Sustainability Research
Technology Development and Assessment
Journal homepage: http://sr.uma.ac.ir

Design, Fabrication and Evaluation of a Pitting Machine for Cornelian cherry Fruit

Behnam Gharibeh Gharibeh[1]*, Ali Hassanpour[2], Adel Hosainpour[2]

[1] *Biosystem Engineering Department, Agricultural faculty, Tabriz University, Tabriz, Iran*
[2] *Department of Mechanical Engineering of Biosystems, Urmia University, Urmia, Iran.*

ARTICLE INFO

Keywords:
Cornelian cherry
Design
Modelling
Pitting, Puncher

Received: 7 April 2024
Revised: 4 July, 2024
Accepted: 30 November 2024

ABSTRACT

Introduction: Cornelian cherries are a horticultural product that can be effectively planned and invested in for processing due to their high nutrient value. However, this product undergoes various stages from harvest to consumption, and approximately 5 to 8 percent of the annual yield is lost for various reasons. A significant portion of these losses can be attributed to inadequate pitting and packaging techniques, though Cornelian cherry pitting in the country is still occasionally performed using traditional and manual methods. The pitting process is labor-intensive, and the presence of the product core can impede its processing and marketability, resulting in suboptimal sales outcomes. The pitting process is subject to variability in execution by workers, potentially influenced by factors such as fatigue and working conditions. This variability can lead to imperfect pitting, affecting the product's overall quality and marketability. The pitting process is a critical stage in the transformation and processing of agricultural products, such as fruits, with the aim of enhancing their quality and ease of consumption. This process renders the product more customer-friendly, facilitates regular distribution and supply, and offers farmers significant added value. In contemporary fruit markets, a substantial proportion of fruits are pitted and packaged for sale. In contrast, fruits in Iran are less frequently pitted, and cornelian cherries are not an exception to this trend. Consequently, the potential for cornelian cherry pitting in Iran is determined by factors such as new markets, cultural influences, new consumers, and the raw material for other products. Pitting is identified as a process that enhances the added value of cornelian cherries. Consequently, endeavours are underway to automate the pitting process, employing machinery to enhance the precision and consistency of the pitting quality. In this study, a Cornelian cherry pitting machine was designed and constructed based on the needs of gardeners and processing units.

Materials and Methods: The necessity of designing and manufacturing a high-quality Cornelian cherry pitting machine is underscored by various factors, including economic conditions, production, export, and added value. This research involved the design and fabrication of an efficient machine for pitting Cornelian cherries. The machine was engineered to core the cherries while preserving their physical appearance. To this end, a comprehensive examination of the prevailing factors in the design, encompassing design elements, operational conditions, and the physical and mechanical characteristics of Cornelian cherry, was undertaken. In addition, a thorough review of the extant literature was conducted, encompassing the global array of existing designs. A comprehensive analysis of diverse pitting machine processes, coupled with a meticulous examination of the physical and mechanical properties of Cornelian cherry, culminated in the selection and design of a Cornelian cherry pitting machine of the punch type, comprising a punch and matrix. This particular configuration was chosen as it is deemed to be the most technologically viable option, taking into account factors such as cost, technological level, and other pertinent considerations within the given nation. Following the finalization of the mechanisms, the design of the components for the various components of the Cornelian cherry pitting machine was undertaken. The design of various components was carried out with the objective of achieving the highest quality of fruit pitting, the desired capacity of the machine, the least losses, ease and cost-effectiveness of construction. After calculating the dimensions and general specifications of the pitting machine, as well as the necessary calculations for power sources and power transmission, the various parts and systems of the machine with specific sizes were mounted on top of each other with CATIA software, and the final model was produced. Subsequent to the culmination of all design stages, the material utilized in each component of the pitting machine was ascertained in accordance with food industry standards. The manufactured machine is capable of single-seed pitting, a function enabled by the power transmission system and the Geneva mechanism. The design of all components of the Cornelian cherry pitting machine was executed, and its design was prepared by CATIA software. The pitting machine for Cornelian cherry fruit was constructed from the designs extracted from the software.

*Corresponding author: b.gharibeh@tabrizu.ac.ir

https://doi.org/10.22098/sr.2024.14705.1017

Results and discussion: The evaluation of the machine involved the consideration of three primary criteria: product losses during pitting, the maintenance of the product's appearance post-pitting, and the efficacy of the pitting operation. To assess these criteria, a experimental design was employed, incorporating two variables: the type of puncher and the moisture content of the Cornelian cherry fruit. Subsequent to modifying the effective variables in the experiment at the determined levels, variance analysis tables were formulated to ascertain the effect of the aforementioned variables on the output parameters. The significance or non-significance of each variable was then examined according to these tables. To conduct variance analysis, the F and Duncan tests with a 5% probability level were employed in the SPSS 26.0.0.1 program to assess the impact of six treatments (puncher - fruit moisture content) on the magnitude of losses, alterations in the length and diameter of the Cornelian cherry fruit. The efficiency of the machine was examined in three types of punchers: namely, simple, simple round blade, and three-feathered blade, and two moisture content levels of 70 and 75 percent in six treatments. The analysis of variance test demonstrated a statistically significant difference in the losses caused by the product and its final form across the six tested treatments.

Conclusion: The most efficient treatment was identified as the one with 75% moisture content and a three-feathered punch. Under these conditions, 93.33% of the product was successfully pitted, and the lowest meat losses were observed in this treatment.

Sustainability Research
Technology Development and Assessment
Journal homepage: http://sr.uma.ac.ir

طراحی، ساخت و ارزیابی ماشین هسته‌گیر زغال‌اخته

بهنام قریبه قریبه[1*]، علی حسن پور[2]، عادل حسین پور[2]
۱- گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، ایران، تبریز
۲- گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

چکیده

مقدمه و هدف: زغال‌اخته یکی از محصولات باغی است که با توجه به ارزش بالای مواد مغذی آن می‌توان برای فرآوری آن برنامه‌ریزی و سرمایه‌گذاری کرد. این محصول از زمان برداشت تا مصرف، مراحل مختلفی را طی می‌کند و سالانه حدود ۵ الی ۸ درصد از زغال‌اخته تولیدی به دلایل متعددی از بین می‌رود. بخش عمده‌ای از تلفات زغال‌اخته ناشی از عدم هسته‌گیری و بسته‌بندی مناسب می‌باشد که البته هسته‌گیری زغال‌اخته در کشور بعضاً هنوز با روش‌های سنتی و دستی صورت می‌گیرد. به همین دلیل مقدار قابل ملاحظه‌ای از این محصول در حین هسته‌گیری به علت خستگی کارگرها و نبودن شرایط کاری مناسب از بین می‌رود. کارگرها در حین عمل هسته‌گیری محصول تصمیم‌های متفاوتی اتخاذ می‌کنند. لذا، محصول به‌طور عالی هسته‌گیری نمی‌شود وجود هستهٔ محصول مانع جدی در فرآوری و بازارپسندی آن ایجاد کرده است. و خود این امر باعث عدم فروش مناسب محصول می‌گردد. فرآیند هسته‌گیری یکی از مراحل صنایع تبدیلی و فرآوری محصولات کشاورزی نظیر میوه‌ها است که به‌منظور افزایش کیفیت و مصرف راحت آن روی میوه اعمال می‌گردد. همچنین هسته‌گیری سبب مشتری‌پسندی محصول شده و با اعمال این فرایند روی محصول و توزیع و عرضه منظم‌تر ارزش‌افزوده بالایی را نصیب کشاورزان می‌کند. در بازارهای میوه جوامع مدرن، بخش عمده‌ای از میوه‌ها به‌صورت هسته‌گیری شده و با بسته‌بندی‌های برچسب زده‌شده عرضه می‌شوند. در ایران میوه‌ها کم‌تر تحت عملیات هسته‌گیری قرار می‌گیرند که زغال‌اخته نیز از این قاعده مستثنی نیست. بنابراین هسته‌گیری زغال‌اخته از جهات بازارهای جدید، عوامل فرهنگی و مصرف‌کنندگان جدید و ماده اولیه فرآورده‌های دیگر موردتوجه قرار می‌گیرد. هسته‌گیری یکی از فرآیندهایی است که موجب افزایش ارزش‌افزوده زغال‌اخته می‌گردد. بنابراین سعی بر این است تا هسته‌گیری محصولات به‌صورت خودکار و توسط ماشین انجام شود تا کیفیت هسته‌گیری محصول بالا رود. در این پژوهش برمبنای نیاز باغداران و واحدهای فرآوری، ماشین هسته‌گیر میوهٔ زغال‌اخته طراحی و ساخته شد.

