

## شناسایی و تفکیک برنج خالص و ناخالص به کمک بینی الکترونیک

ولی رسولی شربیانی<sup>۱\*</sup>، علی خرمی فر<sup>۲</sup>

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

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

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

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۰۵

### چکیده

برنج به عنوان یکی از مهمترین محصولات زراعی دنیا، در سراسر جهان در بخش‌های وسیعی کشت می‌شود و غذای اصلی بیش از نیمی از مردم جهان است. لازمه تعیین و ارزیابی دقیق بو در برنج، شناسایی مواد مؤثر در بو به موازات توسعه روش‌های تعیین مقدار آن‌هاست. بیش از ۳ دهه از آغاز مطالعات مربوط به شناخت عوامل ایجاد کننده و مؤثر در عطر برنج می‌گذرد. در این بین بینی الکترونیک می‌تواند ترکیبات فرار برنج 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 روش‌های کمومتریکی PCA به عنوان یک روش ارزان، سریع و غیر مخرب برای تشخیص ارقام اصلی و تقلبی برنج انجام شد. در این تحقیق از بینی الکترونیک مجهز به ۹ سنسور نیمه هادی اکسید فلزی (MOS) با مصرف برق کم استفاده شد. بر اساس نتایج به دست آمده PCA با دو مؤلفه اصلی PC1 و PC2، ۹۹٪ واریانس مجموعه‌ی داده‌ها را برای نمونه‌های مورد استفاده توصیف کردند.

### کلمات کلیدی

"برنج"، "کمومتریکی"، "درصد خلوص"، "بینی الکترونیک"

### ۱- مقدمه

آن‌ها بیان کردند که با کمک بینی الکترونیک و روش‌های LDA و ANN با دقت ۱۰۰٪ می‌توان ارقام سیب زمینی را تشخیص داد. سولی و همکاران از یک ماشین بویایی جهت طبقه‌بندی پنبه در مراحل مختلف دوره انبارداری استفاده کردند و دقت طبقه‌بندی با شبکه عصبی مصنوعی ۱۰۰ درصد 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 می‌تواند 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 روش‌ها (پردازش تصویر، شبکه عصبی و ...) دارد، انعطاف پذیر بوده و در اکثر محصولات کشاورزی بخاطر وجود بو در آنها بکار رود. عطر برگ "پاندان" برنج یک ویژگی خاص است و برای تمایز کیفیت برنج استفاده می‌شود. کیفیت تعیین می‌کند که آیا درصد تمیزی و خلوص خاصی را دارد یا خیر (Cheapun, K et al., 2013). معمولاً برنج معطر به دلیل کیفیت خوب که شامل ظرافت، شکل، رنگ، عطر، طعم و مزه است، توسط مصرف‌کنندگان ترجیح داده می‌شود (Choudhury, P et al., 2001) و مصرف‌کنندگان از برنج معطر برای جشن‌ها و مناسبت‌ها به خاطر تقاضای زیاد و کیفیت خوب استفاده می‌کنند. کیفیت برنج معطر تحت تأثیر عوامل مختلفی مانند محل کشت، شرایط آب و هوایی، فعالیت‌های ژنتیکی و پس از برداشت است (Champagne, E.T., 2008). مسائل مهم موجود در صنعت برنج عبارتند از کنترل کیفیت، برچسب گذاری اشتباه، درجه

