تشخیص و شناسایی ارقام سیب زمینی با ماشین بویایی بوسیله روش‌های شبکه عصبی مصنوعی و LDA

اسما کیسالائی [۱]، ولی رسولی شربیانی [۲]، علی خرمی‌فر [۳*]

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

۲- دانشیار، مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

۳*- دکتری، مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

ایمیل نویسنده مسئول: a.khorramifar@uma.ac.ir

تاریخ دریافت:۱۴۰۰/۱۲/۰۷ تاریخ پذیرش:۱۴۰۱/۰۱/۲۴

چکیده

در پاسخگویی به یکی از بزرگ ترین چالش های قرن حاضر یعنی برآورد نیاز غذایی جمعیت در حال رشد، تکنولوژی های پیشرفته‌ای در کشاورزی کاربرد پیدا کرده است. سیب زمینی، یکی از مواد غذایی اصلی در رژیم غذایی مردم جهان بوده و گیاهی است مهم که در سراسر جهان رشد می کند 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 می آید. به دلیل تعدد زیاد واریته های این محصول و برخی مواقع عدم آشنایی واحدهای فرآوری با ارقام آن و نیز وقت گیر بودن و عدم دقت زیاد در شناسایی ارقام مختلف سیب زمینی توسط کارشناسان و زارعین، و اهمیت شناسایی ارقام سیب زمینی و نیز سایر محصولات کشاورزی در هر مرحله از پروسه‌ی صنایع غذایی، نیاز به روش هایی برای انجام این کار با دقت و سرعت کافی، ضروری می باشد. این مطالعه با هدف استفاده از ماشین بویایی همراه با روش های LDA و شبکه عصبی مصنوعی به عنوان روش سریع و ارزان برای تشخیص ارقام مختلف سیب زمینی انجام شد. بر اساس نتایج به دست آمده برای تشخیص رقم با روش های مذکور دقت روشهای LDA و ANN ۱۰۰ ٪ به دست آمد.

کلمات کلیدی

"سیب زمینی"، "LDA"، "شبکه عصبی مصنوعی"، "ماشین بویایی"

۱- مقدمه

سیب زمینی گیاهی است مهم که در سراسر جهان رشد می کند 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 می آید. این محصول بومی آمریکای جنوبی و اصل آن از کشور پرو می باشد و پس از گندم، برنج و ذرت، چهارمین محصول در سبد 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 می باشد. روش‌های سنتی در تعیین واریته‌ی 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 می تواند در طبقه بندی ارقام بکار رود. شبکه عصبی مصنوعی می تواند کلاس بندی و تشخیص رقم را انجام داده، انعطاف پذیر بوده و در اکثر محصولات کشاورزی بکار می رود. (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 نتیجه رسیدند که می توان 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 این ها 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 ۱۲۰سیب زمینی در ۱۰رقم مختلف با استفاده از ماشین بینایی و پردازش تصویر با تولباکس نرم افزار متلب R2012 جهت تشخیص بافت، پارامترهای شکل و ارقام سیب زمینی انجام دادند. ابتدا طبقه بندی رقم های 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 کلاس های دیگر طبقه بندی کرد. آن ها 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 می توان با سطح دقت بسیار بالا با استفاده از ویژگی های سه گانه رنگ، ویژگی های بافتی و مورفولوژیکی استخراج شده توسط ماشین بینایی و 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. سولی و همکاران از یک ماشین بویایی جهت طبقه‌بندی پنیر در مراحل مختلف دوره انبارداری استفاده کردند و دقت طبقه‌بندی با شبکه عصبی مصنوعی ۱۰۰درصد گزارش شد (Cevoli et al., 2011). در مطالعه‌ای دیگر به کمک بینی الکترونیک تقلبی بودن عطر بررسی شد و نتایج نشان داد بینی الکترونیک روشی ساده و ارزان به منظور تشخیص اصالت عطرهاست (Cano et al., 2011). به علاوه از بینی الکترونیک جهت تشخیص تقلب روغن دانه قهوه، آفتابگردان و ذرت نیز استفاده کرده‌اند که تشخیص محصول تقلبی با دقت بالای ۹۵٪ گزارش شد (Mildner and Jelen, 2008; Son et al., 2009). بنابراین ماشین بویایی می تواند کارایی بالا در طبقه‌بندی و تشخیص رقم، اصالت و مدت انبارداری داشته باشد. ماشین بویایی نوعی سیستم است که ساختار و رویکردی متفاوت از سایر روش ها

