

بررسی انرژی گسیختگی ارقام مختلف سیب زمینی در مرحله برداشت با دستگاه سنتام

علی خرمی فر^۱، منصور راسخ^{۲*}، حامد کرمی^۳

۱- دکتری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

۲- استاد، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

۳- دکتری، گروه مهندسی نفت، دانشگاه نالچ، اربیل، عراق

* ایمیل نویسنده مسئول: m_rasekh@uma.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۰۵

چکیده

یکی از چالش‌های بزرگ قرن برآورد کردن نیاز غذایی جمعیت در حال رشد است و تکنولوژی‌های جدیدی در صنعت کشاورزی نمود پیدا کرده است. سیب زمینی گیاهی است مهم که در سراسر جهان رشد می‌کند و به عنوان یک محصول مهم در کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته برای رژیم غذایی انسان به عنوان یک منبع کربوهیدرات، پروتئین، و ویتامینها به حساب می‌آید. به دلیل تعدد زیاد واریته‌های این محصول و برخی مواقع عدم آشنایی احدهای فرآوری با ارقام آن و نیز وقت گیر بودن و عدم دقت زیاد در شناسایی و انتخاب ارقام مناسب سیب زمینی، نیاز به روش‌هایی برای انجام این کار با دقت کافی، ضروری است. این مطالعه با هدف استفاده از خواص مکانیکی به عنوان یک روش سریع و ارزان برای انتخاب مناسب ارقام مختلف سیب زمینی برای مصارف مختلف انجام شد. در پژوهش حاضر، از دستگاه سنتام موجود در دانشگاه محقق اردبیلی جهت تعیین خواص مکانیکی استفاده شد. بر اساس نتایج به دست آمده، سرعت بارگذاری و نوع رقم در میزان انرژی گسیختگی در سطح ۱ درصد اثر معنی‌داری داشتند.

کلمات کلیدی

"سیب زمینی"، "انرژی گسیختگی"، "سنتام"

۱- مقدمه

نتیجه رسیدند که می‌توان ارقام سیب زمینی را تشخیص و طبقه بندی کرد. این تحقیق با بکارگیری ۴ ویژگی هندسی، ۷ عامل جانبی و ۲۹ پارامتر تعیین کننده رنگ انجام شد و از بین این‌ها ۱۰ عامل بیشترین تاثیر را در تشخیص ارقام داشتند. حالت بهینه شبکه عصبی مصنوعی مورد استفاده برای تشخیص این دو رقم ۲-۵۱-۱۸ بود. (Azizi, 2016) تحقیقی را بر روی ۱۲۰ سیب زمینی در ۱۰ رقم مختلف با استفاده از ماشین بینایی و پردازش تصویر با توبلاکس نرم افزار متلب R2012 جهت تشخیص بافت، پارامترهای شکل و ارقام سیب زمینی انجام دادند. ابتدا طبقه بندی رقم‌های سیب زمینی با استفاده از روش LDA انجام شد که دقت این روش برابر ۶۶٫۷ درصد به دست آمد. همچنین این روش در تشخیص دو رقم آگریا و ساوالان دچار اشتباه شد و همچنین دو رقم فونتانه و ساتینا را در کلاس‌های دیگر طبقه بندی کرد. آن‌ها همچنین با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی، طبقه بندی ارقام سیب زمینی را انجام دادند که در این خصوص شبکه با یک لایه پنهان دقت ۸۲٫۴۱ درصدی و با دو لایه پنهان دقت ۱۰۰ درصدی داشت. در این تحقیق مشخص گردید که انواع مختلف سیب زمینی را می‌توان با سطح دقت بسیار بالا با استفاده از ویژگی‌های سه گانه رنگ، ویژگی‌های بافتی و مورفولوژیکی استخراج شده توسط ماشین بینایی و

