نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی
(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون
پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹۴ - کرج

طراحی، ساخت و ارزیابی دستگاه اندازه‌بندی فندق

علی‌ماشاءاله کرمانی[1*]، شهریار کوراوند[1]
۱- استادیار گروه فنی کشاورزی، پردیس ابوریحان دانشگاه تهران
ایمیل مکاتبه کننده: amkermani@ut.ac.ir

چکیده

در این تحقیق با توجه به اهمیت اندازه‌بندی محصول در عرضه به بازار و فرآوری، دستگاه اندازه‌بندی فندق طراحی، ساخت و مورد ارزیابی قرار گرفت. اصول کار دستگاه اندازه‌بندی ساخته شده بر اساس تسمه‌های واگرا است. از این‌رو، دستگاه دارای پلاتفرمی مشابه یک تسمه نقاله افقی است که در آن تسمه به صورت طناب‌هایی است که پیرامون غلتک‌های محرک و متحرک قرار گرفته است. فاصله بین طناب‌ها در قسمت ورودی محصول (غلتک متحرک) کوچک و در انتهای دیگر (غلتک متحرک و واحد محرکه) بزرگ‌تر است. محصول به صورت پیوسته توسط واحد تغذیه دستگاه که شامل مخزن و یک دستگاه نقاله پره‌ای شیبدار است، بر روی تسمهٔ طنابی واگرا تخلیه می‌شود. در زیر طناب‌ها سینی تخلیه، محصول را به بخش‌های با خروجی‌های مختلف بر اساس اندازه فندق قرار دارد. در این طرح محصول بر اساس کوچک‌ترین بُعد در سه اندازه ریز (کوچک‌تر از ۱۴ mm)، متوسط (بزرگ‌تر از ۱۴ و کوچک‌تر از ۱۶ mm) و درشت (بزرگ‌تر از ۱۶ mm) اندازه‌بندی می‌شود. نتایج ارزیابی دستگاه نشان داد که سرعت خطی و طبقهٔ اندازه در راندمان دستگاه اثر معنی‌دار دارد. مناسب‌ترین سرعت خطی برای تسمه ۰/۸ m/s تعیین گردید. به طور کلی راندمان اندازه‌بندی دستگاه ۸۴٪ برآورد گردید.

واژه‌های کلیدی: دستگاه اندازه‌بندی، فندق، طراحی و ساخت، ارزیابی.

مقدمه

فندق یکی از محصولات باغبانی- خشکباری است که ارزش غذایی بالایی در تغذیه انسان دارد. این محصول ارزش صادراتی بالایی دارد و به همین دلیل توجه به توسعه و بهبود روند تولید و فرآوری آن از اهمیت خاصی برخوردار است. فندق دارای مصارف خوراکی به صورت خشک (رومیزی)، صنعتی (دراژه، کارامل، شکلات، شیرینی و بیسکویت) بوده و روغن آن به صورت دارویی اشتهاآور، مقوی و مفید برای تسکین سرفه است. مصرف غیرخوراکی این محصول در صنایع آرایشی است (برگونیو و ساراکویین، ۱۳۷۷). کشور ایران با سطح زیر کشت به میزان ۲۳۵۳۵ هکتار و تولید ۲۱۷۸۷ تن پس از کشورهای ترکیه، ایتالیا، اسپانیا و آمریکا رتبه پنجم جهانی تولید فندق در دنیا را دارا است. مناطق عمده تولید فندق در ایران منطقه اشکور استان گیلان، منطقه الموت استان قزوین و

مناطق کوهستانی استان مازندران می‌باشد (آمارنامه جهاد کشاورزی، ۱۳۹۰). با توجه به استعداد این استان‌ها در توسعه سطح زیر کشت این محصول و نیز ایجاد صنایع غذایی وابسته، ضرورت توسعهٔ سیستم‌های فرآوری و بسته‌بندی به منظور ورود به بازارهای جهانی وجود دارد (بی نام، ۱۳۸۰). جهت توفیق در این امر، ایجاد دستگاه‌های فرآوری مناسب جهت عرضهٔ محصول مرغوب و با کیفیت بالا اجتناب ناپذیر است. سورتینگ[۱] اصطلاحی به معنای درجه‌بندی و دسته‌بندی محصول به بخش‌های با کیفیت‌های مختلف است. در واقع، سورتینگ محصولات کشاورزی به درجه‌بندی انواع میوه‌ها و سایر محصولات کشاورزی بر اساس ویژگی‌هایی شامل اندازه، وزن، رنگ، شکل ظاهری و سایر عوامل و نیز جداسازی میوه‌ها و محصولات خراب و فاسد شده اطلاق می‌شود. در بیشتر موارد، سورتینگ، مقدمه‌ای برای بسته‌بندی محصول کشاورزی است. امروزه علم و فناوری سورتینگ و تجهیزات مربوط به درجه‌بندی و دسته‌بندی انواع محصولات کشاورزی در جوامع پیشرفته به حدی پیشرفت نموده است که در اکثر واحدهای بزرگ کشاورزی و یا در مجاورت آن‌ها انواع تجهیزات سورتینگ یافت می‌شود که این امر سبب تسهیل بسته‌بندی اولیه و حمل و نقل محصول نیز شده و ارزش افزوده بیشتری نصیب کشاورزان این کشورها نموده است (پناهی، ۱۳۸۷). درجه‌بندی محصولات کشاورزی بر اساس ویژگی‌های ابعادی را اندازه‌بندی[۲] می‌گویند. برای بسیاری از محصولات کشاورزی اندازه‌بندی مقدمه‌ای برای انجام سایر مراحل و عملیات فرآوری است.