(پردازش تصویر، شبکه عصبی و ...) دارد، انعطاف پذیر بوده و در اکثر محصولات کشاورزی بخاطر وجود بو در آنها بکار رود. با پیشرفت چشمگیر و سریع فناوری رایانه و فناوری حسگر، کاربرد بینی الکترونیکی بیونیک شامل یک حسگر حساس به گاز نیمه هادی و یک سیستم تشخیص الگو به عنوان وسیله‌ای برای تشخیص، روش جدیدی را جهت کلاس‌بندی سریع و تشخیص ارقام ارائه می‌دهد (Song, S et al., 2013). همچنین بینی الکترونیکی روش جدیدی برای طبقه‌بندی و تشخیص برنج خشن به صورت غیرمخرب و سریع ارائه داده است (Zheng, X et al., 2009). در تحقیقی Zheng و همکاران با استفاده از بینی الکترونیک جهت شناسایی ۴ رقم از برنج جلا داده شده (polished rice) با نام های Mahatma Brown ، Riceland Milled ، Thailand Jasmine و Zatarain's Parboiled استفاده کردند. نتایج آن-ها نشان داد که امکان تشخیص و تمایز برنج با بینی الکترونیک وجود دارد اما آن‌ها بیان کردند که شناسایی و طبقه‌بندی به کمک روش PCA نتیجه خوبی نداشت، به طوری که این روش نتوانست رقم Zatarain's Parboiled از سه رقم دیگر تشخیص دهد. به دلیل تعدد زیاد واریته های سیب زمینی و برخی مواقع عدم آشنایی واحدهای فرآوری با ارقام آن و نیز وقت گیر بودن و عدم دقت زیاد در شناسایی ارقام مختلف سیب زمینی توسط کارشناسان و زارعین، و اهمیت شناسایی ارقام سیب زمینی و نیز سایر محصولات کشاورزی در هر مرحله از پروسه‌ی صنایع غذایی، نیاز به روش هایی برای انجام این کار با دقت و سرعت کافی، ضروری می باشد. هدف از این پژوهش ارزیابی توانایی و دقت بینی الکترونیک به کمک شبکه عصبی مصنوعی جهت تشخیص و تمایز چند رقم سیب‌زمینی بود.

۲- روش انجام تحقیق

• تهیه نمونه

ابتدا سیب زمینی ها در ۳ رقم مختلف (کلمبو، میلوانا و سانته) از مرکز تحقیقات کشاورزی اردبیل تهیه و در دمای ۴-۱۰ درجه سانتیگراد نگهداری شدند. یک روز پس از تهیه ارقام، داده‌برداری با ماشین بویایی آغاز شد.