مواد و روش‌ها: شرایط اقتصادی، تولید، صادرات، ارزش‌افزوده و بسیاری موارد دیگر تأکید بر اهمیت طراحی و ساخت یک ماشین هسته‌گیر زغال‌اخته باکیفیت مطلوب را دارد. در این تحقیق به طراحی و ساخت یک ماشین کارآمد برای هسته‌گیری زغال‌اخته پرداخته شد به‌طوری‌که زغال‌اخته را با حفظ ظاهر فیزیکی، هسته‌گیری نماید. برای این منظور ضمن بررسی عوامل اصلی دخیل در طراحی اعم از فاکتورهای طراحی، شرایط کاری و خواص فیزیکی و مکانیکی میوهٔ زغال‌اخته، طرح‌های مختلف موجود در جهان نیز مورد مطالعه قرار گرفت. درنهایت بامطالعه فرآیندهای مختلف هسته‌گیری و با توجه به خواص فیزیکی- مکانیکی میوهٔ زغال‌اخته، ماشین هسته‌گیر زغال‌اخته از نوع پانچی یعنی سنبه و ماتریس که مناسب‌ترین تکنولوژی با توجه به قیمت تمام‌شده، سطح تکنولوژی کشور و دیگر عوامل است انتخاب و طراحی شد. با نهایی شدن مکانیزم‌ها، طراحی اجزاء قسمت‌های مختلف ماشین هسته‌گیر زغال‌اخته انجام شد. طراحی اجزاء مختلف نیز به‌منظور دستیابی به بیش‌ترین کیفیت هسته‌گیری میوه، ظرفیت مطلوب ماشین، کمترین تلفات، سهولت و مقرون‌به‌صرفه بودن ساخت انجام شد. پس از انجام محاسبات ابعاد و مشخصات کلی ماشین هسته‌گیر و همچنین محاسبات لازم برای منابع توان و انتقال توان، قطعات و سامانه‌های مختلف ماشین با اندازه‌های مشخص با نرم‌افزار CATIA بر روی‌هم سوار شدند و مدل نهایی تولید شد. بعد از اتمام تمامی مراحل طراحی، جنس مواد مورداستفاده در هرکدام از قسمت‌های ماشین هسته‌گیر نیز متناسب با استانداردهای صنایع غذایی تعیین شد. با توجه به سیستم انتقال قدرت و مکانیزم ژنوای به‌کاررفته، ماشین ساخته‌شده قادر است محصول را تک‌دانه سازی کرده و سپس عمل هسته‌گیری را به‌طور کامل انجام دهد. تمامی قطعات ماشین هسته‌گیر میوهٔ زغال‌اخته طراحی و سپس نقشهٔ آن توسط نرم‌افزار CATIA تهیه گردید و از روی نقشه‌های استخراج‌شده از نرم‌افزار، ماشین هسته‌گیر میوهٔ زغال‌اخته ساخته شد. برای ارزیابی ماشین، تلفات محصول در حین هسته‌گیری، حفظ شکل ظاهری محصول بعد از هسته‌گیری، موفقیت‌آمیز بودن عمل هسته‌گیری به‌عنوان معیارهای اصلی در نظر گرفته شد و از دو متغیر نوع سنبه و محتوای رطوبت میوهٔ زغال‌اخته استفاده شد. که بعد از تغییر دادن متغیرهای مؤثر در آزمایش در سطوح تعیین‌شده، برای تعیین اثر متغیرهای مذکور بر روی پارامترهای خروجی، جداول تجزیه واریانس تشکیل داده شد و معنی‌دار یا عدم معنی‌دار بودن هر متغیر با توجه به این جداول بررسی شد. به‌منظور انجام تحلیل واریانس از آزمونF و دانکن با سطح احتمال ۵ درصد در برنامه SPSS 26.0.0.1، برای بررسی تأثیر تیمارهای شش‌گانه (سنبه – محتوای رطوبت میوه) در میزان تلفات، تغییر طول و قطر میوهٔ زغال‌اخته استفاده شد. کارایی ماشین در سه نوع سنبهٔ ساده، ساده تیغه‌دارگرد و سه پر و دو سطح محتوای رطوبتی ۷۰ و ۷۵ درصد در شش تیمار موردبررسی قرار گرفت. آزمون تحلیل واریانس نشان داد که در تلفات ایجادشده محصول و شکل نهایی آن تفاوت معنی‌داری در شش تیمار مورد آزمون وجود داشت.

نتیجه‌گیری: بهترین کارایی در تیمار با محتوای رطوبتی ۷۵٪ و نوع سنبهٔ سه پر به دست آمد به‌طوری‌که تحت این شرایط ۹۳/۳۳ ٪ محصول به‌طور موفقیت‌آمیز مورد هسته‌گیری قرار گرفت و کمترین تلفات گوشت محصول نیز در این تیمار مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی:
زغال‌اخته
طراحی
مدل‌سازی
هسته‌گیر

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۱۹
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۴/۱۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۹/۱۰

* *Corresponding author: b.gharibeh@tabrizu.ac.ir*
https://doi.org/10.22098/sr.2024.14705.1017

Sustainability Research
Technology Development and Assessment
Journal homepage: http://sr.uma.ac.ir

۱ مقدمه

برای زغال‌اخته با نام علمی (*Cornus mas L*) و نام انگلیسی *Cornelian cherry* یکی از مهم‌ترین میوه‌های ریز متعلق به خانواده *Cornaceae* دارای خواص تغذیه‌ای و دارویی می‌باشد که به‌عنوان یک گیاه وحشی در مناطق اروپایی و آسیایی رشد می‌کند و اخیراً در ترکیه هم کاشت می‌شود [1]. همچنین در ایران محل رویش این گیاه در سه استان آذربایجان شرقی، قزوین و گیلان می‌باشد که در استان آذربایجان شرقی در شهرهای کلیبر، هوراند و جلفا و در استان قزوین در شهرهای الموت و کوهین و در استان گیلان در شهر رودبار پراکندگی دارد [2].طبق آمار ارائه‌شده توسط وزارت جهاد کشاورزی در سال ۱۳۹۷ سطح زیر کشت این میوه در کلیبر ۱۳۰ هکتار باغ بوده که در مناطق حاشیه جنگلی و در مناطق باز به‌صورت خودرو رویش داشته و دارای وسعت انتشار نسبتاً محدود است و از هر هکتار آن به‌طور متوسط شش هزار و ۵۰۰ کیلوگرم محصول برداشت می‌شود. قزوین ۷۶۰ هکتار سطح زیر کشت زغال‌اخته دارد که بیش از ۶۵۰ هکتار در منطقه الموت است [3].

اگرچه زغال‌اخته از دیرباز به‌عنوان غذا و دارو شناخته‌شده است ولی هنوز هم کمتر در زمره میوه‌های مهم موردتوجه قرارگرفته است. مطالعات از صربستان [4, 5] ، از جمهوری چک [6]، از جمهوری اسلامی ایران [7]، از ترکیه [8, 9, 10] ، از لهستان [11, 12] ارزش غذایی بالای میوه زغال‌اخته را تائید می‌کنند که نشان‌دهنده پرورش آن در این کشورها می‌باشد.

زغال‌اخته در تابستان، عرضه می‌شود. این میوه خوش‌طعم، بامزه‌ترش و شیرین، بیشتر حالت تازه خوری داشته ولی به‌صورت خشک، مربا، کنسرو، ترشی، آب‌میوه، سس، نکتار، ژله، مارمالاد، سرکه، لواشک و قرص‌های آنتی‌اکسیدان نیز مورداستفاده قرار می‌گیرد. به‌طورمعمول میوه‌های زغال‌اخته در مرحله قرمز تیره‌رنگ، که عطروطعم مطلوبی دارند، برداشت می‌شوند [13]. میوه آن بیضی است و پس از رسیدن کامل بسیار خوش‌رنگ قرمز روشن تا تیره می‌شود؛ همچنین زغال‌اخته دارای میوه‌هایی به رنگ‌های صورتی، زرد، و یا حتی سیاه، به شکل زیتونی می‌باشد [14].