در مورد فندق، یکی از مشکلات عمده در عملیات تولید مغز، شکسته شدن مغزها و در نتیجه کاهش کیفی محصول نهایی است. عملیات مغز کردن به مقدار زیادی می‌تواند منجر به تولید مغزهای صدمه‌دیده و خردشده گردد که عمدتاً در اثر اعمال نیروهای مکانیکی وارد به مغز ایجاد می‌شوند. در کشور ترکیه، صدمات وارد به مغز به هنگام انجام عملیات مغزکردن به عنوان یکی از مهم‌ترین دلایل کاهش کیفیت مغز فندق ذکر شده است. در این بین، درصد صدمه وارده بستگی به نیروهای مکانیکی اعمال شده به فندق، سرعت دورانی واحد مغزکن، ضخامت پوست فندق، تعداد درجات طبقه‌بندی (اندازه‌بندی) و بازده یا راندمان اندازه‌بندی میوهٔ فندق دارد (اوزدمیر[۳]، ۱۹۹۹).

جاریموپاس و همکاران (۲۰۰۷) یک ماشین آزمایشگاهی درجه‌بندی با مکانیسم صفحه‌ای چرخشی برای اندازه‌بندی میوهٔ منگوستین (نوعی میوه شبیه پرتقال در جزایر هند شرقی) کشور تایلند طراحی، ساخت و ارزیابی کردند. آنان دو نوع سیستم اندازه‌بندی سنجش شیبدار و پله‌ای و سه سرعت چرخشی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که طرح اندازه‌بندی پله‌ای و سرعت چرخشی ۲۱ rpm بهترین حالت را ارائه کرد. ویچیایا[۴] (۲۰۰۰) نوعی دستگاه اندازه‌بندی برای سیب Monkey (نوعی میوه استوایی مناطق جنوب شرق آسیا) طراحی و ساخت. در این دستگاه میوه‌ها در طول دو غلتک که فاصله آن‌ها به تدریج زیاد می‌شود به کمک جریان آب حرکت کرده و بر اساس اندازه از غلتک عبور کرده و در سبد زیر دستگاه بر اساس اندازه در سه دستهٔ درشت، متوسط و ریز جدا می‌شدند.

---

۱. Sorting

۲. Sizing

۳. Ozdemir

۴. Vichaiya

طباطبایی‌کلور و هاشمی (۱۳۸۷) یک دستگاه برای درجه‌بندی مرکبات بر اساس اندازه مشابه دستگاه جاریموپاس و همکاران (۲۰۰۷) ساخته و عملکرد آن را مورد آزمایش و ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد که بهترین عملکرد دستگاه در سرعت ۴۰ دور بر دقیقه صفحه با بازده ۹۴٪، نسبت میانگین خطای ۱۱/۱ ٪ و ظرفیت ۱۰۱۲ کیلوگرم در ساعت بدست آمد.

فرهمند و همکاران (۱۳۸۷) نیز دستگاهی مشابه دستگاه جاریموپاس و همکاران (۲۰۰۷) برای اندازه‌بندی پیاز زعفران طراحی، ساخت و ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که این دستگاه می‌تواند به جداسازی ابعادی پیازهای ریز و درشت زعفران با دقت بیش از ۸۵ درصد، قابلیت تنظیم دستگاه برای اندازه‌بندی سایر محصولات مشابه، قابلیت اندازه‌بندی پیاز زعفران با ظرفیت بیش از ۸۰ کیلوگرم بر ساعت انجام شود. ملاغلام‌زاده و همکاران (۱۳۹۱) دستگاهی برای درجه‌بندی لیموترش طراحی، ساخت و بهینه‌سازی نمودند. دستگاه ساخته شده یک درجه‌بند استوانه‌ای شیاردار بود که قابلیت درجه‌بندی لیموترش را به دو دسته ریز و درشت داشت. نتایج ارزیابی دستگاه نشان داد که بازده درجه‌بندی و ظرفیت کاری دستگاه به ترتیب ۸۴/۹۱٪ و ۵۲۰/۹۷ کیلوگرم بر ساعت بود.