برنج گیاهی علفی، یک ساله، ایستاده، با ریشه افشان، سطحی، قوی و به رنگ سفید بوده از خانواده Oryza متعلق به قبیله Oryzae می‌باشد. برنج غذای اصلی حدود ۲/۵ میلیارد نفر از جمعیت جهان می‌باشد، که حدود ۲۰ درصد از انرژی مورد نیاز است، و پروتئین ۱۵ درصد از مردم دنیا را تأمین می‌کند. به طور کلی، کشورهای گرمسیری و نیمه گرمسیری برمه، تایلند، ویتنام، لائوس، اندونزی، فیلیپین، پاکستان، هند، آمریکا، ژاپن، ایتالیا، مصر، چین، برزیل، کوبا، مکزیک و استرالیا از تولید کنندگان اصلی برنج در دنیا به شمار می‌آیند که در این میان ارقام صدری، طارم و هاشمی از بهترین و مرغوبترین ارقام برنج بومی کشور ایران می‌باشد و از ارقام پر محصول این کشور نیز می‌توان به خزر، سپیدرود، ساحل، کادوس، شفق، درفک، گوهر و ندا اشاره کرد (سایت مرکز تحقیقات برنج کشور ایران). لازمه تعیین و ارزیابی دقیق بو در برنج، شناسایی مواد مؤثر در بو به موازات توسعه روش‌های تعیین مقدار آن‌هاست. بیش از ۳ دهه از آغاز مطالعات مربوط به شناخت عوامل ایجاد کننده و مؤثر در عطر برنج می‌گذرد. تحقیقات زیادی در زمینه به کارگیری روش‌های کارآمدتر و سریعتر در شناسایی مواد فرار برنج و تشخیص عوامل اصلی ایجاد کننده بو انجام شده است. از میان بیش از ۱۰۰ ترکیب شناخته شده در برنج، تعداد معدودی در ایجاد بو و عطر آن مؤثرند (Crowhurst, D.G., and Creed, P.G. 2001). در این بین بینی الکترونیک می‌تواند ترکیبات فرار برنج را تشخیص دهد. از بینی الکترونیک در تحقیقات گسترده‌ای جهت شناسایی و طبقه‌بندی محصولات غذایی و کشاورزی استفاده شده است. خرمی فر 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 می‌توان ارقام سیب زمینی را با دقت بسیار بالایی تشخیص داد، همچنین

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

نام حسگر	گاز (های) تشخیص دهنده
MQ9	کربن دی اکسید، گازهای احتراق پذیر
MQ5	گاز طبیعی، گاز شهری
MQ136	Sulfur dioxide (SO <sub>2</sub> )
MQ135	آمونیاک، بنزن، سولفید
TGS2620	الکل، حلال های آلی
MQ137	آمونیاک
TGS822	حلال های آلی
MQ4	متان، گاز شهری
MQ3	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 ۲۲ تکرار در نظر گرفته شد. با طی مراحل مذکور، ولتاژ خروجی سنسورها به خاطر قرار گرفتن در معرض گازهای متضاد شده از نمونه (رایحه برنج) 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 کموتریکس

بوسیله روش کموتریکس در این تحقیق با تجزیه و تحلیل مولفه‌های 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 داده‌ها با توجه به گروه‌ها شناخته می‌شود. معمولاً برای کاهش ابعاد داده استفاده می‌شود و بهترین نتایج زمانی به دست می‌آیند که داده‌ها 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 داده‌ها را به ترتیب برابر با PC-1 (99%) و PC-2 (0%) نشان داد و دو مولفه اصلی اول ۹۹٪ از واریانس کل داده‌های نرمال شده را تشکیل می‌دهند. زمانی که واریانس کل بالاتر از ۹۰٪ باشد، به این معنی است که دو PCs اول برای توضیح واریانس کل مجموعه داده‌ها کافی هستند. با توجه به شکل رقم اصلی هاشمی (a) در سمت چپ نمودار و ۳ رقم تقلبی (b, c and d) قابل مشاهده هستند که به خوبی توسط روش PCA از هم تفکیک شده‌اند. پس می‌توان نتیجه گرفت که e-Nose پاسخ خوبی به بوی برنج داشته و می‌توان ارقام اصلی و تقلبی برنج را از هم

