ دور بر دقیقه به دست می‌آید. همچنین، برای تنظیم و تغییر سرعت دورانی واحد پوست‌گیری از یک اینورتر استفاده می‌شود.

۶- محاسبات مربوط به طول تسمه

برای محاسبه طول تسمه طبق رابطه ۶ می‌توان نوشت:

که در آن C: ظرفیت کاری دستگاه (kg/h)، مقدار محصول پوست گیری شده (kg)، t: زمان (h) است.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۲)، عوامل سرعت دورانی کوبنده، فاصله بین کوبنده و استوانه شیاردار (ضد کوبنده)، و ضخامت لاستیک های شلاقی، تأثیر مستقیم بر بازدهی پوستگیری و درصد شکستگی پوست سخت بادام ها داشته اند. تحلیل آماری نشان داد که سرعت دورانی کوبنده و فاصله آن از ضد کوبنده، به طور معنی داری بازدهی فرآیند پوست گیری را تحت تأثیر قرار می دهند (با اطمینان ۱ درصد). درصد شکستگی نیز تحت تأثیر فاصله بین کوبنده و ضد کوبنده، سرعت دورانی و ضخامت لاستیک ها قرار گرفت. نتایج مقایسه ها (شکل های ۹ و ۱۰) نشان می دهد که بیش ترین بازدهی پوست گیری در شرایط با سرعت خطی ۵۴۰ دور بر دقیقه و فاصله ۳۰ میلی متر بین کوبنده و ضد کوبنده به دست می آید. در مقابل، کم ترین میزان شکستگی بادام در سرعت ۱۵ دور بر دقیقه و در همان فاصله (۳۰ میلی متر) به دست آمد.

پاریل (مطابق جدول ۱)، به گونه ای انتخاب شد که کم تر از کوچک ترین بعد دانه (۱۲/۴۴ میلی متر) و بیش تر از بزرگ ترین بعد آن (۲۴/۳ میلی متر) نباشد. در هر مرحله از آزمایش، بازدهی پوست گیری و درصد شکستگی دانه ها با استفاده از روابط ۷ و ۸ محاسبه گردید (Asoegwu & Makanjuola, 2015).

$$(7) \quad N_1 = (N_1 + N_2) \times 100 / N_t \quad \text{بازدهی پوست گیری}$$

$$(8) \quad N_3 = (N_2 + N_3) \times 100 / N_t \quad \text{شکستگی پوست}$$

که در آن ها، N_1 : وزن بادام کاملاً پوست گیری شده و سالم (بر حسب کیلوگرم)؛ N_2 : وزن بادام کاملاً پوست گیری شده و شکسته (بر حسب کیلوگرم)؛ N_t : وزن کل بادام (بر حسب کیلوگرم)؛ N_3 : وزن بادام پوست گیری شده و شکسته (بر حسب کیلوگرم) است.

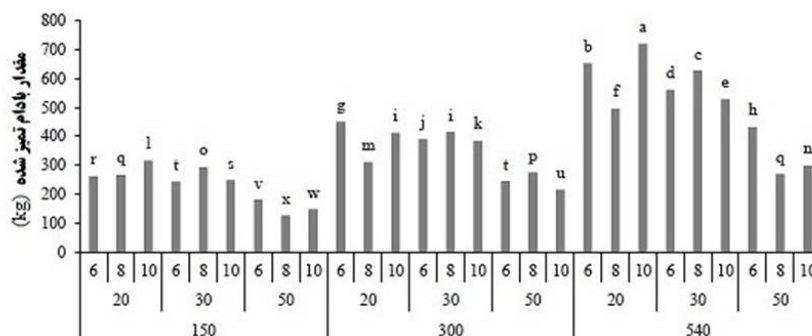
ظرفیت کاری دستگاه توسط رابطه ۹ محاسبه شد (Drees et al., 2017; Olukunle & Akinnuli, 2012).

$$(9) \quad C = \frac{m}{t}$$

جدول ۲ نتایج تأثیر عوامل سرعت، فاصله و ضخامت لاستیک بر ظرفیت دستگاه و درصد شکستگی بادام