برای درجه‌بندی محصولات کشاورزی معمولاً یکی از خصوصیات فیزیکی مثل رنگ، حجم، قطر و مساحت مورد استفاده قرار می‌گیرد. سیب بر اساس رنگ، شکل و اندازه، هلو بر اساس رنگ و گوجه فرنگی بر اساس شکل و رنگ می‌تواند درجه‌بندی شوند (لیماس و میجین[۱]، ۲۰۰۲). اوزدمیر و اوزیلگن[۲] (۱۹۹۷) دو نوع فندق‌شکن مرسوم کشورهای اسپانیا و ترکیه با دستگاه‌های درجه‌بندی استوانه‌ای (مرسوم ترکیه) و الک ارتعاشی (ساخت اسپانیا) به منظور تعیین اثر ترکیبات مختلف سیستم اندازه‌بندی/ فندق‌شکن در کیفیت فندق تولید شدهٔ محصول ترکیه ارزیابی کردند.

از این‌رو، با توجه به اهمیت اندازه‌بندی محصول در سایر عملیات فرآوری و عرضه به بازار هدف از انجام این تحقیق، طراحی و ساخت دستگاه مناسبی برای اندازه‌بندی فندق و سپس آزمون و ارزیابی عملکرد آن بوده است.

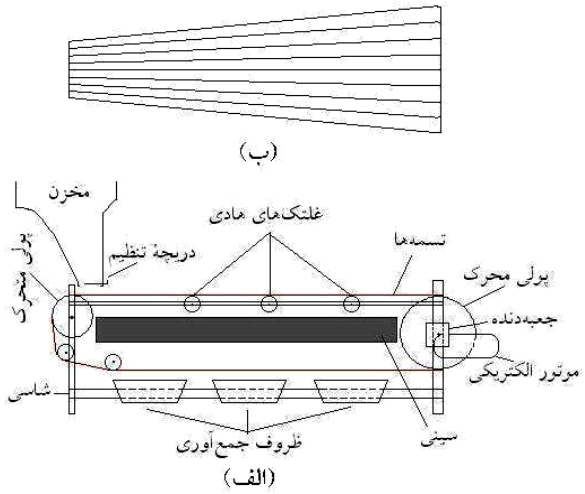
مواد و روش‌ها

طرح انتخابی دستگاه اندازه‌بندی فندق

اساس کار و مکانیزم انتخاب شده برای دستگاه اندازه‌بندی فندق بر اساس تسمه واگرا[۳] است (شکل ۱). دستگاه دارای پلاتفرمی مشابه یک تسمه نقاله افقی است که در آن تسمه به صورت طناب‌هایی است که پیرامون غلتک‌های محرک و متحرک قرار گرفته است. فاصله بین طناب‌ها در قسمت ورودی محصول (غلتک متحرک) کوچک و در انتهای دیگر (غلتک متحرک و واحد محرکه) بزرگ‌تر است. در این طرح محصول بر اساس کوچک‌ترین بُعد درجه-

۱. Leemas and Magein
۲. Ozdemir and Ozilgen
۳. Diverging belt

بندی می‌شود. محصول به صورت پیوسته توسط یک واحد نقاله پره‌ای بر روی تسمهٔ طنابی واگرا تخلیه می‌شود. در زیر طناب‌ها سینی قرارگیری محصول به بخش‌های با خروجی‌های مختلف بر اساس اندازه فندق قرار گرفته است.



شکل ۱- الف) طرح‌وارهٔ دستگاه اندازه‌بندی فندق، ب) دید از بالا، وضعیت طناب‌ها.