• داده‌برداری

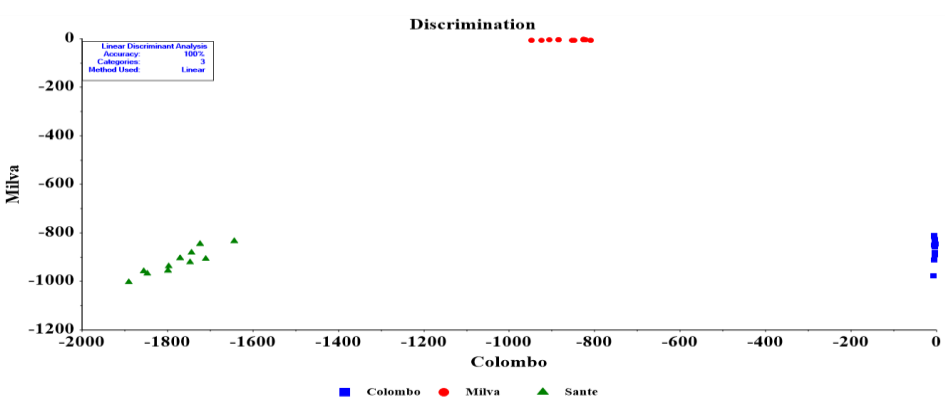
از هر رقم سیب زمینی ۳-۴ عدد داخل ظرف نمونه بمدت ۱ روز قرار گرفتند تا محفظه نمونه از بوی اشباع شود. سپس محفظه نمونه به دستگاه بینی الکترونیکی متصل و داده برداری انجام شد. داده برداری توسط ماشین بویایی به این صورت بود که ابتدا هوای تمیز از محفظه سنسور به مدت ۱۰۰ ثانیه عبور داده شد تا سنسورها از وجود بوهای دیگر تمیز شود. سپس بو (گازهای متصاعد شده از نمونه) بمدت ۱۰۰ ثانیه توسط پمپ از محفظه نمونه مکیده شده و به سمت سنسورها هدایت شدند. و در انتها هوایی تمیز به مدت ۱۰۰ ثانیه به محفظه سنسور تزریق شد تا آن را برای داده برداری های بعدی آماده کند. با توجه به مراحل مذکور، ولتاژ خروجی سنسورها به دلیل قرار گرفتن در معرض گازهای مختلف (بوی سیب زمینی) تغییر کرده و پاسخ بویایی آن‌ها توسط کارت‌های جمع‌آوری داده جمع‌آوری شد، سیگنال‌های حسگر در گیت USB کامپیوتر در فواصل ۱ ثانیه ثبت و ذخیره شدند. برای تصحیح خط مبنا از یک روش کسری استفاده شد که در آن نویز یا انحرافات ممکن حذف و پاسخ‌های حسگرها نرمال و بدون بعد شدند.

• آنالیز داده ها

در گام بعدی برای طبقه بندی ۳ رقم سیب زمینی از تجزیه و تحلیل تشخیصی خطی (LDA) و شبکه های عصبی مصنوعی (ANN) استفاده شد. LDA یک روش تحت نظارت است که برای یافتن متمایزترین بردارهای ویژه استفاده می شود و نسبت واریانس بین کلاس و درون کلاس را به حداکثر می رساند و قادر به طبقه بندی دو یا چند گروه از نمونه ها است. برای یافتن شباهت ها و تفاوت ها در طبقه بندی ارقام سیب زمینی از ANN و تشخیص الگو استفاده شد، برای این امر ۱ نرون برای لایه ورودی در نظر گرفته شد، لایه پنهان با تعداد نورون بهینه در نظر گرفته خواهد شد و پنج نورون خروجی با توجه به تعداد کلاس های خروجی هدف در نظر گرفته خواهد شد. در آموزش شبکه از تابع انتقال سیگموئید لگاریتمی و روش یادگیری لونبرگ مارکورات استفاده شد، همچنین مقدار خطا با استفاده از میانگین خطای مربع محاسبه شد. برای یادگیری (۷۰٪) ، تست (۱۵٪) و اعتبار سنجی (۱۵٪) کل داده ها به طور تصادفی انتخاب شدند. داده های آموزش در طول آموزش به شبکه ارائه می شد و شبکه با توجه به خطای آنها تنظیم می شد. از اعتبار سنجی برای اندازه گیری تعمیم شبکه و به پایان رساندن آموزش استفاده شد. آزمایش داده ها هیچ تأثیری در آموزش نداشت و بنابراین اندازه گیری مستقلی از عملکرد شبکه در حین و بعد از آموزش ارائه داد.