منابع تغییرات	درجه آزادی	ظرفیت	درصد بادام شکسته	میانگین مربعات
سرعت	۲	۱۰۵۳۹۳۰**	۲/۴۶۰۰۰**	
فاصله	۲	۵۷۶۰۳۷**	۰/۷۵۸۱۷**	
ضخامت لاستیک	۲	۱۹۴۳۳**	۰/۱۸۶۰۶**	
سرعت × فاصله	۴	۷۶۹۹۷**	۰/۴۶۹۲**	
سرعت × ضخامت لاستیک	۴	۱۸۱۲۷**	۰/۰۷۶۴۰**	
فاصله × ضخامت لاستیک	۴	۹۹۲۲۰**	۰/۴۱۱۱۷**	
خطای آزمایشی		۱/۵۴۷	۴۶۸۹۳/۲	

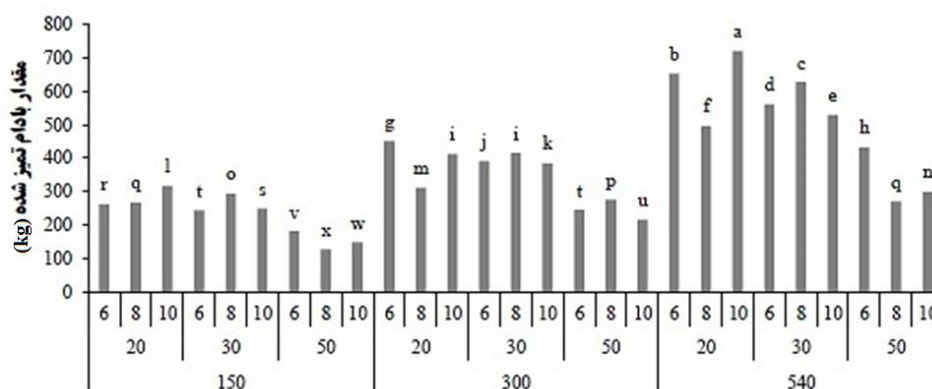
** نشان دهنده معنی داری در سطح احتمال یک درصد است.



شکل ۹- نتایج مقایسه میانگین اثر سطوح عوامل مورد مطالعه بر مقدار بادام تمیز شده بر ساعت

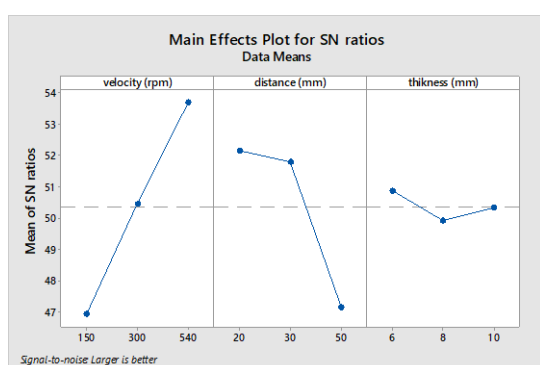
عوامل کلیدی در تعیین کارایی هستند. کاهش کارایی در افزایش فاصله بین کوبنده و ضد کوبنده نشان دهنده نیاز به موازنه بین کارایی و دوام است، که می‌تولند در طراحی‌های آینده مورد توجه قرار بگیرد. این نتایج با نتایج گزارش شده در تحقیقات (Hasantabar *et al.*, 2019; Kilanko, 2018) نیز مطابقت و هماهنگی دارد.

نتایج مقایسه میانگین اثر سطوح عوامل مورد مطالعه بر مقدار بادام تمیز شده بر ساعت حاکی از آن است که میانگین‌ها (با حروف نامتشابه) در سطح احتمال یک درصد بر اساس آزمون چند دامنه Duncan اختلاف آماری معنی‌دار دارند. این یافته‌ها نشان می‌دهد که در طراحی و ساخت پوست‌کن بادام، کیفیت سطوح کوبش، میزان سرعت و فاصله تیغه،



شکل ۱۰- نتایج مقایسه میانگین اثر سطوح عوامل مورد مطالعه بر مقدار بادام شکسته شده بر ساعت

برای افزایش بازدهی نیز بر اساس نتایج به دست آمده بیش‌ترین سطح سرعت، کم‌ترین سطح فاصله و سطح میانی ضخامت لاستیک بهتر دیده شده است (شکل ۱۱). همچنین برگرفته از همین تحلیل، روند افزایشی ظرفیت دستگاه با افزایش سرعت کوبش و متقابلاً با کاهش فاصله روی داده است.



