

طراحی، ساخت و ارزیابی دستگاه اندازه‌بندی فندق

علی‌م‌شاءاله کرمانی^{۱*}، شهریار کوراوند^۲

۱. استادیار، گروه فنی کشاورزی، پردیس ابوریحان دانشگاه تهران

۲. استادیار، گروه فنی کشاورزی، پردیس ابوریحان دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۵/۸ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۱۱/۲۱)

چکیده

با توجه به اهمیت اندازه‌بندی محصول در عرضه به بازار و سایر عملیات فرآوری، در این تحقیق دستگاه اندازه‌بندی فندق طراحی، ساخت و مورد ارزیابی قرار گرفت. اصول کار دستگاه اندازه‌بندی ساخته شده برای فندق مشابه واحدهای اندازه‌بندی تسمه‌ای واگرا است. واحد اندازه‌بندی دستگاه دارای ساختاری مشابه نقاله تسمه افقی است، که در آن به جای تسمه نقاله، طنابی پیوسته و بی انتها به صورت واگرا پیرامون غلتک‌های محرک و متحرک پیچیده شده است. فاصله بین طناب‌ها در قسمت ورودی واحد اندازه‌بندی (غلتک متحرک) کوچک و در انتهای دیگر (غلتک محرک و واحد محرکه) بزرگ‌تر است. فندق‌ها به صورت پیوسته توسط واحد تغذیه دستگاه که شامل مخزن و یک دستگاه نقاله پره‌ای شیب‌دار است، بر روی واحد اندازه‌بندی تخلیه می‌گردد. در طول واحد اندازه‌بندی، فندق بر اساس اندازه بر روی سینی تخلیه با بخش‌های با خروجی‌های مختلف تخلیه می‌گردد. در این طرح فندق 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 طبقه‌اندازه بر راندمان دستگاه اثر معنی‌دار دارد. مناسب‌ترین سرعت خطی برای طناب ۰/۸ m/s تعیین گردید. راندمان اندازه‌بندی دستگاه برای فندق‌های با اندازه متوسط بالاترین مقدار و در حدود ۹۲٪ بود. به طور کلی راندمان اندازه‌بندی دستگاه ۸۴٪ برآورد گردید.

واژه‌های کلیدی: درجه‌بندی، اندازه‌بندی، تسمه واگرا، فندق.

مقدمه

نیز ایجاد صنایع غذایی وابسته، ضرورت توسعه سیستم‌های فرآوری و بسته‌بندی به منظور ورود به بازارهای جهانی وجود دارد (Anon., 2000). جهت توفیق در این امر، ایجاد دستگاه‌های فرآوری مناسب جهت عرضه 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 یکی از ویژگی‌های فیزیکی مثل اندازه، وزن، رنگ، شکل ظاهری، و سایر عوامل و نیز جداسازی میوه‌ها و محصولات خراب و فاسد شده اطلاق می‌شود. سیب بر اساس رنگ، شکل و اندازه، هلو بر اساس رنگ و گوجه‌فرنگی بر اساس شکل و رنگ می‌تواند درجه‌بندی شوند (Leemas & Magein, 2002). در مراحل مختلف فرآوری پس از برداشت محصولات خشکباری مثل پسته جداسازی با هدف خارج ساختن بخش‌هایی از محصول باعث کاهش ارزش تجاری یا بهداشتی محصول هستند صورت می‌گیرد. بر این اساس تحقیقات مختلفی در خصوص بررسی

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. همچنین مصرف غیرخوراکی این محصول در صنایع آرایشی است (Brgvnyv et al., 1992). 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 مازنداران می‌باشد (Anon., 2011). با توجه به استعداد این استان‌ها در توسعه سطح زیر کشت این محصول و

جداسازی میوه‌های پوک (Sajjadi *et al.*, 2007)، خندان از غیر آن (Pearson, 2001) و نیز طبقه‌بندی بر اساس نوع رقم (Mahmudi *et al.*, 2006) با استفاده از پردازش انعکاس صدای برخورد پسته با سطح فلزی انجام شده است.

