به کار گیری بینی الکترونیکی با استفاده از روش کمومتریکس جهت تشخیص رقم سیب زمینی

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

۱*- دانشیار، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

۲- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

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

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

تاریخ دریافت:۱۴۰۱/۵/۳۱ تاریخ پذیرش:۱۴۰۱/۷/۰۱۸

چکیده

سیب‌زمینی بعنوان یکی از مهم ترین منبع اصلی غذایی در جهان (رتبه چهارم) بشمار می رود و مطالعه در مورد جنبه های مختلف آن از اهمیت زیادی برخوردار می باشد تا اطمینان حاصل شود که محصول تولید شده کیفیت لازم را دارا می باشد و می تواند رضایت مشتری را جلب کند. این محصول در صنایع غذایی به محصولات متنوعی از جمله سیب‌زمینی پخته، سیب‌زمینی سرخ شده، چیپس سیب‌زمینی ، نشاسته سیب‌زمینی، سیب‌زمینی سرخ شده خشک و غیره تبدیل می‌شود. در این بین بینی الکترونیک می‌تواند ترکیبات فرار سیب‌زمینی را تشخیص دهد و ماشین بویایی می‌تواند کارایی بالا در طبقه‌بندی و تشخیص رقم، اصالت و مدت انبارداری داشته باشد. این پژوهش با هدف به کارگیری بینی الکترونیکی به همراه یکی از روش های کمومتریکس PCA به عنوان یک روش ارزان، سریع و غیر مخرب برای تشخیص ارقام سیب‌زمینی انجام شد. در این تحقیق از بینی الکترونیک مجهز به ۹ سنسور نیمه هادی اکسید فلزی استفاده شد. بر اساس نتایج به دست آمده PCA با دو مؤلفه اصلی PC۱ و PC۲، ۹۷٪ واریانس مجموعه‌ی داده‌ها را برای نمونه‌های مورد استفاده توصیف کردند.

کلمات کلیدی

"سیب‌زمینی"، "روش کمومتریکس"، "شناسایی رقم"، "بینی الکترونیک"

۱- مقدمه

سیب‌زمینی بعنوان یکی از مهم ترین منبع اصلی غذایی در جهان (رتبه چهارم) بشمار می رود و مطالعه در مورد جنبه های مختلف آن از اهمیت زیادی برخوردار می باشد تا اطمینان حاصل شود که محصول تولید شده کیفیت لازم را دارا می باشد و می تواند رضایت مشتری را جلب کند. این محصول در صنایع غذایی به محصولات متنوعی از جمله سیب‌زمینی پخته، سیب‌زمینی سرخ شده، چیپس سیب‌زمینی ، نشاسته سیب‌زمینی، سیب‌زمینی سرخ شده خشک و غیره تبدیل می‌شود.پیچیدگی بوی مواد غذایی تحلیل آن‌ها را با تکنیک‌های تجزیه و تحلیل معمولی مانند کروماتوگرافی گازی دشوار می‌سازد. با این حال، تحلیل حسی توسط کارشناسان یک فرایند پر هزینه است و نیاز به افراد آموزش دیده دارد که تنها برای مدت نسبتا کوتاهی می‌توانند کار کنند. مشکلاتی از قبیل ذهنیت انسان از پاسخ به بو و تنوع بین افراد را نیز باید در نظر گرفت. از این رو، نیاز به ابزاری مانند بینی الکترونیک با نقاط برجسته مانند حساسیت بالا و همبستگی با داده‌های پانل‌های حسی انسان برای کاربردهای خاص در کنترل مواد غذایی است. به دلیل ساخت آسان، ارزان بودن و نیاز به زمان کم برای تحلیل، بینی الکترونیک در حال تبدیل شدن به یک روش غیرمخرب خودکار برای توصیف بوی غذا است (حیدربیگی، ۱۳۹۳). یک ماشین بویایی می‌تواند ترکیب بودار را با تخمینی از غلظت آن و یا تعیین برخی خواص ذاتی آن، کاری که بینی انسان به سختی قادر به انجام آن است، تشخیص دهد. سامانه بویایی انسان در یک نگاه کلی یک فرایند پنج مرحله‌ای شامل استشمام، دریافت رایحه، ارزیابی، تشخیص و پاک‌کردن اثر رایحه است. پدیده بویایی با استشمام بوی مورد نظر آغاز می‌شود و در انتها با تنفس هوای تازه برای پاک‌کردن اثر رایحه پایان می‌یابد. سامانه بویایی انسان با تمام قابلیت‌های منحصر به فردش، معایبی نیز دارد که استفاده از آن را در فرآیندهای کنترل کیفی محدود می‌کند که از آن جمله می‌توان به ذهنیت، تکرارپذیری کم (به عنوان مثال نتایج بسته به زمان، سلامت افراد، تجزیه و تحلیل قبل از وجود بو و خستگی متغیر است)، زمان بر بودن، هزینه کار زیاد، سازگاری افراد (حساسیت کم‌تر زمانی که مدت طولانی در معرض بو قرار گرفته شود) اشاره کرد. علاوه بر این نمی‌تواند برای ارزیابی بوی خطرناک مورد استفاده قرار گیرد. در این بین بینی الکترونیک می‌تواند ترکیبات فرار سیب‌زمینی را تشخیص دهد. از بینی الکترونیک در تحقیقات گسترده ای جهت شناسایی و طبقه‌بندی محصولات غذایی و کشاورزی استفاده شده است. خرمی‌فر و همکاران (۲۰۲۱) تحقیقی را بر روی شناسایی ارقام سیب زمینی با استفاده از ماشین بویایی انجام دادند. آن‌ها گزارش کردند که به کمک بینی الکترونیکی و روش PCA می توان ارقام سیب زمینی را با دقت بسیار بالایی تشخیص داد، همچنین آن ها بیان کردند که با کمک بینی الکترونیک و روش های LDA و ANN با دقت ۱۰۰٪ می توان ارقام سیب زمینی را تشخیص داد. 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., ۲۰۱۱). 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., ۲۰۱۱). 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, ۲۰۰۸;