شکل ۱۱- تأثیر عامل‌های سرعت، فاصله و ضخامت لاستیک بر ظرفیت دستگاه

بررسی مشابهی هم در رابطه با مقایسه میزان تأثیر عامل‌های سرعت کوبنده، فاصله بین کوبنده و ضد کوبنده و ضخامت لاستیک‌ها بر درصد شکستگی بادام توسط دستگاه صورت پذیرفته است که نشان دهنده رتبه‌های ۱ تا ۳ به ترتیب برای

هم‌چنین نتایج مقایسه میانگین اثر سطوح عوامل مورد مطالعه بر مقدار بادام شکسته شده بر ساعت نشان داد که میانگین‌ها (با حروف نامتشابه) در سطح احتمال یک درصد بر اساس آزمون چند دامنه Duncan اختلاف آماری معنی‌داری دارند. بر اساس نمودار ارائه‌شده، مشخص است که مقدار بادام شکسته‌شده (g) در برخی ترکیب‌ها مانند سطحی که با حرف a نشان داده شده بسیار بالا بوده و به بیش از ۶۰۰۰ گرم رسیده، در حالی که در برخی سطوح مانند j میزان شکستگی به حدود ۵۰۰ گرم یا کم‌تر محدود شده است. افزایش میزان شکستگی اغلب ناشی از یکی یا ترکیبی از این موارد است: افزایش بیش از حد سرعت، کاهش فاصله بین اجزای ساینده یا تیغه‌ها، عدم تطابق اندازه بادام با اجزای مکانیکی دستگاه که این نتایج با یافته‌های برخی مقالات علمی مانند (Beyhan *et al.*, 2009; Wondi *et al.*, 2023) همخوانی دارد.

از نظر مقایسه تأثیر سه عامل در نظر گرفته شده در مطالعه حاضر نیز انجام تحلیل تاگوچی حاکی از رتبه‌های ۱ تا ۳ به ترتیب برای عامل‌های سرعت کوبنده، فاصله بین کوبنده و ضد کوبنده و ضخامت لاستیک‌ها بر ظرفیت دستگاه بوده است که مقدار دلتا برای این سه عامل به ترتیب ۲۷۷/۸، ۱۸۸/۸ و ۳۷/۵ به دست آمده است. از نظر سطوح بهینه

۷. طراحی فشرده و امکان حمل و نقل آسان، که موجب سهولت در جابجایی و استفاده در شرایط مختلف می شود.
۸. قابلیت تطبیق پذیری برای پوست گیری سایر محصولات آجیلی نظیر پسته، فندق و بلوط با اعمال تنظیماتی در برخی عامل های دستگاه.
۹. فراهم بودن خدمات پس از فروش و پشتیبانی فنی در داخل کشور به دلیل بومی سازی فرآیند تولید.
- در نهایت، با توجه به مزایای متعدد این دستگاه، به نظر می رسد که استفاده از آن توسط باغداران و کشاورزان به عنوان یک گزینه کارآمد، اقتصادی و کاربردی قابل توصیه است.

سپاسگزاری

نویسندگان مراتب سپاس خود را از دانشگاه ارومیه به خاطر حمایت های علمی و آزمایشگاهی اعلام می دارند.

مشارکت نویسندگان

نحوه و میزان مشارکت نویسندگان در انجام این پژوهش به صورت زیر است:

- آزاد غفاری: متدلوژی
- عارف مردانی: استاد راهنما
- فاروق شریفیان: استاد راهنما

دسترسی به داده ها

همه اطلاعات و نتایج در متن مقاله ارائه شده است.

اصول اخلاقی

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این اثر علمی رعایت نموده اند و این موضوع مورد تایید همه آنها است.