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 (Panahi, 2007). درجه‌بندی محصولات کشاورزی بر اساس ویژگی‌های ابعادی اندازه‌بندی^۱ نامیده می‌شود. 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 مغزکردن به مقدار زیادی منجر به تولید مغزهای خردشده و صدمه‌دیده می‌گردد. 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 میوه^۲ فندق دارد (Ozdemir, 1999).

برای اندازه‌بندی میوه^۳ منگوستین (نوعی میوه شبیه پرتقال در جزایر هند شرقی) کشور تایلند یک ماشین آزمایشگاهی درجه‌بندی با مکانیسم صفحه‌ای چرخشی طراحی، ساخت و ارزیابی شد (Jarimopas *et al.*, 2007). در این تحقیق دو نوع سیستم اندازه‌بندی سنجش شیب‌دار و پله‌ای و سه سرعت چرخشی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج ارزیابی‌ها نشان داد که طرح اندازه‌بندی پله‌ای و سرعت چرخشی ۲۱ rpm بهترین حالت را ارائه می‌نماید. در تحقیقی توسط Vichaiya (2012) نوعی دستگاه اندازه‌بندی برای سیب Monkey (نوعی میوه استوایی مناطق جنوب شرق آسیا) طراحی و ساخته شد. در این دستگاه میوه‌ها در طول دو غلتک مقابل هم که فاصله آنها به تدریج (به صورت واگرا) 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 دسته^۴ درشت، متوسط و ریز جدا می‌شدند. برای اندازه‌بندی میوه سیب جاوا^۵ محصول کشور تایلند که دارای حساسیت زیاد نسبت به صدمات مکانیکی است، یک ماشین بر اساس تسمه واگرا طراحی، ساخت و مورد ارزیابی قرار گرفت (Treeamnuk *et al.*, 2010). برای درجه‌بندی مرکبات بر اساس اندازه Tabatabaei kolor & Hashemi (2008) دستگاهی مشابه دستگاه Jarimopas *et al.* (2007) 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. همین طور برای اندازه‌بندی پیاز زعفران نیز دستگاهی مشابهی طراحی، ساخت و ارزیابی شد (Farahmand *et al.*, 2008). نتایج ارزیابی نشان داد که دستگاه مورد نظر عملیات اندازه‌بندی پیازهای ریز و درشت زعفران با دقت بیش از ۸۵ درصد و ظرفیت بیش از ۸۰ کیلوگرم بر ساعت می‌تواند انجام بگیرد. برای درجه‌بندی لیموترش به دو دسته ریز و درشت یک دستگاه درجه‌بند استوانه‌ای شیاردار طراحی و ساخته شد (Molagholamzadeh *et al.*, 2012). نتایج ارزیابی آن نشان داد که بازده درجه‌بندی و ظرفیت کاری دستگاه به ترتیب ۸۴/۹۱٪ و ۵۲۰/۹۷ کیلوگرم بر ساعت بود.

در تحقیقی به منظور بررسی اثرات دستگاه‌های فرآوری پس از برداشت فندق در کیفیت عملکرد آنها دو نوع فندق شکن مرسوم کشورهای اسپانیا و ترکیه با دستگاه‌های درجه‌بندی استوانه‌ای (مرسوم کشور ترکیه) و الک ارتعاشی (ساخت کشور اسپانیا) به منظور تعیین اثر ترکیبات مختلف سیستم اندازه‌بندی/فندق شکن در کیفیت فندق تولید شده محصول ترکیه مورد ارزیابی قرار گرفت (Ozdemir & Ozilgen, 1997). موضوع قابل ذکر در خصوص این نوع دستگاه‌های اندازه‌بندی انسداد^۶ روزنه‌ها و شکاف‌های آنها است. از این رو، 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

در اکثر سامانه‌های اندازه‌بندی محصولات مختلف کشاورزی از تغییر تدریجی در اندازه^۷ فاصله تحت عنوان اصطلاح واگرا