کیفیت مفهومی است که شامل شاخص‌های حسی (ظاهر، بافت، مزه و عطر)، شاخص‌های مکانیکی و سلامتی می‌باشد و این صفات روی‌هم‌رفته به میوه ارزش اقتصادی می‌دهند [15]. مراحل فرآوری زغال‌اخته عملیات برداشت و پس از برداشت می‌باشد که عملیات پس از برداشت شامل دم‌گیری و سورتینگ (جداسازی) ، هسته‌گیری، خشک‌کردن و درنهایت بسته‌بندی می‌باشد. به دلیل نبود صنایع صنعتی در مناطق مورد کشت این محصول به‌صورت خانگی فرآوری شده و به‌صورت بسته‌بندی غیربهداشتی، فله‌ای و عمدتاً توسط دست‌فروشان دوره‌گرد عرضه و به فروش می‌رسد. زغال‌اخته بدون هسته از جهت ایجاد بازارهای جدید و مصرف‌کنندگان جدید و همچنین به‌عنوان ماده اولیه فرآورده‌های دیگر موردتوجه قرار می‌گیرد. برای اینکه زغال‌اخته موردنیاز در صنایع تبدیلی باکیفیت بالایی تهیه و مورداستفاده قرار گیرد معمولاً زغال‌اخته را به‌صورت خشک‌شده در بسته‌بندی‌هایی قرار داده که بهتر است هسته‌گیری شوند. فرآیند هسته‌گیری یکی از مراحل فرآوری و صنایع تبدیلی محصولات کشاورزی نظیر میوه‌ها می‌باشد که به‌منظور افزایش کیفیت و مصرف راحت آن روی میوه اعمال می‌گردد. عمل هسته‌گیری زغال‌اخته درروش سنتی به‌صورت دستی و یا توسط یک وسیله قدیمی شبیه به سنگ آسیاب انجام می‌گرفت که این عمل، کاری پرهزینه، طاقت‌فرسا، غیربهداشتی و سخت و از سرعت خیلی کمی نیز برخوردار بوده است

با توجه به شکل و خصوصیات فیزیکی و مکانیکی زغال‌اخته، استفاده از هسته-گیرهای پانچی برای این محصول مناسب به نظر می‌رسد. تابه‌حال، برای هسته‌گیری زغال‌اخته، ماشینی با مکانیزم پانچی طراحی نشده است و اکثر تحقیقات انجام‌گرفته و هسته‌گیرهای صنعتی ساخته‌شده برای محصولاتی نظیر خرما و زیتون است. در طرحی[16]، در ماشین هسته‌گیر خرما از روش پانچی استفاده کرد که در آن شیارهایی برای شست و شوی پانچ در نظر گرفته بود. همچنین[17] در ماشین هسته‌گیر خرما از یک پانچ با حرکت نوسانی منحنی استفاده کردند که عملیات هسته‌گیری را در حین حرکت نوار نقاله انجام می‌داد. در طرح ماشین هسته‌گیر پیوسته[18]، برای هسته‌گیری، میوه‌هایی همچون گیلاس، زیتون، خرما و آلو داخل یک گودال ریخته می‌شدند که از زیر آن نوار نقاله رد می‌شد. نوار نقاله شامل حفره‌هایی است که میوه‌ها به‌صورت تک‌تک داخل هریک از حفره‌ها قرار می‌گیرند. سپس میوه‌ها به سمت واحد هسته‌گیر حرکت می‌کنند و در آنجا توسط مجموعه‌ای از پانچ‌ها که به سمت پایین حرکت می‌کنند هسته میوه از گوشت میوه جدا می‌شود. برای اولین بار[19]، از یک مکانیزم گیره‌ای برای خارج کردن هسته از میوه خرما استفاده کردند. این گیره وارد گوشت خرما می‌شد و با گرفتن کامل هسته، آن را از درون میوه خارج می‌کرد. این طرح باهدف حفظ شکل ظاهری میوه و کاهش توقف ماشین بعلت چسبندگی خرما طراحی و ساخته شد. آسیب‌دیدگی خرما به دلیل ورود گیره تا انتهای هسته، کاهش کارایی واحد هسته‌گیری، افزایش لرزش در سرعت‌های زیاد و عدم اطمینان از بسته شدن گیره به دلیل شکل مکانیزم باز و بسته شدن گیره از مهم‌ترین معایب این مکانیزم بودند.

شرکت‌های زیادی اقدام به ساخت انواع ماشین هسته‌گیر میوه‌هایی نظیر خرما، زیتون و گیلاس در طرح‌ها و اندازه‌های متفاوت نموده‌اند، اما در اغلب این ماشین‌ها اطلاعات زیادی درباره چگونگی طراحی آن‌ها در دسترس نیست. بنابراین، با در نظر گرفتن اینکه تابه‌حال ماشینی برای هسته‌گیری میوه زغال‌اخته طراحی و ساخته نشده است و در راستای مکانیزاسیون کشاورزی به‌منظور تسهیل عملیات صنایع تبدیلی و فرآورده‌های میوه زغال‌اخته (خشک‌کردن، تولیدترشی، مربا، لواشک)، افزایش کیفیت در بسته‌بندی، بالا بردن کارایی، سرعت هسته‌گیری و ارائه محصول باکیفیت به بازار در کمترین زمان ممکن، در این تحقیق یک ماشین هسته‌گیر، مورد طراحی، ساخت و ارزیابی قرار گرفت.

۲ مواد و ورش‌ها

زغال‌اخته یکی از مهم‌ترین میوه‌های ریز در منطقه‌ی ارسباران و الموت می‌باشد که کاربردهای زیادی در علوم پزشکی و فرآورده‌های غذایی دارد و ماشینی که برای هسته‌گیری آن در این تحقیق مورد طراحی و ساخت قرار گرفت دارای قسمت‌های اصلی: شاسی، سیستم تغذیه‌کننده، سیستم هسته‌گیر شامل سنبه و ماتریس، سیستم انتقال قدرت شامل الکتروموتور و میل‌لنگ و شاتون و مکانیزم ژنوا، مخازن میوه کامل، میوه هسته‌گیری شده و هسته و سیستم حفاظ‌های ایمنی (صفحات پوشاننده) می‌باشد. در این طرح ابتدا محاسبات هر قسمت به‌طور جداگانه ولی در ارتباط باهم انجام و سپس طراحی شد. پارامترهای مختلف از قبیل ارتباط سنبه و ماتریس و سرعت نسبی آن‌ها نسبت به هم، سرعت چرخش میل‌لنگ، نوع

* *Corresponding author:* *b.gharibeh@tabrizu.ac.ir*
https://doi.org/10.22098/sr.2024.14705.1017

سنبه‌ها، سرعت و جنس سنبه و رطوبت میوه‌ها در طراحی ماشین مدنظر قرار گرفت. همچنین بر اساس محاسبات، میزان قدرت الکتروموتور مربوطه، طوری انتخاب شد که ازنظر مصرف انرژی، ماشین دارای راندمان بالایی باشد. پارامترهای موردنیاز در طراحی ماشین از قبیل نیروی موردنیاز برای هسته‌گیری از طریق آزمون‌های آزمایشگاهی تعیین شد. در طراحی این ماشین سعی شد سادگی مکانیسم ، بهینه بودن ابعاد و اندازه و نیز پایین بودن قیمت تمام‌شده، مدنظر قرار گیرد.

ایده و سیکل کاری ماشین هسته‌گیر زغال‌اخته به نحوی می‌باشد که در ابتدا زغال‌اخته جور شده توسط اپراتور در مخزن کانال‌وار میوه (مخزن اولیه) ریخته می‌شود ضلع مایل درونی این مخزن، قطاعی از ماتریس استوانه‌ای سوراخ‌دار واحد هسته‌گیری است که توسط این ماتریس، میوه به زیر سنبه واحد هسته‌گیری هدایت می‌شود. در واحد هسته‌گیری که دارای سنبه و ماتریس مورداشاره در بالاست، سنبه موقعی که بالا می‌رود عمل تغذیه و انتقال به زیر این سنبه انجام می‌شود و در حین انجام هسته‌گیری، تغذیه متوقف‌شده تا از شکستن سنبه و انباشته شدن میوه در پشت سنبه جلوگیری شود. سوراخ‌های ماتریس نیز به‌عنوان تکیه‌گاهی در حین انجام هسته‌گیری عمل می‌کند.

به‌طورکلی مراحل طراحی ماشین به‌صورت طراحی واحد تغذیه – طراحی هسته‌گیری (ماتریس و سنبه) – طراحی سیستم انتقال توان – طراحی شاسی ماشین – پوشاننده‌ها و حفاظ‌های ایمنی – ظرفیت تئوری ماشین – مدل‌سازی در کامپیوتر با نرم‌افزار CATIA و ساخت آن انجام پذیرفت. شکل (۱) برای آشنایی بیشتر قسمت‌های مختلف این هسته‌گیر تهیه‌شده از مدل طراحی‌شده توسط نرم‌افزار CATIA، ارائه گردیده است.