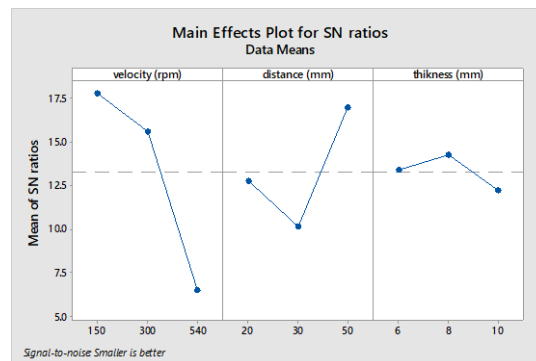
تضاد منافع نویسندگان

نویسندگان اعلام می کنند که هیچ گونه منافع مالی رقابتی یا روابط شخصی شناخته شده ای که ممکن است بر کار گزارش شده در این مقاله تأثیر گذاشته باشد، ندارند.

حمایت مالی

نویسنده (ها) هیچ حمایت مالی خاصی برای انجام این پژوهش دریافت نکرده اند.

این سه عامل با مقادیر دلتای ۰/۳۸۹، ۰/۲۳۲ و ۰/۱۰۶ است (شکل ۱۲). همچنین کمترین سطح سرعت کوبش، بیشترین سطح فاصله و سطح میانی ضخامت لاستیک ها، دربرگیرنده وضعیت بهتر نسبت سیگنال به نویز بوده است.



شکل ۱۲- تأثیر عامل های سرعت، فاصله و ضخامت لاستیک بر درصد شکستگی بادام توسط دستگاه

نتیجه گیری

دستگاه مورد بررسی در این پژوهش با موفقیت طراحی و ساخته شد. با توجه به ضرورت های تحقیقاتی موجود، ارزیابی عملکرد آن بر اساس نیازهای عملی و انتظارات کاربردی صورت گرفت. نتایج حاصل نشان داد که دستگاه طراحی شده توانسته است اهداف مدنظر را به خوبی محقق سازد و از قابلیت های زیر برخوردار است:

۱. امکان راه اندازی دستگاه با منابع توان مختلف شامل برق تک فاز و سه فاز، موتورهای احتراقی و محور توان دهی (PTO) تراکتور.
۲. توانایی جداسازی مؤثر پوست سبز بادام به صورت کامل و یکنواخت.
۳. قابلیت پاک سازی انواع بادام با پوسته سخت و کاغذی.
۴. حداقل میزان آسیب به مغز بادام در طول فرآیند پوست گیری.
۵. قابلیت تولید انبوه در داخل کشور با تکیه بر فناوری بومی.
۶. صرفه جویی اقتصادی قابل توجه؛ به گونه ای که قیمت تمام شده این دستگاه تقریباً نصف نمونه های مشابه خارجی بوده و با هزینه یک دستگاه آسیاب برقی تک فاز برابری می کند.

