بررسی امکان تشخیص ارقام میوه هلو به وسیله بینی الکترونیک

امیرحسین افکاری سیاح [۱*]، علی خرمی‌فر [۲] ، حامد کرمی [۲]

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

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

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

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۸/۲۴

چکیده

هلو به عنوان یک میوه خوراکی با مزیت اقتصادی قابل قبول بطور عمده در منطقه مدیترانه و آسیای مرکزی تولید و در سراسر جهان مصرف می شود. طعم یکی از عوامل کلیدی در کیفیت میوه است و تا حد زیادی به محتوای قند محلول و اسید های آلی آن بستگی دارد. 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. 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. این پژوهش با هدف به کارگیری یک سامانه ماشین بویایی با کمک روش های کمومتریکس شامل PCA و LDA برای تشخیص ارقام مختلف هلو انجام شد. بر اساس نتایج به دست آمده از تحلیل PCA با دو مؤلفه اصلیPC1 و PC2، مشخص شد که ۹۶٪ واریانس مجموعه‌ی داده‌ها برای نمونه‌های مورد استفاده از این طریق قابل توصیف می باشند. همچنین دقت روش LDA برابر ۹۰٪ به دست آمد.

کلمات کلیدی

"بینی الکترونیک"، "هلو"، "کمومتریکس"، "تشخیص ارقام"

۱- مقدمه

هلو به عنوان یک میوه خوراکی با مزیت اقتصادی قابل قبول بطور عمده در منطقه مدیترانه و آسیای مرکزی تولید و در سراسر جهان مصرف می شود. طعم یکی از عوامل کلیدی در کیفیت میوه است و تا حد زیادی به محتوای قند محلول و اسید های آلی آن بستگی دارد. شیرینی، که توسط سطح قندهای محلول تعیین می شود، یکی از ویژگی های اصلی است که بر میزان رضایت مصرف کننده تأثیر می گذارد. در میوه هلو بالغ، ساکارز بیش از ۵۴٪ از کل قندهای محلول را تشکیل می دهد که عمدتا در واکوئل ذخیره می شود و تا ۹۰٪ از کل سلول را اشغال می کند. با این حال، مکانیسم های اساسی تجمع قند در میوه هلو تا حد زیادی ناشناخته مانده است. 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. محققین 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 (Khorramifar et al, 2021). بنابراین ماشین بویایی می تواند کارایی بالا در طبقه بندی و تشخیص رقم محصولات داشته باشد. همچنین بینی الکترونیکی روش جدیدی برای طبقه بندی و تشخیص برنج خشن به صورت غیر مخرب و سریع ارائه داده است (Huichun et al, 2012). در پژوهشی دیگر Hu و همکاران از بینی الکترونیک و روش PCA برای شناسایی گازهای فرار و ارقام برنج معطر و برنج بدون عطر استفاده کردند. آن ها نتایج حاصل از روش PCA را قابل قبول گزارش کردند (Hu et al, 2011). هدف از این پژوهش ارزیابی توانایی و دقت بینی الکترونیک به کمک روش‌های کمومتریکس برای تشخیص وتمایز ارقام هلو با استفاده از ترکیبات فرار آن‌ها بود.

۲- روش انجام تحقیق

• تهیه نمونه

ابتدا ۵ رقم هلو تهیه شد. پس از تهیه ارقام مختلف هلو، ابتدا نمونه ها به مدت ۱ روز در داخل ظرف سر بسته (محفظه نمونه) قرار گرفتند تا

فضای ظرف از رایحه و بوی میوه هلو اشباع شود، سپس محفظه های نمونه برای داده برداری با ماشین بویایی مورد استفاده قرار گرفتند.

- **داده برداری با ماشین بویایی**

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 ماشین بویایی مورد استفاده

ردیف	نام سنسور	گاز (های) تشخیص دهنده
۱	MQ9	کربن دی اکسید
۲	TGS813	CH_4, C_3H_8, C_4H_{10}
۳	MQ136	دی اکسید سولفور
۴	MQ135	الکل، آمونیاک، بنزن، دی اکسید کربن
۵	TGS2620	الکل، حلال های آلی
۶	MQ8	هیدروژن
۷	TGS822	بخار حلال های آلی
۸	MQ4	متان، گاز شهری
۹	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 ۱۰۰ ثانیه عبور داده شد تا سنسورها را از وجود بو و گازهای دیگر تمیز کند. سپس بوی نمونه بمدت ۱۰۰ ثانیه توسط پمپ از محفظه نمونه مکیده و به سمت سنسورها هدایت شد و در نهایت باز هم هوایی تمیز به مدت ۱۰۰ ثانیه به محفظه سنسور تزریق گردید تا دستگاه برای تکرار و آزمایشات بعدی آماده شود (Karami et al, 2020). برای هر نمونه ۳۰ تکرار در نظر گرفته شد. با طی مراحل مذکور، ولتاژ خروجی سنسورها به خاطر قرار گرفتن در معرض گازهای متصاعد شده از نمونه (بوی محصول هلو) 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 با استفاده از رابطه ۱ نرمال و بی بعد شد (Khorramifar et al, 2021):