سیب زمینی گیاهی است مهم که در سراسر جهان رشد می‌کند و به عنوان یک محصول مهم در کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته برای رژیم غذایی انسان به عنوان یک منبع کربوهیدرات، پروتئین، و ویتامینها به حساب می‌آید. این محصول بومی آمریکای جنوبی و اصل آن از کشور پرو می‌باشد و پس از گندم، برنج و ذرت، چهارمین محصول در سبب غذایی جوامع بشری است. طبق آمار سازمان خواروبار و کشاورزی ملل متحد سطح زیر کشت این محصول در ایران در سال ۲۰۱۷، ۱۶۱ هزار هکتار بوده است و محصول برداشت شده از این سطح حدود ۵٫۱ میلیون تن می‌باشد. روش‌های سنتی در تعیین واریته‌های سیب زمینی بیشتر مبتنی بر شاخصه‌های ریخت‌شناسانه بود، اما با تولید محصولات جدید، نیاز به روش‌های احساس شد که سریع‌تر و دارای قدرت تشخیص بیشتری باشند. در این بین شبکه عصبی مصنوعی با کارایی بالا می‌تواند در طبقه بندی ارقام بکار رود. شبکه عصبی مصنوعی می‌تواند کلاس بندی و تشخیص رقم را انجام داده، انعطاف پذیر بوده و در اکثر محصولات کشاورزی بکار می‌رود. (Przybył, 2015) دو رقم سیب زمینی Vineta و Denar را با استفاده از روش پردازش تصویر و شبکه عصبی مصنوعی مطالعه کرده و به این

داد که با افزایش رطوبت از ۱۰ درصد به ۱۴ درصد، مقدار نیرو و انرژی گسیختگی به ترتیب از ۴۷٫۵ نیوتن و ۱۰ میلی ژول به ۸۲ نیوتن و ۵۶ میلی ژول افزایش پیدا کرده است. همچنین اسدزاده و همکاران (۱۳۹۱) با مطالعه اثر رطوبت، جهت و سرعت بارگذاری بر خواص مکانیکی پنبه دانه رقم ورامین، دریافتند که رطوبت و جهت بارگذاری در سطح احتمال ۱ درصد بر کلیه خواص مکانیکی اثر معنی دار دارند و با افزایش رطوبت، تغییر شکل در نقطه گسیختگی کاهش می یابد. در تحقیقی که نوری جنگی و همکاران (۲۰۱۱) بر روی مقایسه خواص مکانیکی دو رقم نصرت و کویر دانه جو انجام دادند، نتایج نشان داد با افزایش محتوای رطوبتی از ۷/۳ درصد به ۲۱/۶ درصد برای رقم نصرت و از ۶/۷ درصد به ۲۱/۲ درصد برای رقم کویر، نیروی گسیختگی کاهش می یابد. در پژوهش دیگر توسط توکلی و همکاران (۲۰۰۹) اثر رطوبت، سرعت بارگذاری و اندازه دانه بر مقاومت شکست دانه جو بررسی شد و معلوم گردید بیشترین انرژی گسیختگی دانه در رطوبت ۲۱/۵۸ درصد و تحت بار افقی با سرعت ۵ میلیمتر بر دقیقه و کمترین آن در رطوبت ۷/۳۴ درصد تحت بار عمودی و با سرعت ۱۰ میلیمتر بر دقیقه می باشد.

۲- روش انجام تحقیق

• تهیه نمونه

ابتدا ۵ رقم مختلف سیب زمینی (آگریا، اسپریت، سانتا، مارفونا و جلی) از مرکز تحقیقات کشاورزی اردبیل و بلافاصله پس از برداشت تهیه شدند. پس از تهیه ارقام، ابتدا با استفاده از استوانه برش ۲۱ نمونه از هر رقم سیب زمینی تهیه و سپس داده برداری با دستگاه سننام انجام شد.