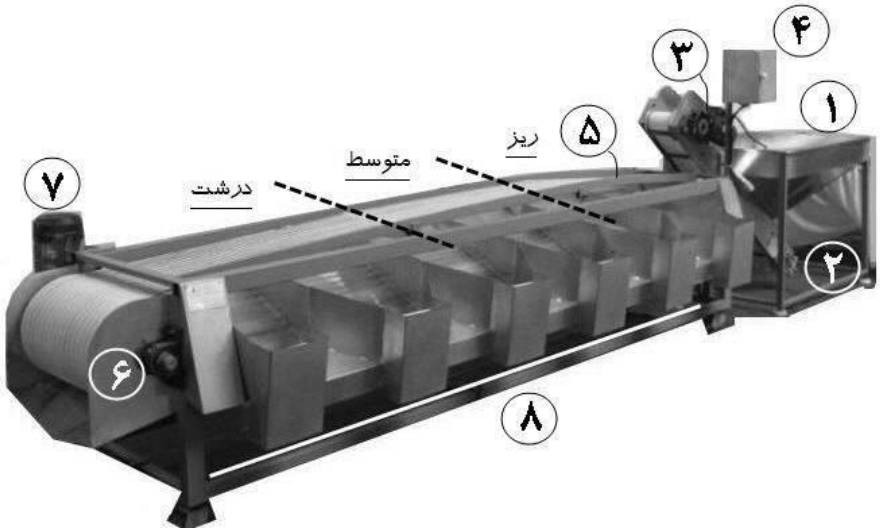
تعداد درجات اندازه‌بندی فندق

در کشورمان ایران برای اندازهٔ فندق استانداردی وجود ندارد. لکن در کشورهای ترکیه و آمریکا برای فندق استانداردهایی برای این امر وجود دارد. فندق در کشور ترکیه در چهار اندازهٔ ۱- ۱۳> اندازه فندق، ۲- ۱۶ > اندازه فندق > ۱۳، ۳- ۱۸ > اندازه فندق > ۱۶، ۴- اندازه فندق > ۱۸ طبقه‌بندی می‌شود. در ایالت اورگون آمریکا فندق در سه اندازهٔ ۱- ۱۶> اندازه فندق، ۲- ۱۹> اندازه فندق >۱۶، ۳- ۲۴> اندازه فندق >۱۹ طبقه‌بندی می‌شود. در این تحقیق با عنایت به نتایج بررسی خواص فیزیکی فندق و توزیع فراوانی اندازهٔ ابعادی آن (کرمانی، ۱۳۹۱) سه دسته اندازه‌بندی به صورت: ۱- ۱۴> اندازه فندق، ۲- ۱۶> اندازه فندق> ۱۴، و ۳- اندازه فندق> ۱۶ پیشنهاد گردید. دستگاه اندازه‌بندی تسمه‌ای فندق برای سه طبقه اندازه مشخص شدهٔ فوق طراحی و ساخته شده و مورد ارزیابی قرار گرفت.

شرح اجزا و واحدهای ماشین اندازه‌بندی

بر اساس خواص فیزیکی فندق نسبت به طراحی سورتر اقدام گردید. با عنایت به صرف هزینه‌های ساخت و در نظر گرفتن این که این دستگاه قابلیت کار برای مطالعات تکمیلی این محصول و نیز برای محصولات مشابه را دارا باشد، محدودهٔ اندازه‌بندی گسترده‌تری برای دستگاه در نظر گرفته شد. حداقل اندازه برای مغز فندق ۱۰ میلی‌متر بود که برای بخش ورودی محصول روی دستگاه در نظر گرفته شد. شکل ۲ تصویر دستگاه ساخته شده را نشان می‌دهد. دستگاه به طور کلی دارای چهار واحد شامل؛ ۱- تغذیه، ۲- واحد اندازه‌بندی، ۳- واحد راه‌اندازی و کنترل، و ۴- واحد تخلیه و خروج محصول می‌باشد. واحد تغذیه تشکیل شده است از مخزن محصول به شکل هرم وارونه‌ای (شماره ۱) که روی شاسی واحد تغذیه قرار گرفته است. برای انتقال محصول از مخزن به ورودی دستگاه اندازه‌بندی

(سورتر) یک نقالهٔ پره‌ای روی یکی از وجوه جانبی آن تعبیه شده است (شماره ۲). از طریق الکتروموتور به توان ۰/۳۷kW (۰/۵ hp) و گیربکس کاهنده (۱ به ۴۰) و تغییر جهت دهنده (شماره ۳) محصول از کف مخزن به ابتدای دستگاه اندازه‌بندی های روی ورودی نوار تسمهٔ طنابی دستگاه (شماره ۵) تخلیه می‌گردد. واحد اندازه‌بندی به صورت یک نقالهٔ تسمه‌ای افقی است که تسمه به صورت طناب پیوسته و بی‌انتها درون شیارهای پیرامون غلتک انتهای ورودی (غلتک متحرک) و غلتک محرک (شماره ۶) پیچیده شده است و توسط الکتروموتور سه فاز به توان ۰/۷۵ kW (۱ hp)، ۱۴۵۰ rpm و گیربکس کاهنده (۱ به ۴۰) و تغییر جهت دهنده (شماره ۷) حرکت می‌کند. طناب مورد استفاده از نوع طناب‌های صنعتی از جنس ابریشم صنعتی با قطر ۸ mm بود.