- Journal of Agricultural Machinery, 9(1), 15-29.
<https://doi.org/10.22067/jam.v9i1.66218>
- Jafari, S., Rashidi, M., Ranjebbar, I., & Seifzadeh, S. (2011). The effect of the speed of the crusher and the distance between the crusher and the counter-crusher on the peeling performance of the green almond peeling machine The First National Conference on New Topics in Agriculture, (In persian).<https://civilica.com/doc/162813>
- Khodabakhshian, R., Bayati, M., Shakeri, M., & Khojastepour, M. (2010). Design and manufacture of a pistachio peeling machine. World Applied Sciences Journal, 11(8), 930-937.
- Kilanko, O. (2018). Design and performance evaluation of centrifugal cashew nut sheller. Agricultural Engineering International: CIGR Journal, 20(1), 162-170.
- Kumar, A., Bhuj, B., & Dhar, S. (2023). New approaches for Almonds (*Prunus amygdalus* Batsch) production in mediterranean climates: A review. Journal of Agriculture and Aquaculture, 5(1).
- Massantini, R., & Frangipane, M. T. (2022). Progress in almond quality and sensory assessment: an overview. Agriculture, 12(5), 710.
<https://doi.org/10.3390/agriculture12050710>
- Olukunle, O., & Akinnuli, B. (2012). Performance evaluation of a single action cassava peeling machine. Journal of Emerging Trends in Engineering and Applied Sciences, 3(5), 806-811.
- Pascuzzi, S., & Santoro, F. (2017). Analysis of the almond harvesting and hulling mechanization process: A case study. Agriculture, 7(12), 100.
<https://doi.org/10.3390/agriculture7120100>
- Rostami, M. A. (2008). Design, construction, and evaluation of a peanut sheller. Food industry engineering research, 9(1), 1-14. (In persian)
- Schirra, M., delle Specie Arboree, C. d. F., & Palloni, M. L. (2010). Postharvest technology and utilization of almonds. Horticultural Reviews, Volume 20, 20, 267.
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9780470650646.ch4.summary>
- Shigley, J. E., Mitchell, L. D., & Saunders, H. (1985). Mechanical engineering design.
<https://doi.org/10.1115/1.3258702>
- Wondi, M. H., Shamsudin, R., Yunus, R., Mohd Basri, M. S., Mohd Ali, M., & Haris, N. I. N. (2023). Design of a separator machine for oil palm fruit mesocarp and nut using computeraided design and linear finite element analysis. Journal of food process engineering, 46(12), e14457.
<https://doi.org/10.1111/jfpe.14457>
- Xin, S., Yuxin, Y., Changhe, N., Tuldi, T., Huimin, Y., & Yifei, C. (2023). Design and test of brush roller type almond peeling machine. Journal of Northwest A & F University-Natural Science Edition, 51(12).
<https://10.13207/j.cnki.jnwafu.2023.12.015>
- منابع
- Afzali Group, H. (2014). Evaluation and comparison of the efficiency of three common types of pistachio peelers in Kerman. Agricultural machinery, 4(2), 206-213.
<https://doi.org/10.22067/jam.v4i2.21168>
 (In persian)
- Alghamdi, A. A., & Alsabehi, R. M. (2024). Almond (*Prunus dulcis*): Comprehensive overview of cultivars, requirements and field Management. Journal of King Abdulaziz University: Meteorology, Environment & Arid Land Agriculture Sciences, 33(1).
- Alina, M. R., Mureşan, C. C., Pop, A., Marţiş, G. S., Mureşan, A. E., Puşcaş, A., Postolache, A. N., Stoica, F., Crivei, I. C., & Veleşcu, I.-D. (2024). An Overview of the Characteristics, Advantages, and Uses of Nuts.
<https://doi:10.5772/intechopen.1006492>
- Armah, S. K. (2018). Preliminary design of a power transmission shaft under fatigue loading using ASME code. American Journal of Engineering and Applied Sciences, 11(1), 227-244.
- Beyhan, M. A., Tekgüler, A., Yıldız, T., & Sauk, H. (2009). Investigation of the performance of a hazelnut husker design used in Turkey. Biosystems engineering, 103(2), 159-166.
<https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2008.10.006>
- Chen, C., Khir, R., Shen, Y., Wu, X., Zhang, R., Cao, X., Niederholzer, F., & Pan, Z. (2021). Energy consumption and product quality of off-ground harvested almonds under hot air column drying. Lwt, 138, 110768.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110768>
- Cirhigiri, G. C. (2022). Qualitative Assessment of Windfall Almonds (*Prunus dulcis*) in California. University of California, Davis.
- Drees, A. M., Ibrahim, M. M., & Aboegela, M. A. (2017). Design, construction and performance evaluation of an almond kernel extraction machine. Agricultural Engineering International: CIGR Journal, 19(4), 133-144.
- Fakayode, O. A. (2015). Process optimisation of mechanical oil expression from *Moringa oleifera* (Lam.)(Moringa) seeds. University of Ibadan.
<http://hdl.handle.net/123456789/173>
- Ghadernejad, K., Zaki, A., Maleki, M. R., Chegini, G., & Aghabra, H. (2014). Design, construction and testing of a walnut huller. Journal of Research in Mechanics of Agricultural Machinery, 3(1).
- Gradziel, T. M., & Gradziel, T. M. (2009). Almond (*Prunus dulcis*) breeding. Breeding plantation tree crops: temperate species, 1-31.
https://doi.org/10.1007/978-0-387-71203-1_1
- Hasantabar, S., Mousavi Seyedi, S. R., & Kalantari, D. (2019). Construction of a Seed Pod Husker and Evaluating with Soybean in Laboratory Scale.