Son et al., ۲۰۰۹). 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., ۲۰۱۳). همچنین بینی الکترونیکی روش جدیدی برای طبقه‌بندی و تشخیص برنج خشن به صورت غیرمخرب و سریع ارائه داده است (Zheng, X et al., ۲۰۰۹).در تحقیقی Zheng و همکاران با استفاده از بینی الکترونیک جهت شناسایی ۴ رقم از برنج جلا داده شده (polished rice) با نام های Thailand ، Riceland Milled ، Mahatma Brown Jasmine و Zatarain's Parboiled استفاده کردند. نتایج آن‌ها 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.هدف از این تحقیق ارزیابی توانایی بینی الکترونیک به کمک یکی از روش‌های کمومتریکس جهت تشخیص ۵ رقم سیب‌زمینی مختلف بود.

۲- روش انجام تحقیق

- **تهیه نمونه**

ابتدا ۵ رقم سیب‌زمینی از مرکز تحقیقات کشاورزی شهرستان اردبیل تهیه شد. این ۵ رقم شامل کلمبو، میلوا، آگریا، اسپریت و سانته بود..
پس از تهیه ارقام، ابتدا نمونه‌ها به مدت ۱ روز در داخل ظرف سر بسته (محفظه نمونه) قرار گرفتند تا فضای ظرف از رایحه و بوی سیب‌زمینی اشباع شود، سپس محفظه‌های نمونه جهت داده برداری با بینی الکترونیک مورد استفاده قرار گرفتند.

- **داده برداری با بینی الکترونیک**

در این تحقیق از بینی الکترونیک ساخته شده در گروه مهندسی بیوسیستم دانشگاه محقق اردبیلی استفاده شد. در این دستگاه از ۹ سنسور نیمه هادی اکسید فلزی (MOS) با مصرف برق کم استفاده شده است که در جدول ۱ مشخصات حسگرها آورده شده است:

جدول ۱- انواع سنسورهای به کار رفته در آرایه سنسوری موجود در بینی الکترونیک مورد استفاده