شکل ۲- تصویر دستگاه اندازه بندی تسمه‌ای فندق ساخته شده.

غلتک‌های دستگاه اندازه‌بندی از جنس پلاستیک فشرده بوده و بر اساس فاصلهٔ بین طناب‌ها در ورودی ۱۰ mm و به تدریج تا انتهای دیگر تا اندازهٔ ۲۲ mm ایجاد شده است. در طول واحد اندازه‌بندی هرزگردهایی برای تحمل وزن محصول و زیر تسمه طنابی قرار داده شد. واحد تخلیه و خروج محصول اندازه‌بندی تشکیل شده است از سینی مورب، فاصله اندازه‌ها و دهانه‌های خروجی است که در زیر تسمه طنابی قرار دارد (شماره ۸). واحد کنترل و راه-اندازی دستگاه (شماره ۴) تشکیل شده است از یک دستگاه اینورتر برای راه‌اندازی و اعمال تغییرات در سرعت نقاله پره‌ای واحد تغذیه و سرعت طناب (تسمه‌های واگرا) واحد اندازه‌بندی محصول.

بررسی مکانیک طناب مورد استفاده

توان مورد نیاز برای یک سیستم تسمه‌ای از رابطهٔ ۱ محاسبه می‌شود. همچنین به منظور کار بدون لغزش در سیستم رانش تسمه‌ای صاف با زاویه آغوش ۱۸۰ درجه نسبت کشش تسمه در طرف سفت به شل $T_2/T_1=$ ۲/۵ توصیه شده است (سریواستاوا و همکاران، ۱۳۸۶).

$$P = (T_2 - T_1) .V \qquad (۱)$$

که در آن: P: توان محرکه (W)، T_2 و T_1: به ترتیب نیروی کشش در طرف سفت و شل تسمه (N)، و V: سرعت خطی تسمه (m/s) می‌باشند.

موتور بکار رفته دارای توان ۰/۷۵ kW و برای حداکثر سرعت تسمه ۱ m/s مقادیر نیروی کششی در طرف سفت و شل تسمه به ترتیب ۱۲۵۰ N و ۷۵۰ N خواهد شد. با توجه به بار مجاز طناب به قطر ۸ میلی‌متر از جنس مشابه طناب استفاده شده[1] که بیش از ۵۰۰ kgf (۵۰۰۰ N) است دارای ضریب اطمینان معادل ۴ خواهد بود. از این‌رو، این سیستم به خوبی می‌تواند کار کند.

ارزیابی عملکرد دستگاه

دستگاه مورد نظر برای محصول ورودی با نرخ تغذیهٔ ۸۰۰ کیلوگرم در ساعت در سه سرعت خطی ۰/۴، ۰/۶ و ۰/۸ متر بر ثانیه تسمهٔ طنابی در سه تکرار مورد آزمایش قرار گرفت (شکل ۳).

شکل ۳- تصویر فندق‌های اندازه‌بندی شده توسط دستگاه ساخته شده.

در هر آزمایش از سه دسته اندازهٔ؛ ۱۴ > اندازه فندق، ۱۶ > اندازه فندق > ۱۴ و اندازه فندق > ۱۶ به طور تصادفی تعدادی فندق برداشت شده و با ا ندازه‌گیری ابعادی آن‌ها، راندمان اندازه‌بندی توسط رابطهٔ ۲ تعیین گردید.

$$\text{راندمان اندازه‌بندی} = \frac{\text{تعداد دانه‌های درست اندازه‌بندی شده}}{\text{تعداد کل دانه‌های نمونه}} \times ۱۰۰ \qquad (۲)$$

طرح آماری و تحلیل داده‌های ارزیابی

داده‌های ارزیابی دستگاه به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی توسط نرم‌افزار آماری MSTAT-C مورد تجزیه قرار گرفت. مقایسهٔ میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ انجام شد.

نتایج و بحث

[1]. به علت عدم مشخص بودن مشخصات تسمه مورد استفاده و مقدار بار مجاز، طی با کارشناسان شرکت گروه صنعتی گل نرگس انتخاب شد.