2. Java apple fruit
3. Blockage

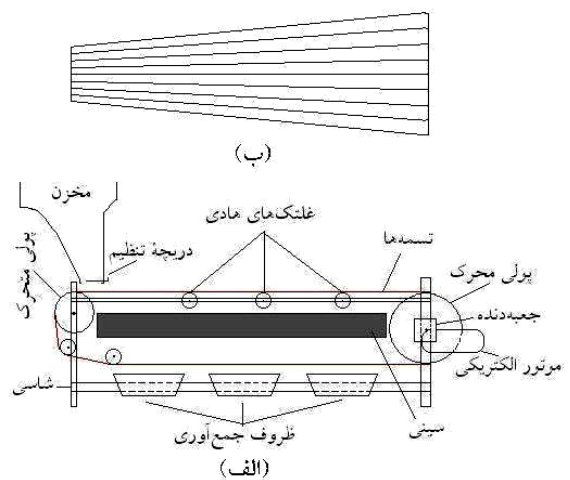
1. Sizing

۱۶ تا ۱۹ میلی‌متر و بزرگ‌تر از ۱۹ میلی‌متر طبقه‌بندی می‌شود (Brgvnyv et al., 1992). در این تحقیق با عنایت به نتایج بررسی خواص فیزیکی فندق و توزیع فراوانی اندازه ابعادی آن (Kermani, 2012) سه دسته اندازه‌بندی به صورت کوچک‌تر از ۱۴ میلی‌متر، بین ۱۴ تا ۱۶ میلی‌متر، و بزرگ‌تر از ۱۶ میلی‌متر پیشنهاد گردید. دستگاه اندازه‌بندی تسمه‌ای فندق برای سه طبقه اندازه مشخص شده فوق طراحی، ساخته شده و مورد ارزیابی قرار گرفت.

شرح اجزا و واحدهای ماشین اندازه‌بندی

بر اساس خواص فیزیکی فندق نسبت به طراحی دستگاه اندازه‌بندی اقدام گردید. با عنایت به صرف هزینه‌های ساخت و در نظر گرفتن این که دستگاه قابلیت کار برای مطالعات تکمیلی این محصول و نیز برای محصولات مشابه را دارا باشد، محدوده 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- واحد 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 وارونه (شماره ۱) که روی شاسی واحد تغذیه قرار گرفته است. برای انتقال محصول از مخزن به ورودی واحد اندازه‌بندی یک نقاله پره‌ای روی یکی از وجوه جانبی آن تعبیه شده است (شماره ۲). از طریق الکتروموتور به توان 0.37 kW (0.5 hp) و جعبه‌دنده کاهنده (۱:۴۰) و تغییر جهت دهنده (شماره ۳) محصول از کف مخزن به ابتدای واحد اندازه‌بندی روی طنابی‌های واگرا (شماره ۵) تخلیه می‌گردد. واحد اندازه‌بندی به صورت یک نقاله تسمه‌ای افقی است که تسمه به صورت یک طناب پیوسته و بی‌انتهای درون شیارهای غلتک متحرک (انتهای ورودی) و غلتک محرک (شماره ۶) پیچیده شده است. غلتک‌های متحرک و محرک واحد اندازه‌بندی از جنس پلاستیک فشرده ساخته شد و تعداد ۱۴ شیار روی آن‌ها ایجاد شده است. بنابراین تعداد ردیف طناب‌های واحد اندازه‌بندی ۱۴ بود که ۱۳ واحد واگرا را برای عبور فندق‌های اندازه‌بندی شده فراهم می‌کند. فاصله بین طناب‌ها در ورودی ۱۰ mm و به تدریج تا انتهای دیگر تا اندازه ۲۲ mm به صورت واگرا ایجاد می‌کند. در طول واحد اندازه‌بندی هرزگردهایی برای تحمل وزن محصول و طناب‌ها زیر طناب‌ها قرار داده شد. طناب مورد استفاده از نوع طناب‌های صنعتی از جنس ابریشم صنعتی با