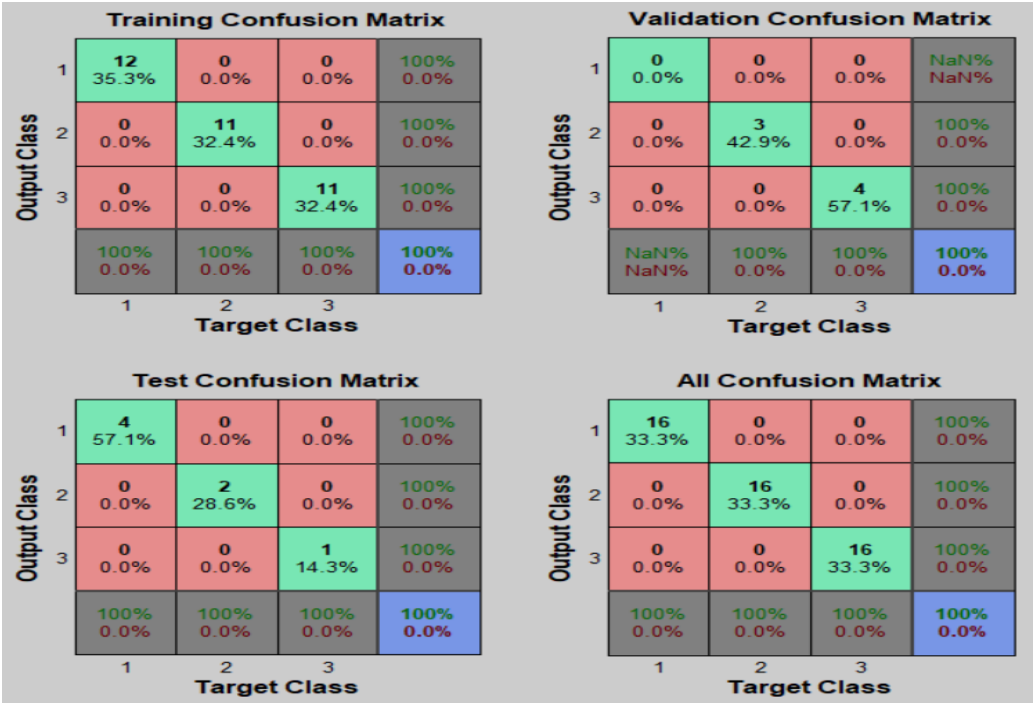
۳- نتایج

برای تشخیص ارقام سیب زمینی بر اساس پاسخ خروجی حسگرها، از روش LDA و ANN استفاده شد. روش LDA می تواند اطلاعات چند حسگر را استخراج کند تا وضوح بین کلاس ها را بهینه کند. بنابراین، این روش برای تشخیص ۳ رقم سیب زمینی بر اساس پاسخ خروجی حسگرها استفاده شد. نتایج تشخیص ارقام برابر با ۱۰۰٪ به دست آمد (شکل ۱).



شکل ۱- نتایج روش LDA برای تشخیص رقم سیب زمینی با ماشین بویایی

همچنین در روش ANN در لایه ورودی ۸ نرون با توجه به داده‌های خروجی ۸ حسگر در نظر گرفته شد. همچنین برای لایه خروجی با توجه به نوع ارقام ۳ لایه نرون در نظر گرفته شد. بنابراین توپولوژی ۳-۶-۸ برای تشخیص ارقام سیب زمینی بالاترین دقت را داشت به طوری که مقدار RMSE برابر ۰/۰۰۸ و مقدار R^2 نیز برابر ۹۹/۸ به دست آمد. همچنین همبستگی بسیار بالایی بین داده های پیش بینی شده و اندازه گیری شده وجود داشت (شکل ۲).