تجزیه واریانس راندمان دستگاه

جدول ۱ نتایج تجزیه واریانس راندمان دستگاه اندازه‌بندی را نشان می‌دهد. بر اساس داده‌های جدول اثر سرعت خطی تسمهٔ دستگاه سورتر بر راندمان اندازه‌بندی در سطح ۵٪ معنی دار نبود. لکن اثر طبقهٔ اندازه فندق در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل دوگانهٔ سرعت خطی تسمه × طبقهٔ اندازه‌بندی در سطح احتمال ۱٪ معنی دار بود. در تحقیقات انجام شده در خصوص ساخت و ارزیابی دستگاه‌های اندازه‌بندی ساخته شده برای اندازه‌بندی محصولات منگوستین، پیاز زعفران، مرکبات و لیموترش سرعت واحد اندازه‌بندی دستگاه اثر معنی‌داری بر عملکرد اندازه‌بندی داشته است.

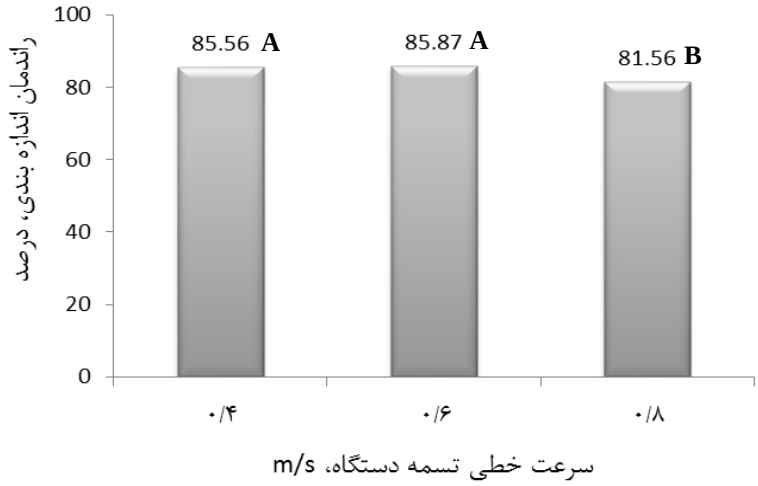
جدول ۱- تجزیه واریانس داده‌های راندمان دستگاه اندازه‌بندی **تسمه‌ای فندق**

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F	احتمال
سرعت خطی تسمه (A)	۲	۱۰۱/۶۳۰	۵۰/۸۱۵	۳/۴۶۴۶**	۰/۰۵۳۳
طبقه اندازه‌بندی (B)	۲	۱۱۴۱/۶۳۰	۵۷۰/۸۱۵	۳۸/۹۱۹۲**	۰/۰۰۰۰
A × B	۴	۲۳۴/۳۷۰	۵۸/۵۹۳	۳/۹۹۴۹**	۰/۰۱۷۲
خطا	۱۸	۲۶۴/۰۰۰	۱۴/۶۶۷		
ضریب تغییرات (C. V.)	٪۴/۵۴				

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪

بررسی اثر سرعت خطی تسمه

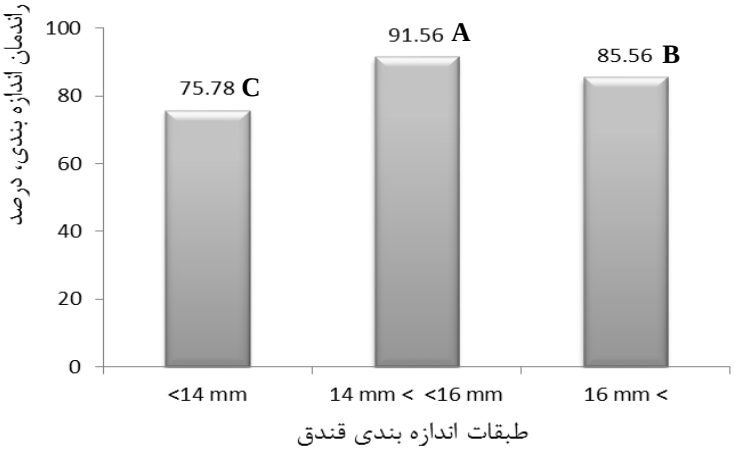
نمودار شکل ۴ مقایسهٔ مقادیر متوسط راندمان اندازه‌بندی فندق در سه سطح سرعت مورد مطالعه به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ نشان می‌دهد. نمودار نشان می‌دهد که به طور کلی با کاهش سرعت خطی تسمهٔ از ۰/۸ m/s به ۰/۶ m/s اندازه‌بندی راندمان اندازه‌بندی دستگاه به طور معنی‌داری از ۸۱/۵۶٪ به ۸۵/۷۸٪ افزایش یافت. پس از آن با کاهش سرعت به ۰/۴ m/s راندمان اندازه‌بندی کاهش یافت. به طور کلی راندمان اندازه‌بندی دستگاه ۸۴/۳٪ برآورد می‌گردد. بازده اندازه‌بندی لیموترش توسط دستگاه درجه‌بند استوانه‌ای شیاردار ۸۴/۹۱٪ تعیین شد (ملاغلام‌زاده و همکاران، ۱۳۹۱). در مناسبت‌ترین حالت برای اندازه‌بندی میوه منگوستین راندمان اندازه‌بندی ۸۴/۷٪ تعیین شد (جاریموپاس و همکاران، ۲۰۰۷). در ارزیابی دستگاه درجه‌بندی مرکبات با استفاده از نیروی گریز از مرکز و ثقل توسط دستگاه صفحه دوار، راندمان دستگاه ۹۴٪ تعیین گردید (طباطبایی‌کلور و هاشمی، ۱۳۸۶).