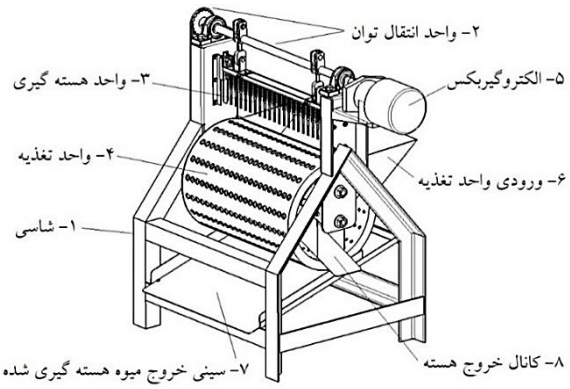

Fig. 1 Isometric view of a Cornelian cherry pitting machine designed

شکل ۱ نمای ایزومتریک ماشین هسته‌گیر زغال‌اخته طراحی‌شده

انجام آزمایش‌ها در بخش مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه انجام پذیرفت. نمونه‌های زغال‌اخته از یک باغچه در شمال غربی ایران به دست آمد و سپس تا زمان استفاده در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. آزمایش‌ها پس از ۴ ساعت تثبیت نمونه‌ها در دمای محیط آغاز شد. برای اندازه‌گیری ابعاد میوه و هسته زغال‌اخته و جرم میوه، شصت میوه از نوع موردنظر به‌طور تصادفی انتخاب و به کمک کولیس دیجیتالی (با دقّت ۰/۰۱ میلی‌متر) و ترازوی الکترونی (با دقّت ۰/۰۱ گرم) اندازه‌گیری‌ها انجام شد. برای تعیین خواص مکانیکی میوه و هسته زغال‌اخته از دستگاه آزمون مواد (شکل۲) و از Load cell 50N طی آزمون فشاری تک‌محوری استفاده شد. هدف از آزمون فشار تک‌محوری، رسم منحنی‌های نیرو – تغییر شکل میوه بین سنبه و ماتریس می‌باشد. در هر آزمایش با توجه به نمودار نیرو – جابجایی (شکل۲)، نیروی نفوذ نمونه قرائت شد.

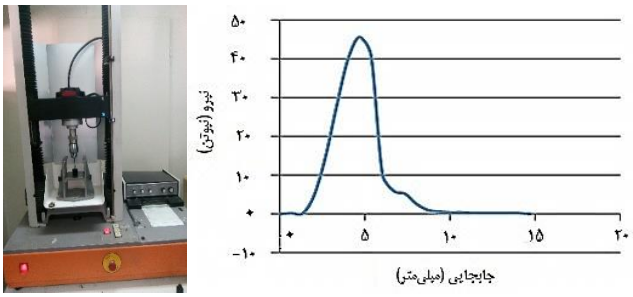

Fig. 2 Force - displacement diagram and material testing machine

شکل ۲ منحنی نیرو - جابجایی و دستگاه آزمون مواد

۲-۱ طراحی واحد تغذیه‌کننده ماشین

واحد تغذیه ماشین هسته‌گیر زغال‌اخته از نوع نقاله چرخان (۴ در شکل ۱) می‌باشد که وظیفه آن هدایت و انتقال زغال‌اخته از ورودی واحد تغذیه (۶ در شکل ۱) به‌طرف واحد هسته‌گیری می‌باشد و از استوانه مرکزی که محیط آن سوراخ‌های قیفی شکل با آرایش منظم تراش داده می‌شوند، تشکیل‌شده است که به این استوانه در این ماشین ماتریس می‌گوییم.

برای طراحی ماتریس، با اندازه‌گیری ابعاد هندسی نمونه‌های میوه زغال‌اخته و مقایسه آن‌ها با داده‌ها و اطلاعات چندین محقق، گوشتی استوانه ماتریس ۲۵mm و بسته به ریزی و درشتی میوه قطر حفره‌ها به ابعاد ۱۳Ømm و ۱۴Ø/۵mm و ۱۶Ømm در نظر گرفته شد. این حفره‌ها به شکل قیفی مخروطی بوده که به دلیل تغذیه راحت میوه به داخل سوراخ‌ها و قرارگیری قائم زغال‌اخته حین هسته‌گیری، در پیرامون استوانه ماتریس ایجاد شدند و سپس با احتساب طراحی ماشین برای ظرفیت متوسط، قطر استوانه ماتریس ۳۰۰mm و طول آن ۴۴۰mm انتخاب شد (شکل ۳).

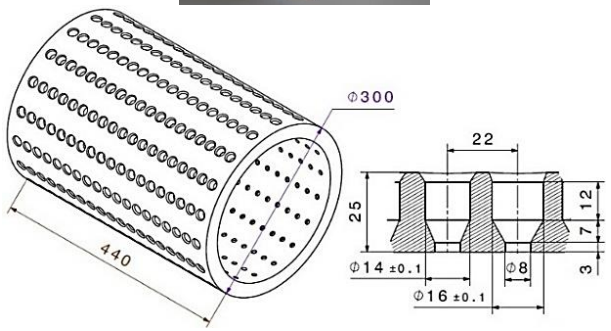

Fig. 3 Technical dimensions of the matrix (mm)

شکل ۳ ابعاد فنی ماتریس (میلی‌متر)

سرعت دورانی واحد تغذیه و طول کورس هسته‌گیری ثابت بوده و با توجه به آزمایش‌ها تعیین نیرو و سرعت هسته‌گیری تعداد یک کورس هسته‌گیری در زمان تقریباً یک ثانیه معقول به نظر رسید. محرک واحد تغذیه، سیستم ژنوا است و مکانیزم آن طوری است که درحرکت رو به بالای سنبه، پین چرخ محرک با شکاف چرخ متحرک ژنوا درگیر بوده و این چرخ که به ماتریس توسط پینی قفل‌شده است آن را به‌منظور انتقال زغال‌اخته از مخزن به واحد هسته‌گیری می‌چرخاند. وجود

شکاف روی چرخ متحرک ژنوا باعث می‌شود که با بالا رفتن سنبه، چرخ متحرک، ماتریس را می‌چرخاند و انتقال نیرو انجام‌گرفته و تغذیه زغال‌اخته صورت می‌گیرد. با پایین آمدن سنبه، ماتریس به واسطه وجود کمان توقف در روی چرخ محرک و بلبرینگ یک‌طرفه در روی محور مرکزی‌اش، ثابت می‌ماند. در این حالت عمل تغذیه قطع و کار هسته‌گیری زغال‌اخته صورت می‌گیرد. قطر و تعداد شکاف چرخ متحرک شکافدار ژنوا تابع قطر استوانه ماتریس بوده که در این ماشین قطر این قطعه ۲۰۰mm و تعداد شکاف ۱۸عدد به دست آمد (شکل ۴).

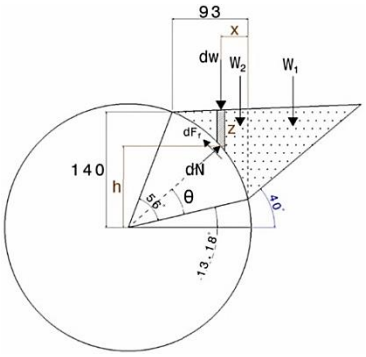

Fig. 4 Force analysis of the feeding unit

شکل ۴ آنالیز نیرویی واحد تغذیه‌کننده

با توجه به اینکه ضریب اصطکاک، در رابطه با نیروها و انرژی‌های مربوط به جابجایی مواد از میان ماشین می‌باشد در حدود ۰/۳۸ [14] و همچنین با توجه آزمایش‌ها انجام‌گرفته متوسط چگالی زغال‌اخته ۱۰۰۰kg/m³ در نظر گرفته شد. نیرو و گشتاور لازم جهت انتقال زغال‌اخته از مخزن به واحد هسته‌گیری طبق روش زیر به دست آمد:

بر طبق رابطه w=ρvg و همچنین نیروی اصطکاک مؤثر در سمت چپ مخزن ، وزن میوه المان بندی می‌شود (رابطه (۱)):

$$dw = \rho glzdx = \rho gl[h - Rsin(\theta + 0.23)]Rsin(\theta + 0.23)d\theta \quad (1)$$

طبق دیاگرام تعادل نیرویی (شکل ۵) رابطه (۲) را داریم:

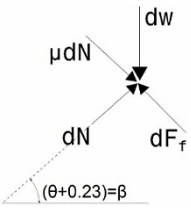

Fig. 5 Force diagram of the feeding unit

شکل ۵ دیاگرام نیرویی واحد تغذیه‌کننده

$$dF_f = (\mu sin\beta + cos\beta)dw = \rho Rgl[h - Rsin(\theta + 0.23)]sin(\theta + 0.23)[\mu sin(\theta + 0.23) + cos(\theta + 0.23)]d\theta \quad (2)$$

گشتاور حول محور مرکزی نقاله استوانه‌ای به روش زیر بر طبق رابطه (۳) به دست آمد.

$$T = RdF_f \Rightarrow T = \int RdF_f = \rho R^2 gl \int_0^{0.98} [\mu hsin^2(\theta + 0.23) + hsin(\theta + 0.23)cos(\theta + 0.23) - \mu Rsin^3(\theta + 0.23) - Rsin^2(\theta + 0.23)cos(\theta + 0.23)]d\theta \quad (3)$$

با جاگذاری ρ=1000Kg/m³ و R=0.15m و L=0.44m و μ=0.38 و h=0.1402m مقدار گشتاور ناشی از وزن زغال‌اخته (T_1) برابر ۲۱/۶۸ N.m شد و گشتاور ناشی از وزن استوانه ماتریس و درپوش آن مطابق رابطه $T_2=I\times\alpha$ بوده که برابر ۲۵ N.m/ بود و گشتاور کل واحد تغذیه برابر ۲۱/۹۳ N.m به دست آمد.

برای محاسبه توان این واحد، گشتاور لازم جهت انتقال در سرعت انتقال میوه (۰/۹۸رادیان بر ثانیه) به واحد پانچ (هسته‌گیری) ضرب می‌شود که برابر ۲۱/۴۹W شد.

۲-۲ طراحی واحد هسته‌گیر ماشین

دومین محاسبه مربوط به محاسبه توان واحد هسته‌گیری می‌باشد. ازآنجاکه توان حاصل‌ضرب گشتاور در سرعت دورانی است، و سرعت دورانی از منابع و آزمایش‌ها انجام‌گرفته یک دور در ثانیه است در گام نخست بیشترین گشتاوری را محاسبه می‌کنیم که در سر میلنگ به الکتروموتور اعمال می‌گردد و آن زمانی است که سنبه پایین آمده و به ابتدای قسمت فوقانی میوه رسیده و شروع به واردکردن نیرو به میوه و فرورفتن در آن می‌باشد. میزان این نیرو ثابت نبوده و در ارتفاع میوه که ماکزیمم ۲۰mm است تغییر می‌کند که در اینجا بیشترین نیرو که در ابتدای مسیر سنبه و تقریباً در ۵mm از قسمت فوقانی زغال‌اخته را در نظر می‌گیریم. طول کورس را بایستی طوری در نظر بگیریم که خطا و نامتعادلی در کمترین حالت و ابعاد در بهینه‌ترین حالت قرار بگیرد چراکه هرچه بزرگ‌تر باشد هم خطا بیشتر خواهد و هم ازلحاظ اقتصادی مقرون‌به‌صرفه نخواهد بود لذا با توجه به ارتفاع میوه و ملاحظات هندسی اتصالات و قطعات ماشین طول کورس سنبه ۷۰mm در نظر گرفته شد. از روی طول کورس طول لنگ میلنگ به دست می‌آید که برابر ۳۵mm شد. همان‌طوری که در شکل دیاگرام آزاد نیرویی (شکل ۶) ملاحظه می‌کنید گشتاور ایجادشده در سر میلنگ از رابطه (۴) به دست می‌آید:

$$M = F3 \times OA \text{ تا } M \text{ پای عمود} \quad (4)$$

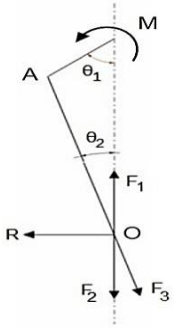

Fig. 6 Force diagram of the pitting unit

شکل ۶ دیاگرام نیرویی واحد هسته‌گیر

شکل (۶) برای حالتی است که سنبه در حدود ۵mm در زغال‌اخته فرورفته است که در این شکل M ماکزیمم گشتاور مقاومتی بر میلنگ از طرف زغال‌اخته، MA طول لنگ میلنگ که برابر ۳۵mm، OA طول شاتون که برابر ۹۶mm، θ_1 زاویه لنگ میلنگ با راستای قایم که برابر ۵۱ درجه، θ_2 زاویه شاتون با راستای قایم که برابر ۱۷ درجه، F_1 نیروی مقاومت وارد از زغال‌اخته به سنبه که برابر ۵۰N و F_2 نیروی وزن قاب و میله‌ها که برابر ۱۷N می‌باشند. مجهولات نیروی F_3 و R هستند که به ترتیب بر اساس روابط (۵) و (۶) و با تشکیل معادلات تعادل در گره O قابل‌دسترس هستند پس:

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow F_1 - F_2 = F_3 \cos\theta_2 \Rightarrow F_3 = \frac{50 - 17}{\cos 17} = 34.51 \quad (5)$$

$$M = F_3 \times MH = 34.51 \times MA\sin(\theta_1 + \theta_2) = 34.51 \times 0.035 \sin 68 = 1.12 \quad (6)$$

که برای ۱۸ حفره یک ردیف از ماتریس گشتاور برابر ۱۶/۲۰ N.m می‌شود و درنهایت توان برای واحد هسته‌گیری از رابطه (۷) به دست آمد و مقدار ۱۲۷ وات شد.

$$P = M \times \omega = 20.16 \times 2\,\pi = 127 \quad (7)$$

۲-۳ طراحی واحد انتقال قدرت ماشین

در واحد انتقال قدرت این ماشین از میلنگ و مکانیزم ژنوا استفاده شد میلنگ در یک بازه زمانی محرک واحد هسته‌گیری بوده و در بازه زمانی دیگر محرک واحد تغذیه می‌باشد که این کار توسط مکانیزم ژنوا به‌طور متناوب انجام می‌گیرد (شکل ۷). توانی که در این قسمت از ماشین مصرف می‌شود تحت عنوان توان واحد انتقال قدرت یاد می‌شود و نحوه محاسبه آن به روش زیر می‌باشد:

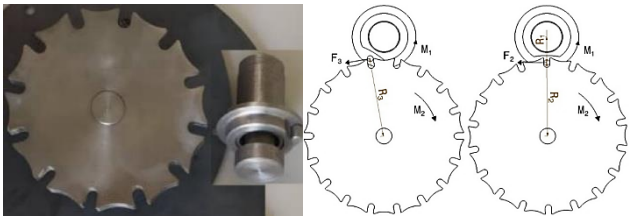

Fig. 7 Force analysis of the transmission unit

شکل ۷ آنالیز نیرویی واحد انتقال قدرت

در شکل (۷)، M_2 همان گشتاور واحد تغذیه می‌باشد که در بخش طراحی واحد تغذیه برابر ۲۱/۹۳ N.m به دست آمد. R_1 و R_2 و R_3 پارامترهای مربوط به طراحی چرخ ژنواست که با توجه به قطر ماتریس (۳۰۰mm) به ترتیب برابر ۳۳mm و ۹۴mm و ۱۰۰mm در نظر گرفته شدند. طبق رابطه (۸) داریم:

$$M_2 = F_2 \times R_2 = F_3 \times R_3 \Rightarrow 21.93 = F_2 \times 0.094 = F_3 \times 0.1 \quad (8)$$

که با احتساب F2=233.2N بیشترین گشتاور در صفحه محرک پین‌دار مکانیزم ژنوا طبق رابطه (۹) موقعی است که این نیرو در شعاع R_1 ضرب شود بنابراین:

$$M_1 = F_2 \times R_1 = 233.2 \times 0.033 = 7.7 \quad (9)$$

درنهایت برای محاسبه توان این واحد، گشتاور لازم جهت انتقال قدرت در سرعت انتقال قدرت از لحظه ورود پین صفحه محرک به داخل شکاف صفحه متحرک ژنوا تا خروجش که برابر $(62.49\frac{\pi}{180})\frac{62.49\pi}{180}$ رادیان بر ثانیه ضرب می‌شود که طبق رابطه (۱۰) برابر ۸/۳۹۳ W شد.