شکل ۲- نتایج شبکه عصبی مصنوعی برای تشخیص رقم سیب زمینی با ماشین بویایی

Rasekh and Karami (۲۰۲۰) نتایج مشابهی را برای پیش بینی تقلب در آب میوه گزارش کردند. همچنین نتایج به دست آمده در این تحقیق به مراتب بیشتر از مقادیر گزارش شده توسط برای تشخیص اکسیداسیون در روغن های حیوانی و گیاهی بود. همچنین این نتایج در مقایسه با پژوهش در مورد طبقه بندی چای سبز بر اساس داده های ارائه شده توسط بینی الکترونیکی ، دقت بالاتری داشت. (Ayari, 2018) نتایج مشابهی را برای تشخیص اکسیداسیون در روغن های حیوانی و گیاهی گزارش کردند. همچنین این نتایج مشابه با پژوهشی (Yu, 2008) در مورد طبقه بندی چای سبز بر اساس داده های ارائه شده توسط بینی الکترونیکی بود. همچنین در تحقیقی دیگر با استفاده از نشانگر های تکرار توالی ساده (SSR) (Simple Sequence Repeats) بر روی ۳۴ رقم سیب زمینی رشد یافته در کانادا جهت تشخیص رقم سیب زمینی انجام شد. نتایج تحقیق نشان داد که ژنوتیپ های برای هر یک از موارد آزمایش شده بجز ۴ جفت رقم کاملا مطابقت داشت. دقت این روش ۸۸,۲۴ درصد به دست آمد. همچنین این محققین عنوان کردند که وقتی از دو روش SSR و AFLP (Fragment Length Polymorphism Amplified) استفاده شد، در برخی موارد نتایج برای تعیین ارقام سیب زمینی باهم مطابقت داشتند.

٤- نتیجه‌گیری

در این پژوهش از یک سامانه ماشین بویایی قابل حمل با ۸ حسگر اکسید فلزی برای بررسی تشخیص ارقام سیب زمینی مورد استفاده قرار گرفت. روش های کمومتریکس از جمله LDA و ANN برای تحلیل کیفی و کمی داده های پیچیده از آرایه حسگر الکترونیکی استفاده شد. LDA و ANN قادر به شناسایی و طبقه بندی دقیق ارقام مختلف سیب زمینی با دقت ۱۰۰٪ شدند. بینی الکترونیکی این پتانسیل را دارد که به عنوان یک روش سریع و غیر مخرب برای تشخیص ارقام مختلف سیب زمینی استفاده شود. استفاده از این روش در شناسایی ارقام سیب زمینی برای پژوهشگران در جهت انتخاب و تولید ارقام خالص و برای زارعین به خاطر تولید محصول یکنواخت و گواهی شده بسیار مفید خواهد بود.

منابع

- 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 analysisof 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.
- Bieganowski, 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 volatomic 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; 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.; Czekała, 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.
- Karami, H.; Rasekh, M.; Mirzaee – Ghaleh, E., Comparison of chemometrics and AOCS official methods for predicting the shelf life of edible oil. Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems 2020, 206, 104165.
- Karami, H.; Rasekh, M.; Mirzaee-Ghaleh, E., Qualitative analysis of edible oil oxidation using an olfactory machine. Journal of Food Measurement and Characterization 2020, 14, (5), 2600-2610.
- Rasekh, M.; Karami, H., Application of electronic nose with chemometrics methods to the detection of juices fraud. Journal of Food Processing and Preservation 2021, n/a, (n/a), e15432.
- Rasekh, M.; Karami, H., E-nose coupled with an artificial neural network to detection of fraud in pure and industrial fruit juices. International Journal of Food Properties 2021, 24, (1), 592-602.
- Karami, H.; Rasekh, M.; Mirzaee-Ghaleh, E., Application of the E-nose machine system to detect adulterations in mixed edible oils using chemometrics methods. Journal of Food Processing and Preservation 2020, 44, (9), e14696.

Detection and identification of potato cultivars by olfactory machine by artificial neural network and LDA methods

Asma Kisalaei[1]; Vali Rasooli Sharabiani[1]; Ali Khorramifar[1*]

1- Department of Biosystems Engineering, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