بندی و تقلب در انواع مختلف برنج. به همین خاطر، صنعت برنج از درجه‌های استاندارد بر اساس معیارهای بازار برای شناسایی دانه استفاده می‌کند. با توجه به این عوامل، کنترل کیفیت و تقلب مسائل اصلی هستند که برچسب گذاری و درجه بندی اشتباه از مشکلات اصلی هستند. استفاده از پانل‌های متخصص انسانی متداول‌ترین تکنیکی است که برای ارزیابی کیفیت برنج معطر استفاده می‌شود. آن‌ها برنج را بر اساس ویژگی عطر تشخیص می‌دهند (Ghiasvand, A et al., 2007). متأسفانه این روش دارای اشکالاتی است مثلاً آموزش-هایی که ممکن است سال‌ها به طول انجامد یا وقتی تعداد نمونه‌ها افزایش می‌یابد، پانل‌ها دچار خستگی شده و از دقت نتایج کاسته می‌شود (Pearce, T et al., 2003). کیفیت نمونه برنج معطر را نیز می‌توان به کمک تجزیه و تحلیل GC-MS ارزیابی کرد، اما این روشی مفصل و پرهزینه است. 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 کلاس بندی سریع و تشخیص ارقام ارائه می‌دهد (Song, S et al., 2013). همچنین بینی الکترونیکی روش جدیدی برای طبقه بندی 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 نام‌های Mahatma Brown، Riceland Milled، Thailand 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 طبقه بندی 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 پژوهش ارزیابی توانایی و دقت بینی الکترونیک به کمک یکی از روش‌های کموتریکس جهت تشخیص و تمایز رقم خالص برنج از ۳ رقم ناخالص بود.

#### ۲- روش انجام تحقیق

##### • تهیه نمونه

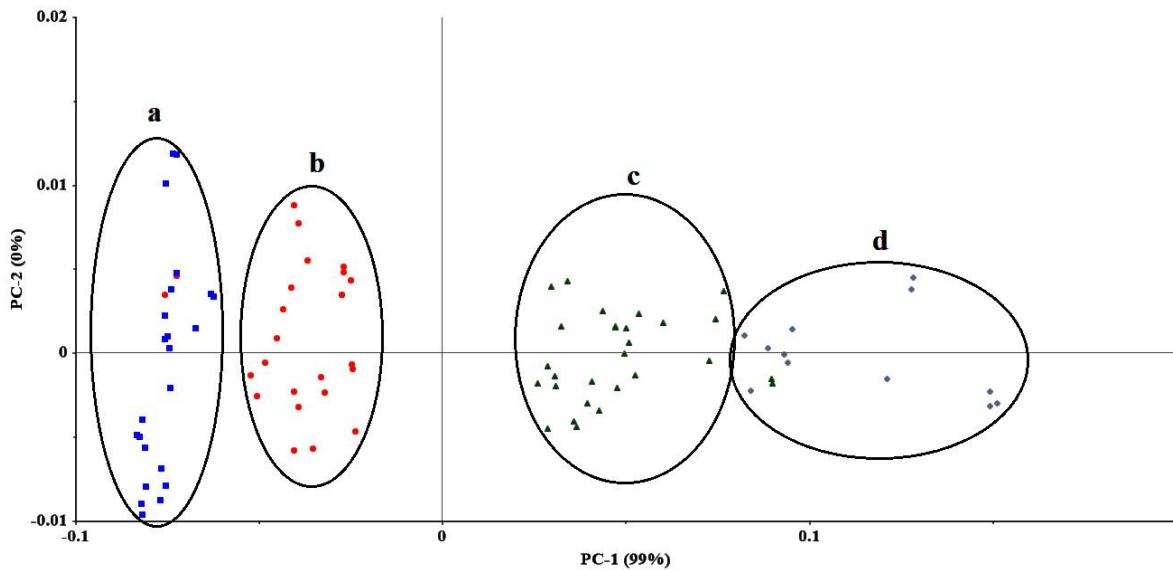
ابتدا ۴ رقم برنج از مرکز تحقیقات برنج کشور ایران واقع در شهرستان رشت تهیه شد. این ۴ رقم شامل ۱ رقم برنج مرغوب و با کیفیت به نام هاشمی و ۳ رقم برنج نامرغوب به نام‌های ندا، خزر و ساحل بود. بنابراین در آزمایشات یک رقم برنج اصل (هاشمی) و ۳ رقم غیراصلی یا تقلبی (مخلوط ارقام خزر، ندا و ساحل با رقم هاشمی) تهیه شد. بدین صورت که ارقام تقلبی هر یک شامل ۸۰ درصد رقم هاشمی و ۲۰ درصد از رقم نامرغوب بود. پس از تهیه و مخلوط ارقام، ابتدا نمونه‌ها به مدت ۱ روز در داخل ظرف سر بسته (محفظه نمونه) قرار گرفتند تا فضای ظرف از رایحه و بوی برنج 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:

کلاس بندی ۶ رقم برنج انجام دادند، دقت روش PCA را ۹۹٫۵٪ بیان کردند (Xu, S et al., 2014).

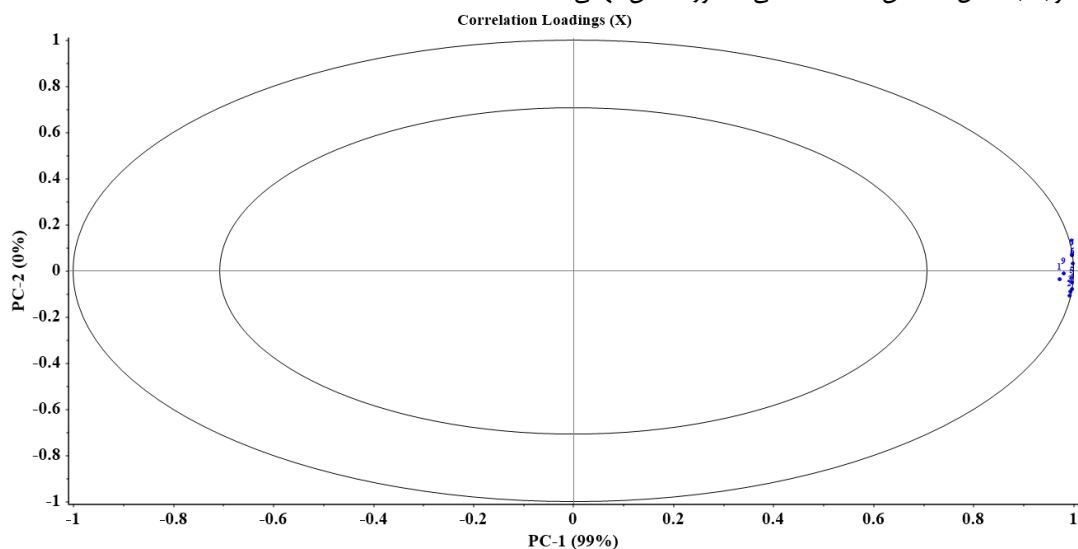
تشخیص داد، که این خود نشان از دقت بالای بینی الکترونیک در شناسایی بوی محصولات مختلف دارد. این نتایج با نتایج به دست آمده توسط Xu و همکاران بسیار مطابقت دارد، آن‌ها در پژوهشی که برای



شکل ۱- نمودار scores جهت تفکیک ارقام ناخاص از رقم خالص برنج هاشمی

در شناسایی رقم برنج داشته‌اند که در این میان نقش سنسورهای شماره ۱ و ۹ که به ترتیب همان سنسورهای MQ9 (جهت تشخیص کربن دی اکسید، گازهای احتراق پذیر) و MQ3 (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.