$$P = M \times \omega = 7.7 \times \frac{62.49}{180}\,\pi = 8.393 \quad (10)$$

۲-۴ محاسبه توان ماشین

توان کلی ماشین از مجموع توان‌های واحد تغذیه، واحد هسته‌گیری و واحد انتقال قدرت به دست می‌آید که برابر ۱۵۷W شد که این مقدار توان با احتساب ۵۰ درصد افت توان در مسیر انتقال قدرت و همچنین با اعمال ضریب اطمینان ۲/۵ برابر ۷۷۸/۱۲W می‌شود . بنابراین با توجه به توان موتورهای موجود در بازار، موتوری با توان ۱ اسب بخار و با دور دورانی حداکثر۱۵۰۰rpm انتخاب شد. هم‌چنین لازم به ذکر است موتور الکتریکی ماشین هسته‌گیر میوهٔ زغال‌اخته تک فاز انتخاب شد چراکه قابلیت دسترسی به برق تک فاز به نسبت برق سه‌فاز در مکان‌های مختلف بیش‌تر است. بنابراین، این الکتروگیربکس که با میزان دوران ۱۵۰۰ دور در دقیقه و با نسبت کاهش ۱ به ۲۵ در نظر گرفته‌شده است باعث به چرخش درآوردن میل‌لنگ و چرخ زنجیر سر آن شد. میل‌لنگ توسط شاتون حرکت رفت و برگشتی سنبه‌ها را بر عهده دارد که از این طریق واحد هسته‌گیر ماشین هسته‌گیر میوهٔ زغال‌اخته تأمین نیرو شد و چرخ زنجیر خور سر میل‌لنگ نیز توسط زنجیر به‌عنوان محرک مکانیزم چرخ ژنوا عمل کرد. مکانیزم چرخ ژنوا حرکت پیوسته تولیدشده به‌وسیله الکتروگیربکس و زنجیر را به حرکت ناپیوسته نقاله تغذیه چرخان (نقاله – ماتریس) تبدیل می‌کند که بعد از آزمایش‌های مقدماتی مقدار سرعت خطی بهینه حدود ۵/۲cm/s در نظر گرفته شد و سپس قطر چرخ زنجیر و تعداد دندانه‌های آن طوری تعیین شد تا دور الکتروگیربکس (۶۰ دور در دقیقه) به‌طور یکنواخت به مکانیزم ژنوا و واحد تغذیه انتقال یابد. در شکل (۸) انتقال کلی توان در حالت‌های سنبه در نقطه مرگ بالا (حین تغذیهٔ میوه) و سنبه در نقطه مرگ پایین (حین هسته‌گیری) قابل‌مشاهده می‌باشد.

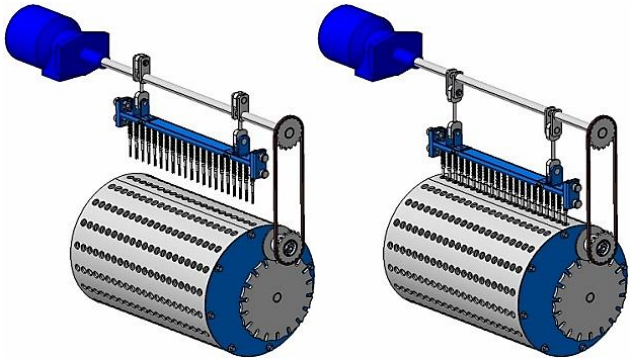

Fig. 8 The overall of the Cornelian cherry pitting machine

شکل ۸ توان کلی ماشین هسته‌گیر زغال‌اخته

۲-۵ ارزیابی ماشین هسته‌گیر زغال‌اخته

برای ارزیابی ماشین ساخته‌شده، عمل هسته‌گیری در ۱۵ تکرار برای هر تیمار (جدول ۱) انجام شد. همچنین تلفات ناشی از عمل هسته‌گیری، تغییرات ابعاد میوه زغال‌اخته بعد از هسته‌گیری و درصد هسته‌گیری موفق مدنظر قرار گرفت.

جدول ۱ علائم اختصاری تیمارها

Table 1 Abbreviated symptoms of treatments

ردیف No.	تیمار Tr.	توضیحات Descriptions
1	a_1b_0	تیمار با رطوبت ۷۵٪ و نوع سنبهٔ ساده
2	a_1b_1	تیمار با رطوبت ۷۵٪ و نوع سنبهٔ سادهٔ تیغه‌دارگرد
3	a_1b_2	تیمار با رطوبت ۷۵٪ و نوع سنبهٔ سه پر
4	a_0b_0	تیمار با رطوبت ۷۰٪ و نوع سنبهٔ ساده
5	a_0b_1	تیمار با رطوبت ۷۰٪ و نوع سنبهٔ سادهٔ تیغه‌دارگرد
6	a_0b_2	تیمار با رطوبت ۷۰٪ و نوع سنبهٔ سه پر

با استفاده از اطلاعات کسب‌شده از فرآیند هسته‌گیری نمونه‌های انتخاب‌شده و ثبت آن‌ها در نرم‌افزار Excel، از رابطه (۱۱) برای محاسبه بازده هسته‌گیری استفاده شد:

$$PI = \frac{N_p}{N} \times 100 \quad (11)$$

که PI درصد هسته‌گیری؛ N_p تعداد هسته‌گیری موفق و N تعداد کل هسته‌گیری است. همچنین میزان تلفات (گوشت ازدست‌رفته)، تغییر طول و تغییر قطر میوه زغال‌اخته به ترتیب از رابطه‌های (۱۲)، (۱۳) و (۱۴) به دست آمدند:

$$W_L = W_1 - (W_2 + W_C) \quad (12)$$

که W_L وزن گوشت ازدست‌رفته (گرم)؛ W_1 وزن قبل از هسته‌گیری (گرم)؛ W_2 وزن بعد از هسته‌گیری (گرم) و W_C وزن هسته (گرم) است.

$$\text{تغییر طول} = h_1 - h_2 \quad (13)$$

که h_1 طول پیش از هسته‌گیری (میلی‌متر) و h_2 طول پس از هسته‌گیری (میلی‌متر) است.

$$\text{تغییر قطر} = d_1 - d_2 \quad (14)$$

که d_1 قطر پیش از هسته‌گیری (میلی‌متر) و d_2 قطر پس از هسته‌گیری (میلی‌متر) است.

از برنامه SPSS ver 26.0.0.1 به‌منظور انجام تحلیل واریانس توسط آزمون F برای تحقیق وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای شش‌گانه رطوبت – سنبه در میزان تلفات و از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد برای مقایسه میانگین‌ها استفاده گردید.

۳ نتایج و بحث

۳-۱ بازده هسته‌گیری

آمار توصیفی هسته‌گیری موفق میوه زغال‌اخته که در شش تیمار با در نظر گرفتن درصد محتوای رطوبت(۷۵٪= a_1 و ۷۰٪= a_0) و نوع سنبه (ساده = b_0، ساده تیغه دارگرد = b_1، سنبه سه پر= b_2) انجام گرفت در جدول (۲) آمده است. میانگین کلی هسته‌گیری موفق توسط ماشین ساخته‌شده در شش تیمار یادشده برابر با ۷۵/۵ درصد بود. همان‌طور که در جدول (۲) مشاهده می‌شود، تیمار سوم، جایی که درصد محتوای رطوبت ۷۵٪ و نوع سنبه سه پر است، مطلوب‌ترین حالت ممکن برای هسته‌گیری میوه زغال‌اخته است.

بررسی تلفات (گوشت ازدست‌رفته) و تغییرات ابعاد میوه زغال‌اخته

آمار توصیفی میزان تلفات داده‌ها که متأثر از محتوای رطوبت میوه زغال‌اخته و نوع سنبه هسته‌گیری است در شکل (۹) نشان داده‌شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود میانگین تلفات در استفاده از سنبه ساده تیغه‌دارگرد و سه پر به‌طور قابل‌توجهی کمتر از میزان تلفات در استفاده از سنبه ساده است.

نتایج نشان داد که با افزایش رطوبت، میزان تلفات میوه زغال‌اخته هنگام هسته‌گیری به‌طور چشمگیری کاهش یافت. این کاهش در میزان تلفات را می‌توان به اثر رطوبت بر تغییر خواص رئولوژیکی میوه زغال‌اخته ازجمله تغییر میزان سفتی، بافت و خاصیت ارتجاعی زغال‌اخته نسبت داد. به‌عبارت‌دیگر رطوبت بالای محصول (۷۵٪) باعث سفتی بافت میوه زغال‌اخته و افزایش خاصیت ارتجاعی و حفظ ظاهر فیزیکی و کیفیت بهتر میوه در هنگام هسته‌گیری می‌شود. درحالی‌که در تحقیقات دیگر[19]، که هسته‌گیری میوه خرما انجام‌گرفته بود، رابطه خطی بین میزان تلفات و درصد رطوبت وجود نداشت.