استفاده شده است (Treeamnuk et al., 2010; Vichaiya, 2012). در این تحقیق اساس کار و مکانیزم انتخاب شده برای دستگاه اندازه‌بندی فندق بر اساس تسمه واگرا^۱ انتخاب شد (شکل ۱). از این‌رو، دستگاه دارای ساختاری مشابه یک تسمه نقاله افقی است که در آن به جای تسمه صورت طنابی به صورت بی‌انتهای پیرامون غلتک‌های محرک و متحرک قرار گرفته است. فاصله بین طناب‌ها در قسمت ورودی محصول (غلتک متحرک) کوچک و در انتهای دیگر (غلتک محرک و واحد محرکه) بزرگ‌تر است. در نتیجه محصول بر روی طناب‌ها به طرف جلو حرکت می‌کند طوری که فاصله بین طناب‌ها به تدریج زیاد می‌شود. در این طرح محصول بر اساس کوچک‌ترین بُعد درجه‌بندی می‌شود. در این طرح به علت حرکت ارتجاعی طناب موضوع انسداد و گرفتگی فاصله عبوری پیش نخواهد آمد. محصول به صورت پیوسته توسط یک واحد نقاله پره‌ای بر روی تسمه طنابی واگرا تخلیه می‌شود. در زیر طناب‌ها سینی قرارگیری محصول به بخش‌های با خروجی‌های مختلف بر اساس اندازه فندق قرار گرفته است.



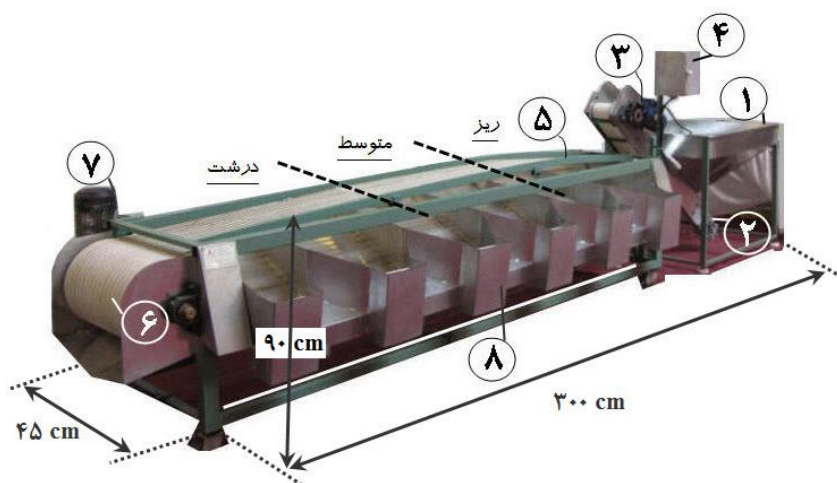
شکل ۱. الف) طرح‌واره دستگاه اندازه‌بندی فندق، ب) دید از بالا، وضعیت طناب‌ها.

تعداد درجات اندازه‌بندی فندق

در حالی که در کشورهای هم‌چون ترکیه و ایالات متحده آمریکا برای اندازه فندق استانداردهایی وضع شده با این حال در ایران در این خصوص استاندارد وجود ندارد. فندق در کشور ترکیه بر اساس قطر متوسط در چهار اندازه کوچک‌تر از ۱۳ میلی‌متر، بین ۱۳ تا ۱۶ میلی‌متر، بین ۱۶ تا ۱۸ میلی‌متر و بزرگ‌تر از ۱۸ میلی‌متر اندازه‌بندی می‌شود. در ایالت اورگون آمریکا فندق در سه طبقه اندازه کوچک‌تر از ۱۶ میلی‌متر، بین

(۴۰:۱) و تغییر جهت دهنده نصب شده روی غلتک محرک (شماره ۷) حرکت می‌کند.

قطر ۸ mm بود. واحد اندازه‌بندی توسط الکتروموتور سه فاز به توان ۰/۷۵ kW (۱ hp)، ۱۴۵۰ rpm و جعبه‌دنده کاهنده



شکل ۲. تصویر دستگاه اندازه‌بندی تسمه‌ای فندق ساخته شده. ۱- مخزن، ۲- نقاله پره‌ای برای انتقال محصول از مخزن به واحد اندازه‌بندی، ۳- موتور جعبه دنده نقاله انتقال محصول، ۴- تابلو اینورتر برای تغییر دور الکتروموتورها، ۵- واحد اندازه‌بندی دستگاه، ۶- غلتک محرک واحد اندازه‌بندی، ۷- الکتروموتور غلتک محرک واحد اندازه‌بندی، ۸- سینی و محل تخلیه فندق‌های اندازه‌بندی شده.