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 قرار گرفته‌اند نقش بیشتری در کلاس‌بندی داده‌ها دارند. با توجه به شکل مشخص است که تمامی سنسورها نقش مهمی



شکل ۲- نمودار correlation loadings plot جهت تعیین نقش نسبی سنسورها

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

A.H. Abdullah و همکاران با استفاده از ماشین بویایی ۱۷ نمونه برنج را در ۴ دسته شناسایی و طبقه‌بندی کردند. آن‌ها 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

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 اصلی و تقلبی برنج مورد استفاده قرار گرفت. روش کمومتریکس PCA برای تحلیل کیفی و کمی داده‌های پیچیده از آرایه سنسوری الکترونیک استفاده شد. PCA برای کاهش داده‌ها مورد استفاده قرار گرفت و با دو مؤلفه اصلی PC1 و PC2، ۹۹٪ واریانس مجموعه‌ی داده‌ها را توصیف کرد و یک طبقه‌بندی اولیه را ارائه داد. بینی الکترونیک این توانایی را دارد که به عنوان روشی سریع و غیرمخرب جهت تشخیص ارقام اصلی و تقلبی برنج مورد استفاده و بهره‌برداری قرار گیرد. استفاده از این روش در شناسایی ارقام برنج برای مصرف کنندگان بویژه رستوران‌ها و تالارها در جهت انتخاب ارقام خالص و مرغوب بسیار مفید خواهد بود.

ترکیبات شیمیایی ارتباط مستقیم وجود دارد. Min Yee Lim و همکاران نیز با روش PCA به نتایج خوبی دست یافتند. آن‌ها 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 آن‌ها 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، NDRI و RRI، DIR) 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. ضمناً 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

- Berrueta, L. A., Alonso-Salces, R. M. and Héberger, K., *Journal of Chromatography A* 1158, 196-214 (2007).
- Cano, M., V. Borrego, J. Roales, J. Idígoras, T. Lopes-Costa, P.M. Mendoza, J. Pedrosa, 2011. Rapid discrimination and counterfeit detection of perfumes by an electronic olfactory system. *Sensors and Actuators B*: 156: 319–324.
- Cevoli, C., L. Cerretani, A. Gori, M.F. Caboni, T. Gallina Tosch, A. Fabbri, 2011. Classification of Pecorino cheeses using electronic nose combined with artificial neural network and comparison with GC–MS analysis of volatile compounds. *Food Chemistry*, 129: 1315–1319.
- Champagne, E.T., 2008. Rice aroma and flavor: a literature review. *Cereal Chem.* 85 (5), 445–454.
- Cheapun, 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 21st Century*, 2013, pp. 248-249.
- Choudhury, P.R., Kohli, S., Srinivasan, K., Mohapatra, T., Sharma, R.P., 2001. Identification and classification of aromatic rices based on DNA fingerprinting. *Euphytica* 118 (3), 243–251.
- Crowhurst, D.G., and Creed, P.G. 2001. Effect of cooking method and variety on the sensory quality of rice. *Food Serv. Technol.* 1: 133-140.
- Devos, M., Patte, F., Rouault, J., Laffort, P. and Van Gemert, L. J., *Standardized Human Olfactory Thresholds*, New York, USA: Oxford University Press, 1990, pp. 257-284.
- Fitzgerald, M. A. and Hall, R. D., *Int. Rice Research Institute* 7(2), 38–39 (2008).
- Han, Z., Wan, J., Deng, L., & Liu, K. (2016). Oil Adulteration identification by hyperspectral imaging using QHM and ICA. *PloS one*, 11(1), e0146547.
- Jana, A., Bandyopadhyay, R., Tudu, B., Roy, J. K., Bhattacharyya, N., Adhikari, B., ... & Mukherjee, S. (2011, September). Classification of aromatic and non-aromatic rice using electronic nose and artificial neural network. In *2011 IEEE Recent Advances in Intelligent Computational Systems* (pp. 291-294). IEEE.
- Jolliffe, I.T., *Principal Component Analysis*, USA: Springer, 2002.
- Li, A., Duan, S., Dang, Y., Zhang, X., Xia, K., Liu, S., ... & Gao, X. D. (2019). Origin identification of Chinese Maca using electronic nose coupled with GC-MS. *Scientific reports*, 9(1), 1-10.
- Lim, M. Y., Huang, J., He, F. R., Zhao, B. X., Zou, H. Q., Yan, Y. H., ... & Xie, J. J. (2020). Quality grade classification of China commercial moxa floss using electronic nose: A supervised learning approach. *Medicine*, 99(33).
- Liu, C., Hao, G., Su, M., Chen, Y., & Zheng, L. (2017). Potential of multispectral imaging combined with chemometric methods for rapid detection of sucrose adulteration in tomato paste. *Journal of Food Engineering*, 215, 78-83.
- Pearce, T. C., Schiffman, S. S., Nagle, H. T. and Gardner, J.W. “*Handbook of Machine Olfaction: Electronic Nose Technology*”, Weinheim, Germany: Wiley-VCH, 2003.
- 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.* 2013, 141, 4278–4288.
- Xu, S., Zhou, Z., Lu, H., Luo, X., & Lan, Y. (2014). Improved algorithms for the classification of rough rice using a bionic electronic nose based on PCA and the wilks distribution. *Sensors*, 14(3), 5486-5501.
- 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.* 2009, 6, 290–297.