شکل ۴- اثر سرعت خطی تسمه دستگاه اندازه‌بندی فندق بر راندمان آن.

اثر درجات اندازه‌بندی

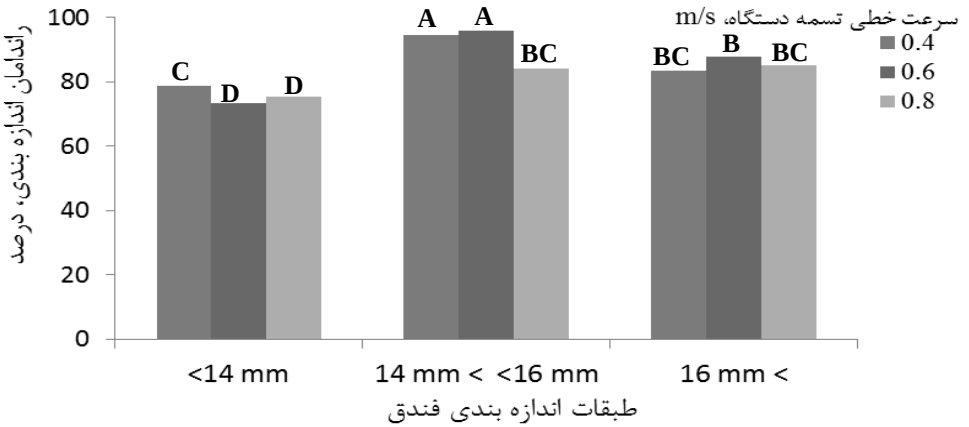
نمودار شکل ۵ نتایج مقایسه میانگین راندمان اندازه‌بندی فندق در سه درجه (طبقهٔ) مورد بررسی را نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که راندمان اندازه‌بندی دستگاه برای فندق‌های با اندازهٔ متوسط بالاترین مقدار و در حدود ۹۲٪ است. به عبارت دیگر دستگاه ۹۲٪ دانه‌های متوسط فندق را درست اندازه‌بندی کرده است و تنها ۸٪ دانه‌های قرار گرفته در این دسته دارای اندازهٔ درشت بود. این دستگاه کم‌تر از ۱۴٪ فندق‌های با اندازهٔ متوسط را در دستهٔ درشت اندازه‌بندی کرده است. همچنین کم‌تر از ۲۵٪ فندق‌های ریز اندازه‌بندی شده توسط آن دارای اندازهٔ متوسط بودند. بیستر بودن راندمان برای درجه متوسط به خاطر این می‌تواند باشد که دو بعد از سه بعد فندق می‌تواند در محدودهٔ اندازهٔ بین ۱۴ تا ۱۶ میلی‌متر باشد. از این رو، به هنگام قرارگیری و حرکت فندق‌ها روی تسمه فرصت بیشتری برای قرار گرفتن در این طبقه اندازه‌بندی را داشته است.



شکل ۵- اثر طبقات اندازه‌بندی بر راندمان دستگاه اندازه‌بندی فندق.

اثر متقابل سرعت خطی× اندازه‌بندی

نمودار شکل ۶ نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل دو گانه سرعت خطی تسمهٔ طنابی× طبقات اندازه‌بندی به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ را نشان می‌دهد.



شکل ۶- اثر متقابل دو گانه سرعت خطی تسمه × طبقات اندازه‌بندی بر راندمان اندازه‌بندی فندق.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق یک دستگاه اندازه‌بندی تسمه‌ای طنابی برای میوهٔ فندق طراحی، ساخت و مورد ارزیابی قرار گرفت. اساس کار اندازه‌بندی فندق ساخته شده بر اساس تسمه‌های واگرا است. سرعت خطی تسمه طنابی دستگاه و طبقهٔ اندازه‌بندی بر راندمان دستگاه اندازه‌بندی فندق اثر دارد. به طور متوسط راندمان اندازه‌بندی دستگاه بیش از ۸۴٪ برآورد گردید.