طرف سفت و شل تسمه به ترتیب 1250 N و 750 N خواهد شد. با توجه به بار مجاز طناب به قطر ۸ میلی‌متر از جنس مشابه طناب استفاده شده^۱ که بیش از 500 kgf (5000 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 تغذیه 800 کیلوگرم در ساعت در سه سرعت خطی $0/4$ ، $0/6$ و $0/8$ متر بر ثانیه تسمه‌طنابی 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 اندازه؛ کوچک‌تر از ۱۴ میلی‌متر، بین ۱۴ و ۱۴ میلی‌متر و بزرگ‌تر از ۱۶ میلی‌متر به

واحد تخلیه و خروج محصول اندازه‌بندی شده متشکل از سینی مورب، فاصله اندازه‌ها و دهانه‌های خروجی است که در زیر تسمه طنابی قرار دارد (شماره ۸). واحد کنترل و راه‌اندازی دستگاه (شماره ۴) تشکیل شده است از یک دستگاه اینورتر برای راه‌اندازی و اعمال تغییر در سرعت نقاله پره‌ای واحد تغذیه و سرعت طناب‌های واگرای واحد اندازه‌بندی محصول.

بررسی مکانیک طناب مورد استفاده

توان مورد نیاز برای یک سیستم تسمه‌ای از رابطه ۱ محاسبه می‌شود. همچنین به منظور کار بدون لغزش در سیستم رانش تسمه‌ای صاف با زاویه آغوش 180 درجه نسبت کشش تسمه در طرف سفت به شل $T_2/T_1 = 2/5$ توصیه شده است (Srivastava et al., 2006)

$$P = (T_2 - T_1) \cdot V \quad (\text{رابطه ۱})$$

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.

با عنایت به جعبه‌دنده کاهنده بکار رفته (۱ به ۴۰) و حداکثر سرعت عملی الکتروموتور (1300 rpm) بکار رفته و قطر شعاع کمر طناب‌ها در شیارهای غلتک‌ها (30 cm) سرعت خطی طناب 1 m/s می‌باشد. در این سرعت هنگام عملیات اندازه‌بندی، محصول بدون حرکت ارتعاشی و پرتابی روی طناب‌ها به سمت انتهای دیگر حرکت می‌کند. با در نظر گرفتن توان الکتروموتور ($0/75\text{ kW}$) و برای سرعت خطی طناب 1 m/s با توجه به نسبت کشش تسمه و رابطه ۱، مقادیر نیروی کششی در

۱. به علت عدم مشخص بودن مشخصات تسمه مورد استفاده و مقدار بار مجاز، در تماس با کارشناسان شرکت گروه صنعتی گل نرگس انتخاب شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس راندمان دستگاه

نتایج تجزیه واریانس راندمان ماشین اندازه‌بندی در جدول ۱ نشان می‌دهد که اثر سرعت خطی طناب بر راندمان اندازه‌بندی در سطح ۵٪ معنی‌دار نیست، در حالی که اثر طبقه یا دسته اندازه‌بندی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل دوگانه سرعت خطی طناب × طبقه اندازه‌بندی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار 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 طنابی واگرا برای فندق