نتایج تأثیر درصد محتوای رطوبت، نوع سنبه و برهم‌کنش این دو عامل، در هسته‌گیری میوه زغال‌اخته در جدول (۳) و شکل (۱۰) آمده است.

جدول ۲ آمار توصیفی هسته‌گیری موفق میوه زغال‌اخته

Table 2 Descriptive statistics of successful Cornelian cherry fruit pitting

تیمار Tr	میانگین (٪) Maen	تعداد میوه No. Fruit
تیمار اول (a_1b_0)	61.00	15
تیمار دوم (a_1b_1)	90.00	15
تیمار سوم (a1b2)	93.33	15
تیمار چهارم (a_0b_0)	52.00	15
تیمار پنجم (a0b1)	76.67	15
تیمار ششم (a0b2)	80.00	15

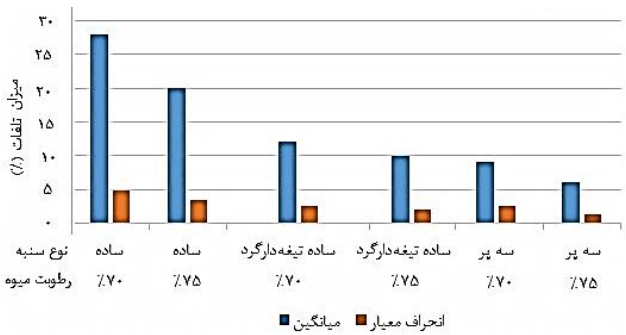

Fig. 9 Descriptive statistics of the loss rate (lost meat)

شکل ۹ آمار توصیفی میزان تلفات (گوشت ازدست‌رفته)

جدول ۳ تحلیل واریانس صفات اندازه‌گیری شده

Table 3 Variance analysis of measured traits

صفات Traits	گوشت ازدست‌رفته Lost meat			تغییر طول Length change			تغییر قطر Diameter change		
منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی DF	F	معنی‌داری Significant	درجه آزادی DF	F	معنی‌داری Significant	درجه آزادی DF	F	معنی‌داری Significant
رطوبت Moisture	1	42.056	0.000	1	42.472	0.000	1	37.285	0.000
نوع سنبه Puncher type	2	236.670	0.000	2	237.055	0.000	2	169.154	0.000
رطوبت × نوع سنبه Moisture × Puncher type	2	7.341	0.001	2	7.554	0.001	2	6.855	0.002

با توجه به جدول تحلیل واریانس، تفاوت معنی‌داری بین میزان تلفات در رطوبت‌ها و سنبه‌های مختلف وجود دارد. تفاوت قابل‌مشاهده با توجه به درصد رطوبت را می‌توان ناشی از بافت سفت و خاصیت ارتجاعی زغال‌اخته دانست. همچنین در استفاده از انواع سنبه تفاوت معنی‌داری وجود دارد. آمار به‌دست‌آمده از آزمون دانکن نشان داد که میزان تلفات میوه زغال‌اخته در عمل هسته‌گیری با استفاده از سنبه سه پر بهتر از سنبه ساده تیغه‌دارگرد و ساده بود. بعلاوه عملکرد سنبه ساده تیغه‌دارگرد از سنبه ساده بهتر بود. این تفاوت معنی‌دار در استفاده از نوع سنبه به خاطر نفوذ و برش میوه توسط سنبه است، طوری که عمل نفوذ و برش با

استفاده از سنبه سه پر نسبت به سنبه‌های دیگر به‌صورت مطلوب انجام می‌گیرد. در سنبه نوع ساده تیغه‌دارگرد، میوه در شروع نفوذ سنبه به داخل میوه به‌صورت دایره‌ای برش می‌خورد و سنبه این قسمت برش خورده را به همراه هسته زغال‌اخته تا انتهای طولی میوه با خود هل می‌داد و این قسمت از میوه تلف می‌شد. هرقدر سطح برش بیشتر باشد نیروی لازم برای خارج کردن هسته نیز بیشتر خواهد بود و به‌تبع آن مصرف انرژی و عملکرد ماشین را تحت تأثیر قرار خواهد داد. در سنبه نوع ساده، علی‌رغم سادگی ظاهری، فشار کاری در این نوع سنبه هم بالابود و قسمت اعظم میوه کوفته می‌شد و علاوه بر پایین آوردن کیفیت میوه هسته‌گیری شده بازهم نیرو جهت نفوذ بیشتر و به‌تبع آن توان مصرفی برای عمل هسته‌گیری افزایش می‌یافت.

با توجه به نتایج، استفاده از تیمار سوم (رطوبت ۷۵٪ و نوع سنبه سه پر) برای هسته‌گیری میوه زغال‌اخته مطلوب‌ترین تیمار ارزیابی شد. به‌عبارت‌دیگر با توجه به آزمون تحلیل واریانس تفاوت معنی‌داری میان شش تیمار موردبررسی وجود داشت که برهم‌کنش تیمار (a_1b_2) مطلوب‌ترین نتیجه هسته‌گیری میوه زغال‌اخته را به دست داد. اثر متقابل عامل‌های رطوبت و نوع سنبه بر میزان تلفات عمل هسته‌گیری میوه زغال‌اخته در شکل (۱۰) نشان داده‌شده است.

در جدول ۴، تحلیل واریانس تغییر طول زغال‌اخته نشان داد که عامل‌های رطوبت، نوع سنبه و برهم‌کنش این دو عامل بر روی تغییر طول و تغییر قطر میوه تأثیر معنی‌داری دارد. نتایج آزمون دانکن نشان داد که تغییر طول و قطر میوه در استفاده از سنبه سه پر کمتر از دو سنبه ساده تیغه دار گرد و ساده بود. همچنین در استفاده از سنبه ساده تغییر طول و تغییر قطر میوه نسبت به سنبه ساده تیغه دار گرد بیشتر بوده است (جدول ۴). یافته‌های این تحقیق مانند تحقیق رئوفت نشان داد که یکی از عوامل تعیین‌کننده در تغییر طول میوه، محتوای رطوبتی است. از طرفی، طبق نتایج این پژوهش، محتوای رطوبتی عامل تأثیرگذاری در تغییر قطر میوه زغال‌اخته است ولی در یافته‌های[19] این عامل تأثیر معنی‌داری در تغییر قطر میوه خرما نداشت.

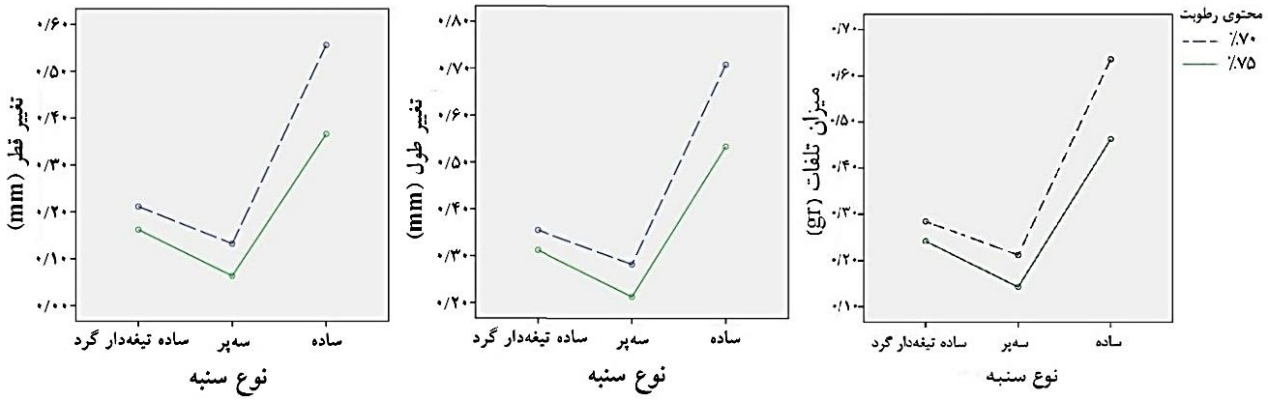

Fig. 10 The mutual effect of moisture factors and type of puncher on losses rate, length change and diameter change of Cornelian cherry fruit

شکل ۱۰ اثر متقابل عامل‌های رطوبت و نوع سنبه بر میزان تلفات، تغییر طول و تغییر قطر میوه زغال‌اخته

در جدول ۴، تحلیل واریانس تغییر طول زغال‌اخته نشان داد که عامل‌های رطوبت، نوع سنبه و برهم‌کنش این دو عامل بر روی تغییر طول و تغییر قطر میوه تأثیر معنی‌داری دارد. نتایج آزمون دانکن نشان داد که تغییر طول و قطر میوه در استفاده از سنبه سه پر کمتر از دو سنبه ساده تیغه دار گرد و ساده بود. همچنین در استفاده از سنبه ساده تغییر طول و تغییر قطر میوه نسبت به سنبه ساده تیغه دار گرد بیشتر بوده است (جدول ۴). یافته‌های این تحقیق مانند نتایج رئوفات نشان داد که یکی از عوامل تعیین‌کننده در تغییر طول میوه، محتوای رطوبتی است. از طرفی، طبق نتایج این پژوهش، محتوای رطوبتی عامل تأثیرگذاری در تغییر قطر میوه زغال‌اخته است در حالیکه در یافته‌های رئوفت این عامل تأثیر معنی‌داری در تغییر قطر میوه خرما نداشت [19].