سپاسگزاری

از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان قزوین و سازمان جهاد کشاورزی استان قزوین که در تأمین بودجه و امکانات لازم برای انجام تحقیق کمک کرده‌اند، صمیمانه سپاسگزاری می‌گردد.

فهرست منابع

۱.آمارنامه کشاورزی ایران در سال ۱۳۹۰، انتشارات وزارت جهاد کشاورزی، تهران، ایران.

۲.برگونیو، اف.، ای. ژرمن و ژ. پ. ساراکویین. ۱۳۷۷. فندق، کشت و تولید. مترجم محمود درویشیان. انتشارات فنی ایران. تهران. ۱۷۶ ص.

۳.بی نام. ۱۳۸۰. فندق. مدیریت ترویج و مشارکت مردمی و مدیریت رزاعت و باغبانی استان قزوین تهران: نشر و تصویر.

۴.پناهی، م. ۱۳۸۷. نگاهی اجمالی به وضعیت سورتینگ محصولات کشاورزی در کشور. ماهنامه تخصصی، تحلیلی و کاربردی دام، کشت و صنعت، سال هشتم، شماره ۱۰۱، اردیبهشت/ خرداد ۸۷.

۵.سریواستاوا، آجیت، گورینگ، کارول و روربک، راجر. ۱۳۸۶. اصول طراحی ماشین‌های کشاورزی (چاپ دوم با تجدید نظر). ترجمه: منصور بهروزی لار و حسین مبلی، ناشر معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی، تهران.

۶.طباطبایی‌کلور، ر. و هاشمی، س. ج. ۱۳۸۷. درجه‌بندی مرکبات با استفاده از نیروی گریز از مرکز و ثقل. مجموعه مقالات پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون، ۷-۸ شهریور ۱۳۸۷، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد.

۷.فرهمند، م.، حسن‌بیگی، س. ر.، کیان‌مهر، م. ح. و قنبریان، د. ۱۳۸۷. طراحی ساخت و ارزیابی دستگاه اندازه‌بند بنه زعفران. مجموعه مقالات پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون، ۷-۸ شهریور ۱۳۸۷، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد.

۸.کرمانی، ع. م. ۱۳۹۱. ارزیابی برخی خواص فیزیکی و مکانیکی میوه و مغز فندق رقم قزوین. مجله‌ی علوم و فناوری غذایی، سال چهارم، شماره ۲: ۶۹-۷۸.

۹.ملاغلام‌زاده، ع.، قنبریان، د. و فدوی، ع. ۱۳۹۱. طراحی، ساخت و بهینه‌سازی درجه‌بند لیموترش. مجموعه مقالات هفتمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون، ۱۴-۱۶ شهریور ۱۳۹۱، دانشگاه شیراز، شیراز.

10. Jarimopas, B., Toomsaengtong, S., and Inprasit, C. 2007. Design and testing of a mangosteen fruit sizing machine. *Journal of Food Engineering* 79(3): 745-751.
11. Leemas, V and Magein. 2002. Online fruit grading according to their external quality using machine vision. *Biosystem Engineering* 83(4),397-404.
12. Ozdemir, M. & Ozilgen, M. 1997. Comparison of the quality of hazelnuts shelled with different sizing and cracking systems. *J. Agric. Engng Res.*, 67, 219-227.
13. Vichaiya, P. 2012. The design and fabricate of the sizing machine prototype for monkey apple. Available from: http://www.eng-en.kmitl.ac.th/research/123-r010.html. Accessed 2 June 2013.

Design, construction and evaluation of sizing machine for hazelnuts

Abstract

In this study, Design and manufacture of postharvest processing machines for hazelnuts to supply high quality products is inevitable. The sizing of hazelnuts for marketing and other processes such as the cracking for kernel production with fewer losses is necessary. The basis of design is based on the diverging belt. In this device, the belt to form an endless rope that is wrapped around of driven and drive rollers groove**.** The distance between the ropes at the entrance of the product (the end of the driven roller**)** is small and gradually to the other end (drive roller) becomes larger. Hazelnuts are fed onto the belt with a feeding unit. Hazelnuts are moving forward by moving the ropes as it passes through the outlet of the tray in three size group small (size<14 mm), medium (14 mm ≤ size <16 mm) and large (size≥16 mm)**.** The evaluation results showed that the linear velocity and the class size had significant effect on the performance of this machine**.** The best linear belt speed 0.8 m/s was determined**.** The overall efficiency of 84**%** was estimated for this machine**.**

Keywords: Sizing machine, Design and construction, Hazelnut.