*Email Address: a.khorramifar@uma.ac.ir

Abstract

Introduction

Potato is an important vegetable that grows all over the world and is considered an important product in developing and developed countries for the human diet as a source of carbohydrates, proteins, and vitamins. This product is native to South America and its origin is from Peru, 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. In the meantime, the high-performance artificial neural network can be used to classify cultivars. Artificial neural networks can classify and detect cultivars, are flexible, and are used in most agricultural products. Therefore, the olfactory machine can have high efficiency in classifying and distinguishing cultivar, originality and storage time. The olfactory machine is a system that has a different structure and approach from other methods (image processing, neural network, etc.), is flexible and is used in most agricultural products due to the presence of odour in them. With the rapid and rapid advancement of computer technology and sensor technology, the application of the bionic electronic nose, including a semiconductor gas-sensitive sensor and a pattern recognition system as a means of detection, offers a new method for rapid classification and digit recognition. Give. The electronic nose has also introduced a new method for classifying and detecting rough rice in a non-destructive and fast way. Due to a large number of potato varieties and sometimes the lack of familiarity of processing units with its cultivars and also time-consuming and inaccurate in identifying different potato cultivars by experts and farmers, and the importance of identifying potato cultivars and other agricultural products in At every stage of the food industry process, it is necessary to find ways to do this accurately and quickly enough. The aim of this study was to evaluate the ability and accuracy of the electronic nose with the help of an artificial neural network to detect and differentiate several potato cultivars.

Methodology

First, potatoes in 3 different cultivars (Colombo, Milvana and Sante) were prepared from Ardabil Agricultural Research Center and kept at a temperature of 10-4 ° C. One day after the data were collected, data collection began with an olfactory machine. 3-4 potatoes from each cultivar were placed in the sample container for 1 day to saturate the sample container with the smell. Then the sample chamber was connected to the electronic nasal device and data collection was performed. The data were collected by the olfactory machine in such a way that first clean air was passed through the sensor chamber for 100 seconds to clean the sensors from other odours. The odour (gases emitted from the sample) was then pumped out of the sample chamber by the pump for 100 seconds and directed to the sensors. Finally, clean air was injected into the sensor chamber for 100 seconds to prepare it for further data collection. According to these steps, the output voltage of the sensors was changed due to exposure to various gases (potato odour) and their olfactory response was collected by data collection cards, sensor signals were recorded and stored in the USB gate of the computer at 1-second intervals. A fractional method was used to correct the baseline in which noise or possible deviations were eliminated and the sensor responses were normalized and dimensionless. In the next step, linear diagnostic analysis (LDA) and artificial neural networks (ANN) were used to classify the 3 potato cultivars. LDA is a supervised method used to find the most distinctive special vectors, maximizing the ratio of the variance between class and within the class, and being able to classify two or more groups of samples. ANN and pattern recognition were used to find similarities and differences in the classification of potato cultivars. For this, 1 neuron was considered for the input layer, the hidden layer with the optimal number of neurons will be considered and five output neurons with Depending on the number of output classes the target will be considered. In-network training, logarithmic sigmoid transfer function and Lunberg-Marquardt learning method were used. Also, the amount of error was calculated using the mean square error. For learning (70%), testing (15%) and

validation (15%) all data were randomly selected. Training data was provided to the network during the training and the network was adjusted according to their error. Validation was used to measure network generalization and completion of training. Data testing had no effect on training and therefore provided an independent measurement of network performance during and after training.

Conclusion

LDA and ANN methods were used to detect potato cultivars based on sensor output response. The LDA method can extract multi-sensor information to optimize resolution between classes. Therefore, this method was used to detect 3 potato cultivars based on the output response of the sensors. Detection results of cultivars equal to 100% were obtained (Figure 1). Also, in the ANN method, 8 sensors were considered in the input layer of 8 neurons according to the output data. Also, 3 layers of neurons were considered for the output layer according to the type of cultivars. Therefore, the 3-6-8 topology had the highest accuracy for detecting potato cultivars, so the RMSE value was 0.008 and the R^2 value was 99.8. There was also a very high correlation between predicted and measured data (Figure 2). In this study, a portable olfactory machine system with 8 metal oxide sensors was used to investigate the detection of potato cultivars. Chemometrics methods including LDA and ANN were used for qualitative and quantitative analysis of complex data using an electronic sensor array. LDA and ANN were able to accurately identify and classify different potato cultivars with 100% accuracy. The electronic nose has the potential to be used as a fast and non-destructive method to detect different potato cultivars. Using this method in identifying potato cultivars will be very useful for researchers to select and produce pure cultivars and for farmers to produce a uniform and certified crop.

Keywords

Potato; LDA; Artificial neural network; Electronic nose