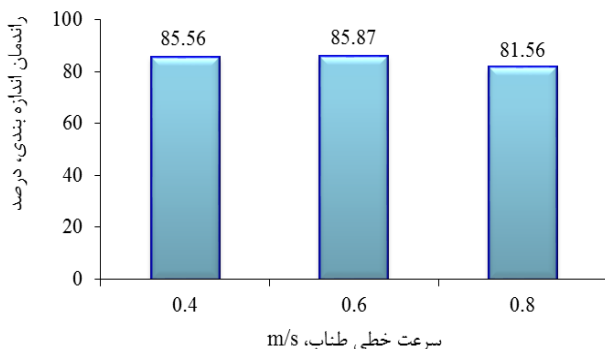
منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F	احتمال
سرعت خطی تسمه (A)	۲	۱۰۱/۶۳۰	۵۰/۸۱۵	۳/۴۶۴۶ ^{ns}	۰/۰۵۳۳
طبقه اندازه‌بندی (B)	۲	۱۱۴۱/۶۳۰	۵۷۰/۸۱۵	۳۸/۹۱۹۲ ^{**}	۰/۰۰۰۰
A×B	۴	۲۳۴/۳۷۰	۵۸/۵۹۳	۳/۹۹۴۹ [*]	۰/۰۱۷۲
خطا	۱۸	۲۶۴/۰۰۰	۱۴/۶۶۷		
ضریب تغییرات (C. V.)					۴/۵۴٪

***، ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، ۵٪ و عدم معنی‌داری.

بررسی اثر سرعت خطی طناب

نمودار شکل ۴ نتایج مقایسه مقادیر متوسط راندمان اندازه‌بندی فندق در سه سطح سرعت مورد مطالعه به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ را نشان می‌دهد. نمودار نشان می‌دهد که به طور کلی با کاهش سرعت خطی طناب از m/s ۰/۸ به ۰/۶ m/s اندازه‌بندی راندمان 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. با کاهش سرعت خطی طناب به ۰/۸ m/s فندق‌ها ضمن حرکت غلتشی مناسب به صورت پایدار بر روی طناب‌ها به طرف جلو حرکت کرده و در فاصله اندازه مناسب خودشان از فاصله بین دو طناب عبور کرده‌اند. در سرعت‌های خیلی کم‌تر، حرکت غلتشی لازم برای قرارگیری کوچک‌ترین بعد محصول برای عبور کاهش یافته است. به طور کلی راندمان اندازه‌بندی دستگاه برای محصول فندق در محدوده مورد مطالعه ۸۴/۳٪ برآورد گردید. در تحقیقات دیگر برای اندازه‌بندی سایر محصولات با دستگاه‌های مختلف مقادیر مشابه برای راندمان اندازه‌بندی به دست آمده است. از جمله مقادیر متوسط بازده اندازه‌بندی برای محصول لیموترش توسط دستگاه درجه‌بند استوانه‌ای شیاردار

۸۴/۹۱٪ تعیین گردید (Molagholamzadeh et al., 2012). برای اندازه‌بندی میوه منگوستین در مناسب‌ترین حالت راندمان اندازه‌بندی ۸۴/۷٪ تعیین شد (Jarimopas et al., 2007). در ارزیابی دستگاه درجه‌بندی مرکبات با استفاده از نیروی گریز از مرکز و ثقل توسط دستگاه صفحه دوار، راندمان دستگاه ۹۴٪ تعیین گردید (Tabatabaei kolor & Hashemi, 2008).

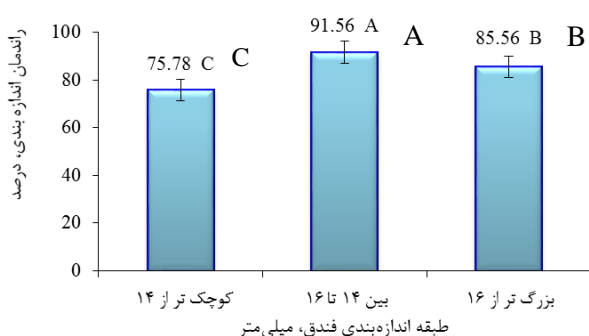


شکل ۴. اثر سرعت خطی طناب دستگاه اندازه‌بندی فندق بر راندمان آن.

اثر طبقه اندازه‌بندی

نمودار شکل ۵ نتایج مقایسه میانگین راندمان اندازه‌بندی فندق در سه طبقه (درجه) اندازه‌بندی مورد بررسی را نشان می‌دهد.