## Recognition and classification of pure and adulterated rice using the electronic nose

Vali Rasooli Sharabiani\*<sup>1</sup>, Ali Khorramifar<sup>2</sup>

\*1- Department of Biosystem Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, IRAN

2- Ph.D. candidate of Biosystem Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, IRAN

\*Email Address: vrasooli@uma.ac.ir

### Abstract

#### Introduction

Annual herbaceous rice, standing, rooted, shallow, strong, and white, belongs to the Oryza family, belonging to the Oryzae family. Rice is the staple food of about 2.5 billion people, which is about 20 percent of the energy needed, and provides protein for 15 percent of the world's population. In general, tropical and subtropical countries Burma, Thailand, Vietnam, Laos, Indonesia, Philippines, Pakistan, India, USA, Japan, Italy, Egypt, China, Brazil, Cuba, Mexico, and Australia are the main rice producers in the world. Among them, Sadri, Tarom, and Hashemi cultivars are among the best and most high-quality rice cultivars native to Iran, and the most productive cultivars of this country can be Caspian, Speedroad, Sahel, Kadous, Shafaq, Darfak, Gohar and Neda pointed out. Accurate determination and evaluation of odor in rice require identification of substances affecting odor in parallel with the development of methods for determining their amount. More than 3 decades have passed since the beginning of studies related to recognizing the creative and effective factors in rice aroma. Much research has been done in the field of using more efficient and faster methods in identifying rice volatiles and identifying the main causes. Of the more than 100 known compounds in rice, a few are effective in creating its aroma and aroma. In the meantime, the electronic nose can detect volatile compounds in rice. The electronic nose has been used in extensive research to identify and classify food and agricultural products. Pandan leaf aroma of rice is a special feature and is used to differentiate the quality of rice. Quality determines whether it has a certain percentage of cleanliness and purity or not. Aromatic rice is usually preferred by consumers due to its good quality, which includes delicacy, shape, colour, aroma, taste, and consumers use aromatic rice for celebrations and occasions due to high demand and use good quality. The quality of aromatic rice is influenced by various factors such as cultivation location, climatic conditions, genetic activities and post-harvest. Important issues in the rice industry include quality control, incorrect labelling, grading and fraud in different types of rice. For this reason, the rice industry uses standard grades based on market criteria to identify grain. Due to these factors, quality control and fraud are the main issues that are wrong labelling and grading are the main problems. The use of human expert panels is the most common technique used to evaluate the quality of aromatic rice. They distinguish rice based on its aroma. 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. The aim of this study was to evaluate the ability and accuracy of the electronic noses using one of the chemometrics methods to distinguish pure rice cultivars from 3 gross cultivars.