شکل ۱- برش نمونه و آماده سازی جهت آزمون فشار

بکارگیری یک شبکه عصبی مصنوعی طبقه بندی کننده غیرخطی، شناسایی و طبقه بندی کرد. در تحقیقی دیگر (Mercurio, 2019) که با استفاده از شبکه عصبی و پردازش تصویر روی ۵ رقم سیب زمینی شیرین انجام شد، محققین نشان دادند که این روش موفقیت آمیز بوده و می تواند ارقام سیب زمینی شیرین را با دقت ۱۰۰ درصد طبقه بندی کند. با تعیین و بررسی روابط موجود بین نیرو و تغییر شکل محصولات کشاورزی تا نقطه تسلیم می توان محدوده نیروهای آسیب رسان به میوه را مشخص کرد تا ماشین های برداشت و حمل و نقل به گونه ای طراحی شوند که نیروهای وارده از آن ها بیشتر از این محدوده نباشد. از طرفی یکی از راه های تشخیص میزان رسیدگی میوه لمس و فشار دادن آن با انگشت شصت است که راهی تجربی بوده و بستگی به میزان مهارت شخص لمس کننده دارد (Reddy & Singh, 2006). آزمون نفوذ مکانیکی میوه می تواند با کمی کردن این تشخیص شاخصی برای بررسی میزان رسیدگی میوه باشد و با استفاده از این تشخیص زمان مطلوب برداشت را تعیین نمود (USDA, 2003). تحقیقات متعددی در خصوص خواص فیزیکی و مکانیکی محصولات کشاورزی در ایران و سایر کشورها انجام شده است. در تحقیقی که توسط علی محمدی و راسخ (۱۳۹۴) برای تعیین برخی خواص مکانیکی میوه لیموترش در بارگذاری شبه استاتیکی انجام شد، نتایج نشان داد که اثر سرعت بارگذاری، جهت بارگذاری و اندازه لیموترش بر نیروی گسیختگی لیموترش معنی دار است. با کوچکتر شدن اندازه لیمو نیروی گسیختگی و تغییر شکل کاهش می یابد و همچنین با افزایش سرعت بارگذاری، نیروی گسیختگی افزایش می یابد. در پژوهشی دیگر که توسط موحد نژاد و خوش تقاضا (۱۳۹۰) انجام گردید، اثر اندازه، سرعت و جهت بارگذاری بر خواص مکانیکی لیموترش بررسی شد و نتایج نشان داد که اثر متقابل سرعت بارگذاری و اندازه در انرژی شکست و چقرمگی و اثرات اصلی اندازه، سرعت بارگذاری و جهت بارگذاری بر مدول الاستیسیته معنی دار است اما هیچ یک از اثرات بر نیروی گسیختگی معنادار نیست. آبوت و لو (۱۹۹۶) آزمایشاتی را برای تعیین رسیدگی، جهت و موقعیت نمونه گیری بر روی چهار خاصیت مکانیکی تنش گسیختگی، کرنش گسیختگی، انرژی گسیختگی و ضریب الاستیسیته ظاهری سه رقم سیب انجام دادند. نتایج آزمایشات نشان داد که اثر متقابل رقم \times موقعیت معنی دار نبوده است. در یک مطالعه، عالمی و همکاران (۱۳۸۸) خواص مکانیکی ۳ رقم دانه سویا در بارگذاری شبه استاتیک در ۳ سطح رطوبتی و ۳ سطح دمایی را بررسی کردند و نتایج نشان

جدول ۱- تجزیه واریانس چقرمگی ارقام سیب زمینی

منابع	درجه آزادی	میانگین مربعات
رقم (C)	۴	۵۵۹۰٫۶۴ **
سرعت بارگذاری (V)	۲	۳۶۸۶٫۳۸ **
C * V	۸	۳۱۳٫۷۷ **
خطا	۹۰	۱۸٫۲۱
کل	۱۰۴	

** معنی داری در سطح ۱ درصد می باشد.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس برای میزان چقرمگی ۵ رقم مختلف سیب زمینی در سطح ۱ درصد معنی دار بوده و ضریب تغییر آن ۹٫۶ به دست آمد. در شکل ۲ میانگین نتایج حاصل را مشاهده می کنید.

• محاسبه میزان انرژی گسیختگی

برای اندازه گیری انرژی گسیختگی نمونه های سیب زمینی از دستگاه سنتام (موجود در گروه مهندسی بیوسستم دانشگاه محقق اردبیلی) استفاده شد. برای این کار، هر رقم سیب زمینی در سه سطح سرعت بارگذاری (۱۰، ۴۰ و ۷۰ میلیمتر بر دقیقه) با ۷ تکرار تحت نیروی فشاری قرار گرفت. سپس با استفاده از میزان نیروی گسیختگی و تغییر شکل (مساحت سطح زیر نمودار منحنی نیرو-تغییر شکل) مقدار انرژی گسیختگی محاسبه گردید.