سرعت‌های ۰/۶ m/s و ۰/۸ m/s در یک گروه آماری قرار گرفت. تقریباً چنین روندی نیز برای فندق‌های دسته متوسط نیز مشاهده شد. به نظر می‌رسد برای فندق در دو دسته اندازه ریز و متوسط در سرعت‌های کوچک‌تر به علت وزن کم‌تر ضمن حرکت به طرف جلو روی طناب‌های واحد اندازه‌بندی پایدارترند و با راندمان بالاتری اندازه‌بندی می‌شوند. این موضوع برای فندق‌های با اندازه درشت برای هر سه سطح سرعت مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری با هم نداشته است. از این‌رو، راندمان اندازه‌بندی برای دسته اندازه درشت (قطر متوسط بزرگ‌تر از ۱۶ mm) در سرعت‌های مختلف در یک سطح آماری قرار گرفت.

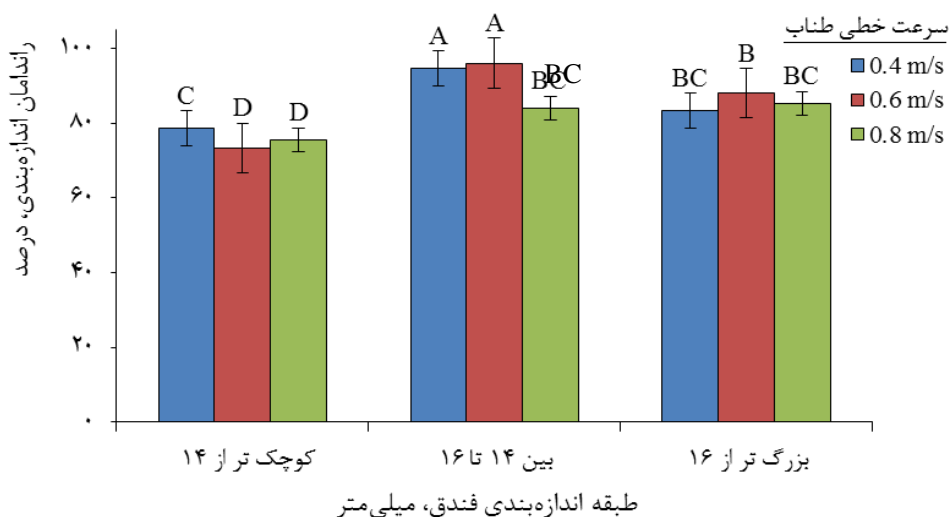


شکل ۵. اثر طبقات اندازه‌بندی بر راندمان دستگاه اندازه‌بندی فندق.

نتایج نشان می‌دهد که راندمان اندازه‌بندی دستگاه برای فندق‌های با اندازه 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 اندازه درشت بود. این دستگاه کم‌تر از ۱۴٪ فندق‌های با اندازه متوسط را در دسته درشت اندازه‌بندی کرده است. همچنین کم‌تر از ۲۵٪ فندق‌های ریز اندازه‌بندی شده توسط آن دارای اندازه متوسط بودند. بیشتر بودن راندمان اندازه‌بندی برای فندق‌های با درجه اندازه متوسط به خاطر این می‌تواند باشد که ضریب کرویت فندق‌های این دسته بالاتر از دو دسته دیگر بوده است.

اثر متقابل سرعت خطی × اندازه‌بندی

نمودار شکل ۶ نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل دو گانه سرعت خطی تسمه طنابی × طبقات اندازه‌بندی به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ را نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که برای فندق‌های با اندازه کوچک (قطر متوسط کم‌تر از ۱۴ میلی‌متر) با افزایش سرعت خطی طناب راندمان اندازه‌بندی در دو گروه آماری قرار می‌گیرد. به طوری که برای سرعت طناب ۰/۴ m/s بیشترین مقدار را داشت و برای



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

راندمان اندازه‌بندی دستگاه بیش از ۸۴٪ برآورد گردید.