نام حسگر	گاز (های) تشخیص دهنده
MQ۹	کربن دی اکسید، گازهای احتراق پذیر
MQ۵	گاز طبیعی، گاز شهری
MQ۱۳۶	Sulfur dioxide (SO_2)
MQ۱۳۵	آمونیاک، بنزن، سولفید
TGS۲۶۲۰	الکل، حلال های آلی
MQ۱۳۷	آمونیاک
TGS۸۲۲	حلال های آلی
MQ۴	متان، گاز شهری
MQ۳	الکل

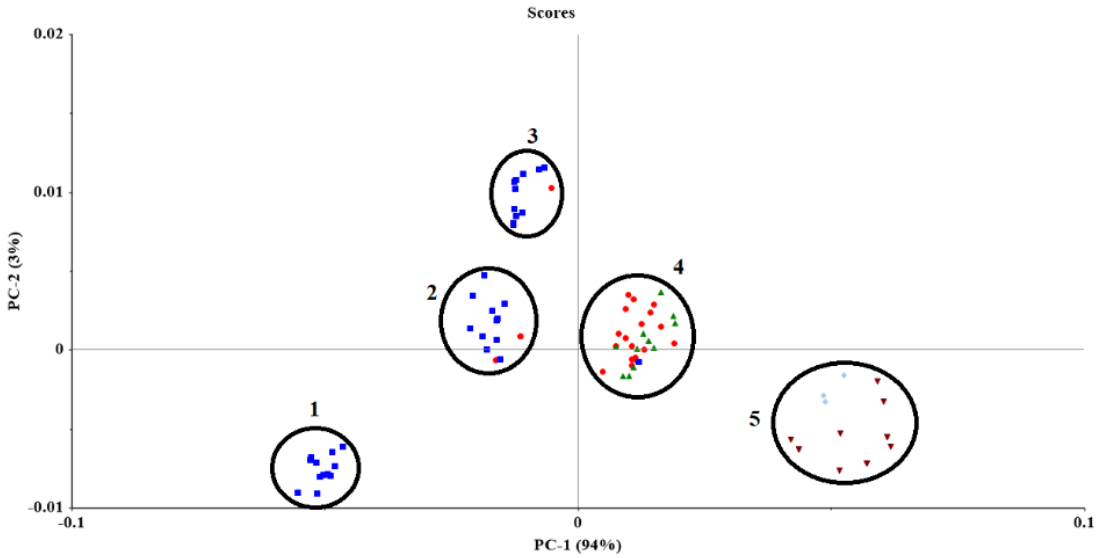
محفظه نمونه به دستگاه بینی الکترونیکی وصل شده و داده برداری انجام گرفت. این داده برداری به این صورت بود که ابتدا هوای تمیز از محفظه سنسور به مدت ۱۵۰ ثانیه عبور داده شد تا سنسورها را از وجود بو و گازهای دیگر تمیز کند. سپس بوی نمونه بمدت ۱۵۰ ثانیه توسط پمپ از محفظه نمونه مکیده و به سمت سنسورها هدایت شد و در نهایت باز هم هوایی تمیز به مدت ۱۵۰ ثانیه به محفظه سنسور تزریق گردید تا دستگاه برای تکرار و آزمایشات بعدی آماده شود. برای هر نمونه ۱۵ تکرار در نظر گرفته شد .با طی مراحل مذکور، ولتاژ خروجی سنسورها به خاطر قرار گرفتن در معرض گازهای متصاعد شده از نمونه (بوی سیب‌زمینی) تغییر یافته و پاسخ بویایی آن‌ها بوسیله کارت‌های جمع‌آوری داده جمع‌آوری و ضبط شد، سیگنال‌های سنسور 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 سنسورها نرمال و بی بعد شد.

- **آنالیز کمومتریکس**

بوسیله روش کمومتریکس در این تحقیق با تجزیه و تحلیل مولفه های اصلی (PCA) برای کشف پاسخ خروجی حسگرها و کاهش بعد داده‌ها آغاز شد.
تجزیه و تحلیل اجزای اصلی (PCA) یکی از ساده‌ترین روش‌های چند متغیره است و به عنوان یک تکنیک بدون نظارت برای خوشه بندی داده ها با توجه به گروه ها شناخته می شود. معمولاً برای کاهش ابعاد داده استفاده می‌شود و بهترین نتایج زمانی به دست می‌آیند که داده ها به طور مثبت یا منفی با هم ارتباط زیادی داشته باشند. از دیگر مزایای PCA این است که این تکنیک حجم داده‌های چند بعدی را کاهش می‌دهد در حالی که داده‌های اضافی را بدون از دست دادن اطلاعات مهم حذف می‌کند.