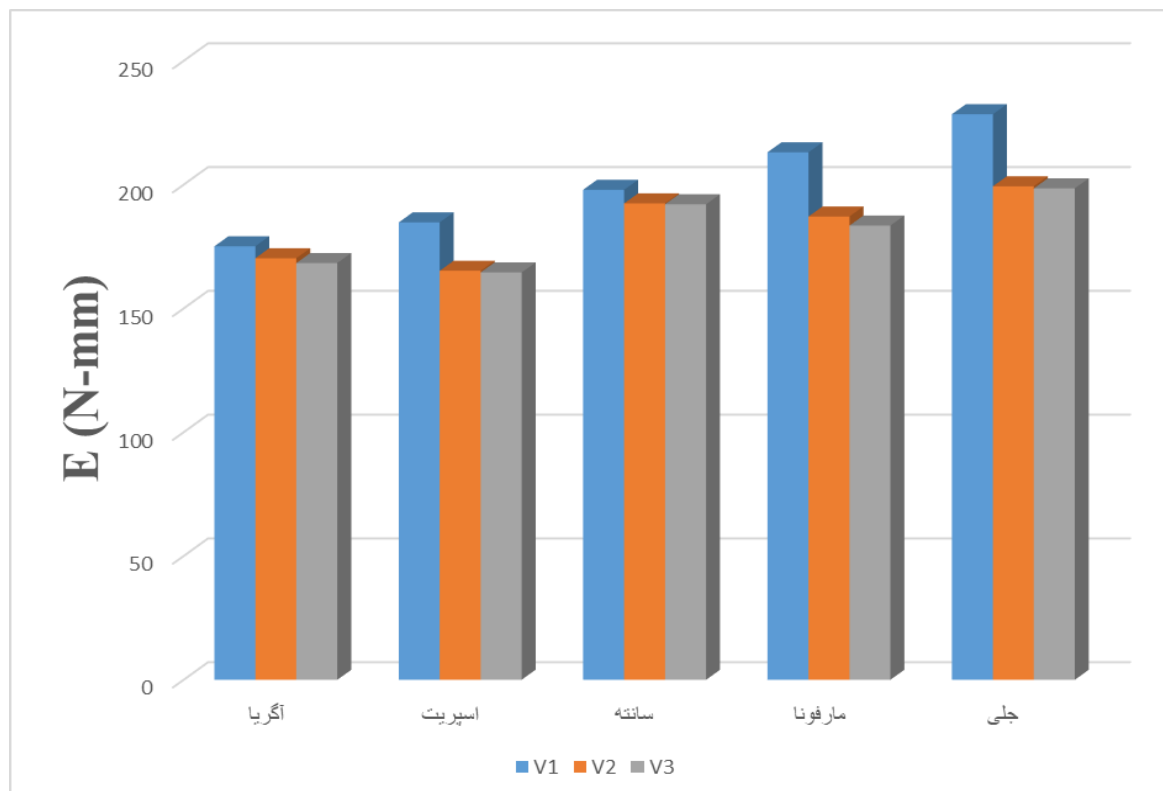
• آنالیز داده ها

داده های حاصل از آزمایش با نرم افزار Minitab18 مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

۳- نتایج

• نتایج تجزیه و تحلیل واریانس میزان انرژی گسیختگی ارقام سیب زمینی

میزان انرژی گسیختگی در ۵ رقم مختلف سیب زمینی با استفاده از دستگاه سنتام و رابطه ۱ به دست آمد. مقادیر بدست آمده برای ۵ رقم سیب زمینی با استفاده از نرم افزار Minitab18 تجزیه و تحلیل شد و نتایج آن در جدول (۱) آورده شده است:



شکل ۲- مقادیر انرژی گسیختگی برای ارقام مختلف سیب زمینی

جهت انتخاب مناسب ارقام مختلف سیب زمینی استفاده شود. استفاده از این روش در ارقام سیب زمینی برای کارخانجات مانند کارخانه چپس و واحدهای فرآوری بسیار مفید خواهد بود و همچنین انتظار می رود که از روش های مشابه مرتبط با خواص مکانیکی مانند تردی و سفتی و به کمک روش های آماری مختلف جهت بهینه سازی تولید و فرآوری محصولات کشاورزی در صنایع غذایی بهره برده شود که منجر به مشتری پسندی بیشتری شده و علاوه بر آن کاهش ضایعات کشاورزی را نیز می تواند به همراه داشته باشد.