سپاسگزاری

از مرکز تحقیقات و آموزش 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.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق یک دستگاه اندازه‌بندی تسمه‌ای طنابی برای میوه 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 طبقه اندازه‌بندی بر راندمان دستگاه اندازه‌بندی فندق اثر دارد. به طور متوسط

REFERENCES

- Anno. (2000). *Hazelnuts*. Qazvin province Organization of Jihad-e Agriculture Extension & Cultivation and Horticulture of Managements. Publish and Picture Publisher. (In Farsi)
- Anon. (2011). *Iran Agricultural Statistics in 2011*, Publications of Iran Ministry of Jihad-e Agriculture, Tehran, Iran. (In Farsi)
- Brgvnyv, F., Germain, A., & Sarakvyyn, C. (1992). *Hazelnuts: cultivation and production*. Translated by: Mahmoud Darvishian, Iran Technical Publisher, Tehran, 176 pp. (In Farsi)
- Farahmand, M., Hassanbeygi, Seyed R., Kianmehr, M. H., & Ghanbarian, D. (2008). Design, construction and evaluation of sizing machine for saffron corms. In: *Proceedings of the 5th National Congress of Agricultural Machinery Engineering & Mechanization*, 28-29 Aug., Ferdosi Mashhad University, Mashhad. (In Farsi)
- Jarimopas, B., Toomsaengtong, S., & Inprasit, C. (2007). Design and testing of a mangosteen fruit sizing machine. *Journal of Food Engineering*, 79(3): 745-751.
- Kermani, A. M. (2012). Evaluation of some physical and mechanical properties of hazelnut. *Journal of Food Science and Technology*, Vol. 4, No. 2: 69-78. (In Farsi)
- Leemas, V & Magein. (2002). Online fruit grading according to their external quality using machine vision. *Biosystem Engineering*, 83(4), 397-404.
- Mahmoudi, A., Omid, M., Aghagolzadeh, A., and Borgayee, A. M. (2006). Grading of Iranian's export pistachio nuts based on artificial neural networks. *International Journal of Agriculture & Biology*, Vol. 8, No. 3: 371-376.
- Molagholamzadeh, A., Ghanbariyan, D., & Fadavi, A. (2012). Design, construction and optimization Lemon sorter. In: *Proceedings of the 7th National Congress of Agricultural Machinery Engineering and Mechanization*, 21-23 Sep., Shiraz University, Shiraz. (In Farsi)
- Ozdemir, M. & Ozilgen, M. (1997). Comparison of the quality of hazelnuts shelled with different sizing and cracking systems. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 67, 219-227.
- Ozdemir, M. (1999). Comparison of the quality of hazelnuts unshelled with modified conical sheller and stone sheller. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 72, 211-216.
- Panahi, M. (2007). An overview of the situation of agricultural products in Iran sorting. *Monthly specialized, analytical and practical cattle breeding, agro-industry*, Vol. 8, No. 101. (In Farsi)
- Pearson, T. C. (2001). Detection of pistachio nuts with closed shells using impact acoustics. *Applied engineering in agriculture*, 17: 249-253
- Sajjadi, S. J., Ghazanfari, A., Rostami, A. (2007). Sorting of pistachios using of sound processing and neural networks, In: *Proceedings of the 5th National Congress on Agricultural Machinery Engineering & Mechanization*, 28-29 Aug., Ferdosi Mashhad University, Mashhad. (In Farsi)
- Srivastava, Ajit K., Goering, Carroll E., & Rohrbach, R. (2006). *Engineering principles of agricultural machines*. 2nd ed., American Society of Agricultural and Biological Engineering, St. Joseph, Michigan, United Sateate.
- Tabatabaei kolor, R. & Hashemi. (2008). Sorting of citrus using centrifugal force and gravity. In: *Proceedings of the 5th National Congress of Agricultural Machinery Engineering & Mechanization*, 28-29 Aug., Ferdosi Mashhad University, Mashhad. (In Farsi)
- Treemnuak, K., Pathaveerat, S., Terdwongworakul, A., and Bupata, C. (2010). Design of machine to size java apple fruit with minimal damage. *Biosystems Engineering*, 107: 140 -148.
- Vichaiya, P. (2012 June). The design and fabricate of the sizing machine prototype for monkey apple. from <http://www.eng-en.kmitl.ac.th/research/123-r010.html>.