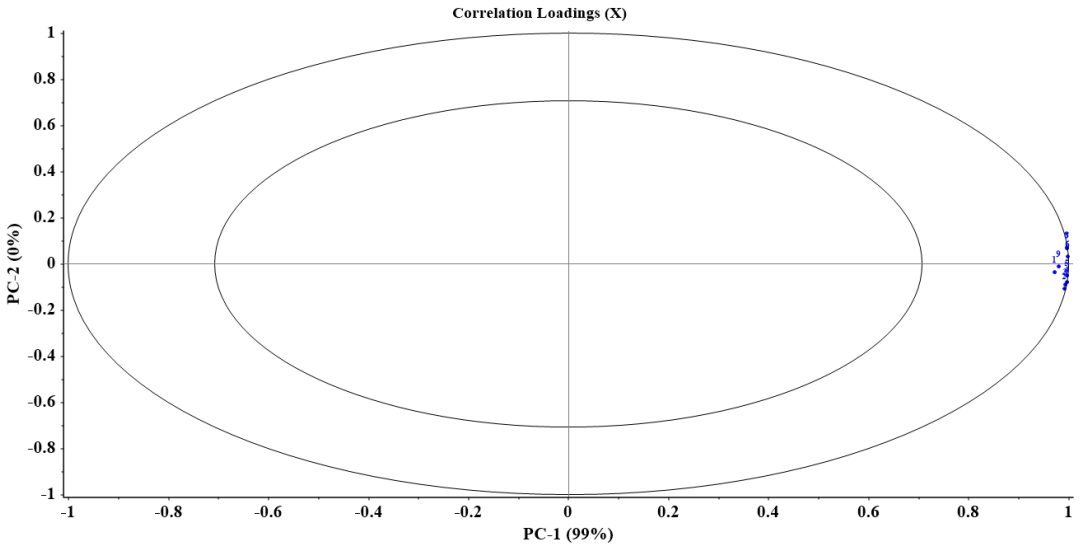
۳- نتایج

نمودار scores (شکل ۱) واریانس کل داده ها را به ترتیب برابر با (۹۴٪) PC-۱ و (۳٪) PC-۲ نشان داد و دو مولفه اصلی اول ۹۷٪ از واریانس کل داده های نرمال شده را تشکیل می دهند. زمانی که واریانس کل بالاتر از ۹۰٪ باشد، به این معنی است که دو PCs اول برای توضیح واریانس کل مجموعه داده‌ها کافی هستند. پس می‌توان نتیجه گرفت که بینی الکترونیک پاسخ خوبی به بوی سیب‌زمینی‌ها داشته و می‌توان ارقام آن را از هم تشخیص داد، که این خود نشان از دقت بالای بینی الکترونیک در شناسایی بوی محصولات مختلف دارد. این نتایج با نتایج به دست آمده توسط Xu و همکاران بسیار مطابقت دارد، آن‌ها در پژوهشی که برای کلاس بندی ۶ رقم برنج انجام دادند، دقت روش PCA را ۹۹.۵٪ بیان کردند (Xu, S et al., ۲۰۱۴).



شکل ۱- نمودار scores جهت تفکیک ارقام مختلف سیب‌زمینی

با نمودار correlation loadings plot می‌توان روابط بین همه متغیرها را نشان داد. نمودار لودینگ (شکل ۲) نقش نسبی سنسورها را برای هر مولفه اصلی نشان می‌دهد. بیضی داخلی ۵۰ درصد و بیضی بیرونی ۱۰۰ درصد واریانس کل داده‌ها را نشان می‌دهد. هر چقدر ضریب لودینگ یک سنسور بیشتر باشد نشان از نقش بیشتر آن سنسور در شناسایی و طبقه‌بندی است. بنابراین سنسورهایی که بر روی دایره بیرونی قرا گرفته‌اند نقش بیشتری در کلاس‌بندی داده‌ها دارند. با توجه به شکل مشخص است که تمامی سنسورها نقش مهمی در شناسایی رقم برنج داشته‌اند که در این میان نقش سنسورهای شماره ۱ و ۹ که به ترتیب همان سنسورهای MQ^{9} (جهت تشخیص کربن دی اکسید، گازهای احتراق پذیر) و MQ^{3} (جهت تشخیص الکل، متان، گازهای طبیعی) هستند، مقداری کمتر از بقیه سنسورها بود که می‌توان با حذف این دو سنسور هزینه ساخت دستگاه بویایی (جهت تشخیص برنج اصل و تقلبی) را کاهش داده و در هزینه‌ها صرفه‌جویی کرد.