مطابق شکل ۲ مشخص است که کمترین میزان انرژی گسیختگی مربوط به رقم آگریا بوده و و بیشترین آن مربوط به رقم جلی می باشد. همچنین می توان دریافت که با سرعت بارگذاری ۱۰ میلی متر بر دقیقه، بیشترین میزان انرژی گسیختگی در همه رقم ها حاصل می شود.

۴- نتیجه گیری

در این پژوهش میزان چقرمگی برای ۵ رقم مختلف سیب زمینی با استفاده از دستگاه ستام موجود در دانشگاه محقق اردبیلی و سطح زیر منحنی نیرو-تغییر شکل محاسبه گردید. میزان انرژی گسیختگی محاسبه شده این توانایی را دارد که به عنوان روشی

منابع

- علی محمدی سراب، ف؛ راسخ، م، (۱۳۹۴)، تعیین نیروی گسیختگی و تغییر شکل در نقطه گسیختگی لیموترش، مجموعه مقالات دومین کنفرانس بین المللی توسعه پایدار راهکارها و چالش ها با محوریت کشاورزی، منابع طبیعی، محیط زیست و گردشگری، ص ۷-۱.
- موحذزاد، م؛ ه؛ خوش تقاضا، م، ه، (۱۳۹۰)، بررسی برخی خواص فیزیکی لیموترش جهرمی. فصلنامه علوم و صنایع غذایی، دوره ۸، شماره (۲) ۳۲. ص ۶۱
- عالمی، ه، خوش تقاضا، م. ه، مینایی، س. ۱۳۸۸. تعیین خواص مکانیکی دانه سویا در بارگذاری شبه استاتیک، فصلنامه علوم و صنایع غذایی، ۶ (۲)، ص ۱۳۰-۱۲۴.
- اسدزاده، ع. ح، راسخ، م، افکاری سیاح، ا. ح. ۱۳۹۱. اثر رطوبت، جهت و سرعت بارگذاری بر خواص مکانیکی پنبه دانه (رقم ورامین)، هفتمین کنگره ملی مهندسی ماشین های کشاورزی و مکانیزاسیون، شیراز، دانشگاه شیراز.

- Al-Khashman, O. 2007. Determination of metal accumulation in deposited street dusts in Amman, Jordan, Environmental geochemistry and health, Vol. 5, P. 1-10.
- Abbott, J.A. and R.Lu. (1996). Anisotropic mechanical properties of apples. Trans. of the ASAE (1971):1451-1459.
- Borai, A. A., et al. 2001. Monitoring and statistical evaluation of heavy metals in airborne particulates in Cairo, Egypt, E. H. Chromatography, Vol. 10, P. 261-269.
- Nabi, G., Pardakhti, A. 2011. Comparative cancer risk assessment of THMs in drinking water from well water sources and surface water sources, Environ Monit Assess, Vol. 179, P. 499-507.
- IRIS. 2005. Guidelines for Carcinogen Risk Assessment, EPA.
- Kent, C. 1998. Basics of Toxicology.
- U.S-EPA. 2000. Exposure Factors Handbook. Office of environmental health and hazard assessment, Washington DC.
- Yongming, H. 2006. Multivariate analysis of heavy metal contamination in urban dusts of xi'an, Central China. The Science of the Total Environment, P. 176-186.
- Azizi, A.; Abbaspour-Gilandeh, Y.; Nooshyar, M.; Afkari-Sayah, A., Identifying Potato Varieties Using Machine Vision and Artificial Neural Networks. International Journal of Food Properties 2016, 19, (3), 618-635.
- Ayari, F.; Mirzaee- Ghaleh, E.; Rabbani, H.; Heidarbeigi, K., Detection of the adulteration in pure cow ghee by electronic nose method (case study: sunflower oil and cow body fat). International Journal of Food Properties 2018, 21, (1), 1670-1679.