#### Methodology

First, 4 rice cultivars were prepared from the Iranian Rice Research Center located in Rasht. These 4 cultivars included 1 high-quality rice cultivar named Hashemi and 3 substandard rice cultivars named Neda, Khazar, and Sahel. Therefore, in the experiments, one genuine rice cultivar (Hashemi) and three non-genuine or counterfeit cultivars (mixture of Caspian, Neda, and Sahel cultivars with Hashemi cultivars) were prepared, so that the counterfeit cultivars each contained 80% of Hashemi cultivars and 20% of substandard cultivars. After preparing and mixing the cultivars, first, the samples were placed in a closed container (sample container) for 1 day to saturate the container with the aroma of rice, then the sample containers were used for data collection with an electronic nose. Were located. In this research, an electronic nose made in the Department of Biosystem Engineering of Mohaghegh Ardabili University was used. In this device, 9 low-power metal oxide (MOS)

semiconductor sensors are used, which are given in Table 1 of the sensor specifications. The sample chamber was connected to the electronic nasal device and data collection was performed. The data collection was done by first passing clean air through the sensor chamber for 150 seconds to clear the sensors of odours and other gases. The sample odor was then sucked out of the sample chamber by the pump for 150 seconds and directed to the sensors, and finally, fresh air was injected into the sensor chamber for 150 seconds to prepare the device for repetition and subsequent tests. 22 replicates were considered for each sample. The study started with the chemometrics method with principal component analysis (PCA) to detect the output response of the sensors and reduce the data dimension. Principal component analysis (PCA) is one of the simplest multivariate methods and is known as an unsupervised technique for clustering data by groups. It is usually used to reduce the size 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 size of multidimensional data while eliminating additional data without losing important information.

### Conclusion

The scores diagram (Figure 1) showed the total variance of the data equal to PC-1 (99%) and PC-2 (0%), respectively, and the first two principal components constitute 99% of the total variance of the normalized data. When the total variance is greater than 90%, it means that the first two PCs are sufficient to explain the total variance of the data set. According to the shape of Hashemi's main cultivar (a) on the left side of the chart and 3 fake cultivars (b, c, and d) are visible, which are well separated by the PCA method. Therefore, it can be concluded that e-Nose has a good response to rice odor and it is possible to distinguish between original and counterfeit rice cultivars, which shows the high accuracy of electronic nose in detecting the smell of different products. The correlation loadings plot diagram can show the relationships between all variables. The loading diagram (Figure 2) shows the relative role of the sensors for each principal component. The inner ellipse represents 50% and the outer ellipse represents 100% of the total variance of the data. The higher the loading coefficient of a sensor, the greater the role of that sensor in identifying and classifying. Therefore, sensors mounted on the outer circle have a greater role in data classification. According to the figure, it is clear that all sensors have played an important role in identifying rice cultivars, including the role of sensors No. 1 and 9, which are the same sensors MQ9 (to detect carbon dioxide, combustible gases) and MQ3 (to detect). Alcohol, methane, natural gases) were slightly less than the other sensors, which can be reduced by removing these two sensors to reduce the cost of making the olfactory device (to detect genuine and counterfeit rice) and save costs. In this study, an electronic nose with 9 metal oxide sensors was used to identify and distinguish between original and counterfeit rice cultivars. PCA chemometrics method for qualitative and quantitative analysis of complex data, an electronic sensor array was used. PCA was used to reduce the data and with 99 main components PC1 and PC2, it described 99% of the variance of the data set and provided a preliminary classification. The electronic nose has the ability to be used and exploited as a fast and non-destructive method to detect genuine and counterfeit rice cultivars. Using this method in identifying rice cultivars will be very useful for consumers, especially in restaurants and halls, in order to select pure and high-quality cultivars.

### Keywords

Rice; Chemometrics; Purity; Electronic nose