شکل ۲- نمودار correlation loadings plot برای تعیین نقش و کارآمدی حسگرها

A.H. Abdullah و همکاران با استفاده از ماشین بویایی ۱۷ نمونه برنج را در ۴ دسته شناسایی و طبقه‌بندی کردند. آن ها گزارش کردند که دقت روش SVM در این طبقه‌بندی برابر با ۱۰۰٪ بود و در واقع بهترین روش طبقه‌بندی برای ارقام بود، و روش KNN دومین روش برتر جهت طبقه‌بندی نمونه های برنج می‌باشد.

Aimin Li و همکاران با استفاده از بینی الکترونیکی به همراه آزمایشات GC-MS اقدام به شناسایی ماکای (Maca) چینی از سطح ماکروسکوپی و میکروسکوپی کردند و به این نتیجه رسیدند که بین بوی ماکا و ترکیبات شیمیایی ارتباط مستقیم وجود دارد.

Min Yee Lim و همکارن نیز با روش PCA به نتایج خوبی دست یافتند. آن ها از بینی الکترونیک جهت درجه بندی کیفیت نخ موکس تجاری چین (China commercial moxa floss) استفاده کرده و توانستند با روش PCA و دقت ۹۴.۳٪ کیفیت آن ها را طبقه‌بندی کنند، که نتایج روش PCA آن‌ها مطابق با نتایج تحقیق ما بود. البته آن‌ها از روش شبکه عصبی مصنوعی نیز جهت درجه بندی بهره بردند اما از دقت کمتری برخوردار بود (۸۵٪).نتایج روش PCA در تحقیق Hun و همکاران در شناسایی تقلب در روغن بسیار شبیه نتایج روش PCA تحقیق ما بود. آن‌ها با استفاده از تصویربرداری فراطیفی اقدام به شناسایی تقلب در روغن با دو نورپردازی هالوژن و UV در ۴ دسته طیف (IR، DIR، RRI و NDRI) کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که دقت روش PCA با نورپردازی UV در طیف IR برابر با ۹۹٪ و در ۳ طیف دیگر برابر با ۱۰۰٪ بود، اما با نورپردازی هالوژن از دقت پایین‌تری برخوردار بود. ضمنا نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که دقت روش KICA با هر دو نوع نورپردازی در هر ۴ طیف از دقت بالاتری نسبت به سایر روش‌ها برخوردار است.

در تحقیقی دیگر Liu و همکاران از تصویربرداری چندطیفی و روش‌های کمومتریکس جهت تشخیص تقلب ساکارز در رب گوجه فرنگی استفاده کردند. آن‌ها گزارش کردند که دقت روش‌های PLS و BPNN با ۹۳٪ کمتر از دو روش دیگر (LS-SVM و PCA) بود، همچنین دقت روش‌های LS-SVM و PCA نیز بترتیب برابر بود با ۹۶٪ و ۹۸٪ و بنابراین روش PCA نسبت به روش‌های دیگر پاسخ خوبی داشت.

۴- نتیجه‌گیری

در این تحقیق از یک بینی الکترونیک با ۹ سنسور اکسید فلزی جهت شناسایی و تمایز ارقام سیب‌زمینی مورد استفاده قرار گرفت. روش کمومتریکس PCA برای تحلیل کیفی و کمی داده‌های پیچیده از آرایه سنسوری الکترونیکی استفاده شد. PCA برای کاهش داده‌ها مورد استفاده قرار گرفت و با دو مؤلفه اصلی PC۱ و PC۲، ۹۷٪ واریانس مجموعه‌ی داده‌ها را توصیف کرد و یک طبقه‌بندی اولیه را ارائه داد. بینی الکترونیکی این توانایی را دارد که به عنوان روشی سریع و غیرمخرب جهت تشخیص ارقام سیب‌زمینی مورد استفاده و بهره‌برداری قرار گیرد. استفاده از این روش برای مصرف کنندگان بویژه رستوران‌ها و واحدهای فرآوری در جهت انتخاب ارقام مرغوب بسیار مفید خواهد بود.