- Bieganski, A.; Józefaciuk, G.; Bandura, L.; Guz, Ł.; Łagód, G.; Franus, W., Evaluation of Hydrocarbon Soil Pollution Using E-Nose. *Sensors* 2018, 18, (8), 2463.
- Cooke, R. J., Gel electrophoresis for the identification of plant varieties. *Journal of Chromatography A* 1995, 698, (1), 281-299.
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. In Rome, Italy, 2017.
- Jiarpinijnun, A.; Osako, K.; Siripatrawan, U., Visualization of volatonic profiles for early detection of fungal infection on storage Jasmine brown rice using electronic nose coupled with chemometrics. *Measurement* 2020, 157, 107561.
- Mercurio, D. I.; Hernandez, A. A. In Classification of Sweet Potato Variety using Convolutional Neural Network, 2019 IEEE 9th International Conference on System Engineering and Technology (ICSET), 7-7 Oct. 2019, 2019; pp 120-125.
- Navarre, D. A.; Goyer, A.; Shakya, R., Chapter 14 - Nutritional Value of Potatoes: Vitamin, Phytonutrient, and Mineral Content. In *Advances in Potato Chemistry and Technology*, Singh, J.; Kaur, L., Eds. Academic Press: San Diego, 2009; pp 395-424.
- Nouri Jangi, A., Mortazavi, S.A., Tavakoli, M., Ghanbari, A., Tavakolipour, H., Haghayegh, G.H. 2011, comparison of mechanical and thermal properties between two varieties (*Hordeum Vulgare* L.) grains. *Australian Journal of Agricultural engineering*. 2(5), p: 132-139.
- Przybył, K.; Górna, K.; Wojcieszak, D.; Czekala, W.; Ludwiczak, A.; Przybylak, A.; Boniecki, P.; Koszela, K.; Zaborowicz, M.; Janczak, D.; Lewicki, A. In *The recognition of potato varieties using of neural image analysis method*, Proc.SPIE, 2015; 2015.
- Singh, K. K., & Reddy, B. S. (2006). Post-harvest physico-mechanical properties of orange peel and fruit. *Journal of food engineering*, 73(2), 112-120.
- Tavakoli, H., Mohtasebi, S.S., Rajabipour, A., Tavakoli, M. 2009. Effects of moisture content, loading rate and grain orientation on fracture resistance of barley grain, *Research Agricultural Engineering*, 55 (3). p: 85-93
- USDA, (2003). Agricultural marketing service. Available at: <<http://www.ams.usda.gov/AMSV1.0/getfile?dDocName=STELPRDC5050384>> (accessed 15.02.10).
- Yu, H.; Wang, J.; Yao, C.; Zhang, H.; Yu, Y., Quality grade identification of green tea using E-nose by CA and ANN. *Lwt - Food Science and Technology* 2008, 41, 1268-1273.

Investigating the breaking energy of different potato cultivars at the harvest stage with santam device

Ali Khorramifar¹; Mansour Rasekh^{2*}; Hamed Karami³

1. Ph.D, Department of Biosystems Engineering, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

*2. Professor, Department of Biosystems Engineering, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