جدول ۴ مقایسه میانگین تلفات و تغییر طول و تغییر قطر میوه زغال‌اخته در انواع سنبه‌ها (آزمون دانکن)

Table 4 Comparison of the mean loss and length and diameter change of blueberry fruit in puncher type (Duncan's test)

نوع سنبه puncher type	تعداد No.	**گوشت ازدست‌رفته (گرم)** Lost meat (gr)			**تغییر طول (میلی‌متر)** Length change (mm)			**تغییر قطر (میلی‌متر)** Diameter change (mm)		
		زیرمجموعه Subset			زیرمجموعه Subset			زیرمجموعه Subset		
		a	b	c	a	b	c	a	b	c
سه پر three-feathered	30	0.1773			0.2473			0.0977		
ساده تیغه دار گرد simple round blade	30		0.2633			0.3333			0.1867	
ساده simple	30			0.5497			0.6207			0.4610
معنی‌دار Significant		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

۴ نتیجه‌گیری

در این پژوهش ماشین هسته‌گیر از نوع سنبه–ماتریس مورد طراحی، ساخت و ارزیابی قرار گرفت. این ماشین فرآیند هسته‌گیری را به روش پانچی انجام می‌دهد، به‌طوری‌که میوه در داخل ماتریس به حالت قائم ایستاده و سنبه نیز به‌عنوان عملگر میله‌ای برای بیرون راندن هسته از درون میوه عمل می‌کند. توان ماشین ۷۷۸/۱۲W به دست آمد. به‌منظور یافتن شرایط بهینه هسته‌گیری دو عامل اساسی در فرآیند هسته‌گیری میوه زغال‌اخته موردبررسی و ارزیابی قرار گرفت. بدین منظور از سه نوع سنبه ساده، ساده تیغه‌دارگرد و سه پر و دو سطح از درصد محتوی رطوبتی (۷۰٪ و ۷۵٪) مورد آزمایش قرار گرفتند. با در نظر گرفتن انواع سنبه و درصد محتوی رطوبتی، فرآیند هسته‌گیری در شش تیمار (چهار تیمار اصلی و دو تیمار شاهد) انجام و مشاهدات به‌صورت آماری ثبت و ضبط گردید. میانگین درصد هسته‌گیری در تیمارهای گفته‌شده ۷۵/۵٪ بود. آزمون تحلیل واریانس نشان داد که اختلاف معنی‌داری میان شش تیمار مورد ارزیابی وجود دارد. ازاین‌رو با توجه به نمونه‌های آماری، مطلوب‌ترین هسته‌گیری با میزان تلفات پایین در تیمار سوم که رطوبت ۷۵٪ و سنبه از نوع سه پر بود به میانگین ۹۳/۳۳ انجام شد. تیمار دوم با درصد رطوبت ۷۵٪ و نوع سنبه ساده تیغه‌دارگرد به‌عنوان دومین تیمار مطلوب هسته‌گیری ارزیابی شد. نتایج این پژوهش بر آن بود که استفاده از سنبه سه پر و میوه با درصد رطوبتی بالا، مطلوب‌ترین شرایط هسته‌گیری میوه زغال‌اخته محسوب می‌شود.

References

[1] Minaei, S. Hazbavia, E. Fattahi, F. Kazemib, Sh. & Ashraf, Z. (2008). Some engineering properties of olive fruit and its pit. The 18th National Congress on Food Technology. (In Persian)

[2] Hassanpour, H. (2017). Cornelian Cherry Germplasm Resource and Physicochemical Characterization of Its Fruit in Iran. Journal of horticulture science Vol. 30, No. 4. Pages: 624-633. (In Persian)

[3] Anonymous. http/www.maj.ir/Z4jN.

[4] Bijelić, S. Gološin, B. Ninić-Todorović, J. & Cerović, S. (2010). Morphological characteristics of best cornelian cherry genotypes in Serbia. Genet Res Crop Evol, 71:1190–1197

[5] Bošnjaković, D. Ognjanov, V. Ljubojević, M. Barać, G. Predojević, M. Mladenović, E. & Čukanović, J. (2012). Biodiversity of wild fruit species of Serbia. Genetics, 44(1):81–90

[6] Dokoupil, L. & Rezniček, V. (2012). Production end use of the cornelian cherry-Cornus mas L. Acta Univ Agric Silv Mendel Bruno, LX (8):49–58.

[7] Hassanpour, H. Hamiddoghli, Y. & Samizadeh, H. (2012). Some fruit characteristics of Iranian cornelian cherries (Cornus mas L.), Not Bot Horti Agrobot 40(1):247–252.Author, AA, Author, BB. (Copyright year). Title of book: Subtitle. Publisher

[8] Ercisli, S. Jaćimović, V. Božović, D. Ognjanov, V. & Bosančić, B. (2015). Some Fruit Characteristics of Selected Cornelian Cherries (Cornus mas L.) from Montenegro. DOI 10.1007/s10341-015-0238-6.

[9] Ercisli, S. Yilmaz, S.O. Gadze, J. Dzubur, A. Hadziabulic, S. & Aliman, J. (2011). Some fruit characteristics of cornelian cherries (Cornus mas L.). Not Bot Horti Agrobot, 39(1):255–259.

[10] Yalcinkaya, E. (2009). Cornelian cherry (Cornus mas L.) research activities in Turkey, Acta Hortic 818:61–64.

[11] Regula, J. Kazimierski, M. & Molska, M. (2019). Cornelian cherry (Cornus mas L.) characteristics, nutritional and pro-health properties. Acta Sci. Pol. Technol. Aliment., 18(1), 5–12.

[12] Kazimierski, M. Regula, J. & Molska, M. (2019). Cornelian cherry (Cornus mas L.) – characteristics, nutritional and pro-health properties. Acta Sci. Pol. Technol. Aliment., 18(1), 5–12.Author, AA, Author, BB. (Copyright year). Title of book: Subtitle. Publisher

[13] Gunduz, K. Saracoglu, O. Özgen, M. & Serce, S. (2013). Antioxidant, physical and chemical characteristics of cornelian cherry fruits (Cornus mas L.) at different stages of ripeness. Acta Scientiarum Polonorom-Hortorum Cultus. 12(4):59-66.

[14] Kermani, A.M. Gazor, H.R. & Sadeghi, A. (2010). Determination of Some Physical Properties of Cornelian Cherries (Cornus mas L.). Journal of Agricultural Engineering Research/Vol.11/No.2/2010/P: 85-94. (In Persian)

[15] Abbott, j. A. (1999). Quality measurement of fruits and vegetables. Postharvest Biology and Technology. 15(3): 207–225.

[16] Castro, E. (2004). Pitting knives having an axial bore and method for decontaminating a drupe. (U.S. Patent No. US 6827007 B2). U.S. Patent and Trademark Office

[17] Politino, M. & Morsucci, J. (2008). Pitting machine comprising a punching head which performs a curvilinear oscillatory movement in synchronization with the translation movement of fruits to be pitted. United States Patent Office, No. US 7320280 B2

[18] Larsen, L. J. (2012). Continuous fruit pitting by singularization of fruit pieces. United States Patent Office, No. US 8196508 B2.

[19] Raoufat, M.H. Nassiri, S.M. & Sadri, S.H. (2016). Design, fabrication and evaluation of a pitting mechanism for date fruit. The 10th National Congress on Biosystems Eng. (Agr. Machinery). (In Persian)