منابع

- Berrueta, L. A., Alonso-Salces, R. M. and Héberger, K., Journal of Chromatography A ۱۱۵۸, ۱۹۶-۲۱۴ (۲۰۰۷).
- Cano, M., V. Borrego, J. Roales, J. Idígoras, T. Lopes-Costa, P.M. Mendoza, J. Pedrosa, ۲۰۱۱. Rapid discrimination and counterfeit detection of perfumes by an electronic olfactory system. Sensors and Actuators B: ۱۵٦: ۳۱۹–۳۲٤.
- Cevoli, C., L. Cerretani, A. Gori, M.F. Caboni, T. Gallina Tosch, A. Fabbri, ۲۰۱۱. Classification of Pecorino cheeses using electronic nose combined with artificial neural network and comparison with GC–MS analysis of volatile compounds. Food Chemistry, ۱۲۹: ۱۳۱۵–۱۳۱۹.
- Champagne, E.T., ۲۰۰۸. Rice aroma and flavor: a literature review. Cereal Chem. ۸۵ (۵), ٤٤٥–٤٥٤.
- Cheaupun, K., Wongpiyachon, S. and Kongseree, N. "Improving Rice Grain Quality in Thailand Rice is Life", Proceeding of World Rice Research, Japan in Scientific Perspectives For The ۲۱st Century, ۲۰۱۳, pp. ۲٤۸-۲٤۹.
- Choudhury, P.R., Kohli, S., Srinivasan, K., Mohapatra, T., Sharma, R.P., ۲۰۰۱. Identification and classification of aromatic rices based on DNA fingerprinting. Euphytica ۱۱۸ (۳), ۲٤۳–۲۵۱.
- Cozzolin D., Cynkar W., Dambergs R., & Smith P. ۲۰۱۰. Two- Dimensionalcorrelation analysis of the effect temperature on the fingerprint of wines analysed by mass spectrometry electronic nose. Sensors and Actuators B, ۱٤۵, ٦۲۸-٦۳٤.
- Crowhurst, D.G., and Creed, P.G. ۲۰۰۱. Effect of cooking method and variety on the sensory quality of rice. Food Serv. Technol. ۱: ۱۳۳-۱٤۰.
- Devos, M., Patte, F., Rouault, J., Laffort, P. and Van Gemert, L. J., Standardized Human Olfactory Thresholds, New York, USA: Oxford University Press, ۱۹۹۰, pp. ۲۵۷-۲۸٤.
- Fitzgerald, M. A. and Hall, R. D., Int. Rice Research Institute ۷(۲), ۳۸–۳۹ (۲۰۰۸).
- Han, Z., Wan, J., Deng, L., & Liu, K. (۲۰۱٦). Oil Adulteration identification by hyperspectral imaging using QHM and ICA. PloS one, ۱۱(۱), e۰۱٤٦۵٤۷.