3. Department of Petroleum Engineering, Knowledge University, Erbil 44001, Iraq

Abstract

Introduction

Potato is an important vegetable that grows all over the world and is considered as an important product in developing and developed countries for human diet as a source of carbohydrates, proteins, and vitamins. This product is native to South America and its origin is from Peru, and after wheat, rice and corn, it is the fourth product in the food basket of human societies. According to the statistics of the Food and Agriculture Organization of the United Nations, the area under cultivation of this crop in Iran in 2017 was 161 thousand hectares and the crop harvested from this area is about 5.1 million tons. Traditional methods of determining potato varieties were based more on morphological features, but with the production of new products, there was a need for methods that were faster and more recognizable. Meanwhile, the high-performance artificial neural network can be used to classify cultivars. An artificial neural network can classify and detect cultivars, is flexible and is used in most agricultural products. Azizi conducted a study on 120 potatoes in 10 different cultivars using a visual and image processing machine with a MATLAB R2012 software toolbox to detect texture, shape parameters and potato cultivars. First, potato cultivars were classified using the LDA method, which obtained 66.7% accuracy. This method also erred in distinguishing the two cultivars Agria and Savalan and also classified the two cultivars Fontane and Satina in other classes. They also used artificial neural networks to classify potato cultivars, in which the network was 82.41% accurate with one hidden layer and 100% accurate with two hidden layers. In this study, it was found that different types of potatoes can be identified and identified with a very high level of accuracy using the three color characteristics, textural and morphological features extracted by the visual machine and the use of a non-linear classifier artificial neural network. Categorized. In another study that was conducted using neural networks and image processing on 5 sweet potato cultivars, the researchers showed that this method was successful and could classify sweet potato cultivars with 100% accuracy. By determining and examining the existing relations between the force and the deformation of agricultural products up to the point of surrender, the range of forces harmful to fruit can be determined so that harvesting and transportation machines are designed in such a way that the forces from them do not exceed this range. On the other hand, one of the ways to determine the degree of ripeness of the fruit is to touch and press it with the thumb, which is an experimental way and depends on the skill of the person touching it. The mechanical penetration test of the fruit can be an indicator to check the ripeness of the fruit by quantifying this diagnosis and using this diagnosis to determine the optimal harvest time. Several types of research have been conducted on the physical and mechanical properties of agricultural products in Iran and other countries. In a research conducted by Ali Mohammadi and Rasakh to determine some mechanical properties of lime fruit under quasi-static loading, the results showed that the effect of loading speed, loading direction and size of a lime on the breaking force of lime is significant. As the size of the lemon decreases, the breaking force and deformation decrease, and also with increasing loading speed, the braking

force increases. In another research conducted by Mohd Nejad and Khosdada, the effect of size, speed and direction of loading on the mechanical properties of lime was investigated and the results showed that the interaction of loading speed and size on fracture energy and toughness and the main effects of size, loading speed and The loading direction is significant on the modulus of elasticity, but none of the effects on the rupture force is significant.

Methodology

First, 5 different varieties of potatoes (Agria, Spirit, Sante, Marfona and Jelly) were prepared from Ardabil Agricultural Research Center immediately after harvest. After preparing the varieties, 21 samples of each potato variety were prepared using a cutting cylinder and then data collection was done with santam machine. To measure the rupture energy of potato samples, santam device (available in the Biosystem Engineering Department of Mohaghegh Ardabili University) was used. For this purpose, each potato variety was subjected to a compressive force at three loading speed levels (10, 40 and 70 mm/min) with 7 repetitions. Then, using the amount of rupture force and deformation (surface area under the force-deformation curve), the amount of rupture energy was calculated. The data obtained from the experiment were analyzed statistically with Minitab 18 software.

Conclusion

The amount of rupture energy in 5 different varieties of potato was obtained using santam device and equation 1. The values obtained for 5 potato cultivars were analyzed using Minitab18 software and the results are given in Table (1). The results of the analysis of variance for the firmness of 5 different potato cultivars were significant at the 1% level and the coefficient of variation was 9.6. In Figure 2, you can see the average results. According to Figure 2, it is clear that the lowest amount of rupture energy is related to the Agria variety and the highest is related to the Jali variety. Also, it can be found that with a loading speed of 10 mm/min, the highest amount of rupture energy is obtained in all figures. In this research, the firmness level for 5 different potato cultivars was calculated using the santam machine available at Mohaghegh Ardabili University and the area under the force-deformation curve. The amount of calculated rupture energy has the ability to be used as a method for the proper selection of different potato cultivars. The use of this method in potato cultivars will be very useful for factories such as chips factories and processing units, and it is also expected that similar methods related to mechanical properties such as crispness and hardness and with the help of different statistical methods to optimize production and The processing of agricultural products can be used in the food industry, which leads to more customer-friendliness and can also reduce agricultural waste.

Keywords

Potato; Breaking energy; Santam