- Jana, A., Bandyopadhyay, R., Tudu, B., Roy, J. K., Bhattacharyya, N., Adhikari, B., ... & Mukherjee, S. (۲۰۱۱, September). Classification of aromatic and non-aromatic rice using electronic nose and artificial neural network. In ۲۰۱۱ IEEE Recent Advances in Intelligent Computational Systems (pp. ۲۹۱-۲۹٤). IEEE.
- Jolliffe, I.T., Principal Component Analysis, USA: Springer, ۲۰۰۲.
- Karami H, Rasekh M, Mirzaee-Ghaleh E. ۲۰۲۰a.Application of the E-nose machine system to detect adulterations in mixed edible oils using chemometrics methods. J Food Process Preserve; ۴۴:e۱۴۶۹۶. https://doi.org/۱۰.۱۱۱۱/jfpp.۱۴۶۹۶.
- Karami, H., Rasekh, M. & Mirzaee-Ghaleh, E. ۲۰۲۰b. Qualitative analysis of edible oil oxidation using an olfactory machine. Food Measure ۱٤, ۲٦۰۰–۲٦۱۰. https://doi.org/۱۰,۱۰۰۷/s۱۱٦۹٤-۰۲۰-۰۰٥۰٦-۰.
- Li, A., Duan, S., Dang, Y., Zhang, X., Xia, K., Liu, S., ... & Gao, X. D. (۲۰۱۹). Origin identification of Chinese Maca using electronic nose coupled with GC-MS. Scientific reports, ۹(۱), ۱-۱۰.
- Lim, M. Y., Huang, J., He, F. R., Zhao, B. X., Zou, H. Q., Yan, Y. H., ... & Xie, J. J. (۲۰۲۰). Quality grade classification of China commercial moxa floss using electronic nose: A supervised learning approach. Medicine, ۹۹(۳۳).
- Liu, C., Hao, G., Su, M., Chen, Y., & Zheng, L. (۲۰۱۷). Potential of multispectral imaging combined with chemometric methods for rapid detection of sucrose adulteration in tomato paste. Journal of Food Engineering, ۲۱٥, ۷۸-۸۳.
- Pearce, T. C., Schiffman, S. S., Nagle, H. T. and Gardner, J.W. "Handbook of Machine Olfaction: Electronic Nose Technology", Weinhein, Germany: Wiley-VCH, ۲۰۰۳.
- Song, S.; Yuan, L.; Zhang, X.; Hayat, K.; Chen, H.; Liu, F.; Xiao, Z.; Niu, Y. Rapid measuring and modelling flavour quality changes of oxidised chicken fat by electronic nose profiles through the partial least squares regression analysis. Food Chem. ۲۰۱۳, ۱٤۱, ٤۲۷۸–٤۲۸۸.
- Xu, S., Zhou, Z., Lu, H., Luo, X., & Lan, Y. (۲۰۱٤). Improved algorithms for the classification of rough rice using a bionic electronic nose based on PCA and the wilks distribution. Sensors, ۱٤(۳), ٥٤۸٦-٥٥۰۱.
- Zheng, X.Z.; Lan, Y.B.; Zhu, J.M.; Westbrook, J.; Hoffmann, W.C.; Lacey, R.E. Rapid Identification of Rice Samples Using an Electronic Nose. J. Bionic Eng. ۲۰۰۹, ٦, ۲۹۰–۲۹۷.

Using Electronic Nose to Detect Potato Varieties using Chemometric Methods

Vali Rasooli Sharabiani[۱]; Asma Kisalaei[۱]; Ali Khorramifar[۱]

[۱] Department of Biosystem Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Iran

*Email Address: vrasooli@uma.ac.ir

Abstract

Introduction

Potato is considered one of the most important food sources in the world (٤th rank) and studying its various aspects is very important to ensure that the produced product has the necessary qualifications and can satisfy the customer. In the food industry, this product is transformed into various products such as baked potatoes, fried potatoes, potato chips, potato starch, dry fried potatoes, etc.The complexity of food odours makes it difficult to analyze them with conventional analytical techniques such as gas chromatography. However, expert sensory analysis is costly and requires trained people who can only work for a relatively short period. Problems such as the human subjectivity of the response to smell and the variation between people should also be considered. Hence, there is a need for a tool such as an electronic nose with high sensitivity and correlation with human sensory panel data for specific applications in food control. Due to its easy construction, cheapness and the need for little time for analysis, the electronic nose is becoming an automatic non-destructive method to describe the smell of food.An olfactory machine can recognize the fragrance composition by estimating its concentration or determining some of its intrinsic properties, which the human nose is hardly able to do. In general, the human olfactory system is a five-step process including smelling, receiving the scent, evaluating, detecting and erasing the effect of the scent. The olfactory phenomenon begins with inhaling the intended smell and ends with breathing fresh air to remove the effect of the scent. The human olfactory system, with all its unique capabilities, also has disadvantages that limit its use in quality control processes, including subjectivity, low reproducibility (for example, results depending on time, people's health, analysis before the presence of odour and fatigue is variable), time-consuming, high labour cost, adaptation of people (less sensitivity when exposed to odour for a long time). In addition, it cannot be used to evaluate dangerous odours.Meanwhile, the electronic nose can detect the volatile compounds of potatoes. The electronic nose has been used in extensive research to identify and classify food and agricultural products.The purpose of this research was to evaluate the ability of the electronic nose using one of the chemometrics methods to detect ٥ different potato cultivars.

Methodology

First, ٥ varieties of potato were prepared from the agricultural research centre of Ardabil city. These ٥ varieties included Colombo, Milwa, Agria, Esprit and Sante.After preparing the cultivars, first, the samples were placed in a closed container (sample compartment) for ١ day to saturate the space of the container with the aroma and smell of potatoes, and then the sample compartments were used for data collection with the electronic nose. In this research, the electronic nose made in the Biosystems Engineering Department of Mohaghegh Ardabili University was used. In this device, ٩ metal oxide semiconductor (MOS) sensors with low power consumption are used, which are listed in Table ١.The sample chamber was connected to the electronic nose device and data collection was done. This data collection was done in such a way that first, clean air was passed through the sensor chamber for ١٥٠ seconds to clean the sensors from the presence of odours and other gases. Then, the smell of the sample was sucked from the sample chamber by the pump for ١٥٠ seconds and directed to the sensors, and finally, clean air was injected into the sensor chamber for ١٥٠ seconds to prepare the device for repetition and subsequent tests. ١٥ repetitions were considered for each sample.Through the mentioned steps, the output voltage of the sensors was changed due to exposure to gases emitted

from the sample (potato smell) and their olfactory responses were collected and recorded by data collection cards, the sensor signals were recorded and stored at ۱-second intervals. . A fractional method was used to correct the baseline, in which noise or possible deviations were removed and the responses of the sensors were normalized and dimensionless.By chemometrics method in this research, it started with principal component analysis (PCA) to discover the output response of the sensors and reduce the dimension of the data.Principal component analysis (PCA) is one of the simplest multivariate methods and is known as an unsupervised technique for clustering data according to groups. It is usually used to reduce the dimensionality of the data and the best results are obtained when the data are positively or negatively correlated. Another advantage of PCA is that this technique reduces the volume of multidimensional data while removing redundant data without losing important information

Conclusion

The scores chart (Figure ۱) showed that the variance of the total data is equal to PC-۱ (۹٤٪) and PC-۲ (۳٪), respectively, and the first two principal components account for ۹۷٪ of the variance of the total normalized data. When the total variance is higher than ۹۰٪, it means that the first two PCs are sufficient to explain the total variance of the data set. So it can be concluded that the electronic nose has a good response to the smell of potatoes and its cultivars can be distinguished, which shows the high accuracy of the electronic nose in identifying the smell of different products.With the correlation loadings plot, the relationships between all variables can be shown. The loading diagram (Figure ۲) shows the relative role of sensors for each main component. The inner oval represents ۵۰٪ and the outer oval represents ۱۰۰٪ of the total variance of the data. The higher the loading coefficient of a sensor is, the greater the role of that sensor in identification and classification. Therefore, the sensors that are located on the outer circle have a greater role in data classification. According to the figure, it is clear that all the sensors have an important role in identifying the rice variety, including the role of sensors number ۱ and ۹, which are respectively the same sensors as MQ۹ (to detect carbon dioxide and combustible gases) and MQ۳ (to detect alcohol, methane, natural gases), it was less than the rest of the sensors, and by removing these two sensors, the cost of making an olfactory device (to distinguish genuine and fake rice) can be reduced and costs can be saved. In this research, an electronic nose with ۹ metal oxide sensors was used to identify and distinguish potato cultivars. The Chemometrics PCA method was used for qualitative and quantitative analysis of complex data from the electronic sensor array. PCA was used to reduce the data and with two main components PC۱ and PC۲, it described ۹۷٪ of the variance of the data set and provided an initial classification. The electronic nose has the ability to be used as a fast and non-destructive method to identify potato varieties. Using this method will be very useful for consumers, especially restaurants and processing units, in order to choose high-quality cultivars.

Keywords

Potato; Chemometric Methods; Cultivar Recognition; Electronic nose