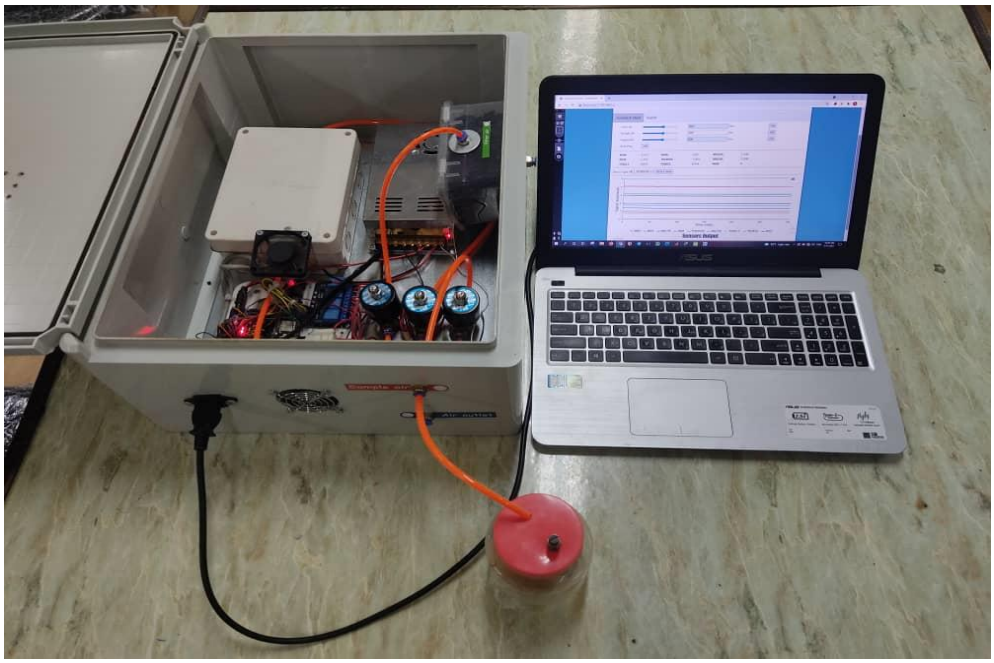
$$Y_s(t) = \frac{X_s(t) - X_s(0)}{X_s(0)} \qquad (۱)$$

که در آن:

$Y_S(t)$ = پاسخ نرمال شده

$X_S(0)$ = خط مبنا

$X_S(t)$ = پاسخ حسگر



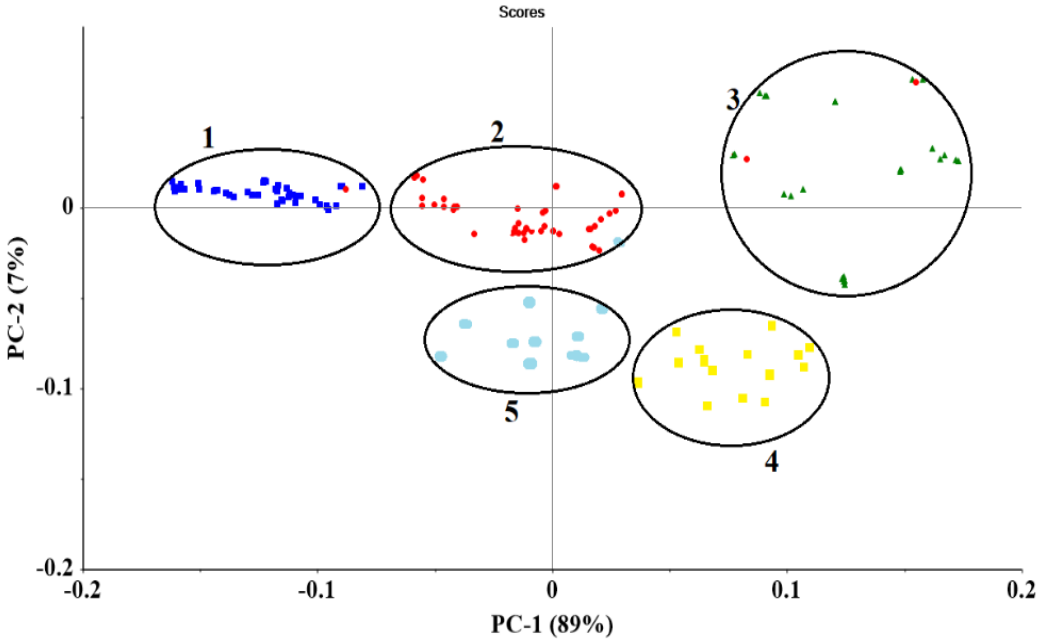
شکل ۱- سامانه ماشین بویایی مورد استفاده در تحقیق

- **تجزیه و تحلیل با روش های 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. در مرحله بعدی برای طبقه بندی ۵ رقم هلو از تجزیه و تحلیل تشخیص خطی (LDA) استفاده شد. تجزیه و تحلیل اجزای اصلی (PCA) یکی از ساده ترین روش های 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 می شود و بهترین نتایج زمانی به دست می آیند که داده ها به طور مثبت یا منفی با هم ارتباط زیادی داشته باشند (Abdullah et al, 2015). Noorsal گزارش داد که این تکنیک به طور گسترده در پردازش داده های بینی الکترونیکی استفاده شده است (Noorsal, 2005). از دیگر مزایای PCA این است که این تکنیک حجم داده های چند بعدی را کاهش می دهد در حالی که اضافات را بدون از دست دادن اطلاعات مهم حذف می کند (Jolliffe, 2002). تجزیه و تحلیل تشخیص خطی (LDA) رایج ترین تکنیک نظارت شده برای تفکیک نمونه ها به دسته های از قبل تعیین شده است (Berrueta et al, 2007). این تکنیک متغیرهای داده مستقل را برای تمایز نمونه ای که قرار است از توزیع عادی پیروی کنند، انتخاب می کند. LDA بر اساس توابع طبقه بندی خطی است که در آن واریانس بین گروهی به حداکثر و واریانس درون گروهی به حداقل می رسد (Devos et al, 1990).

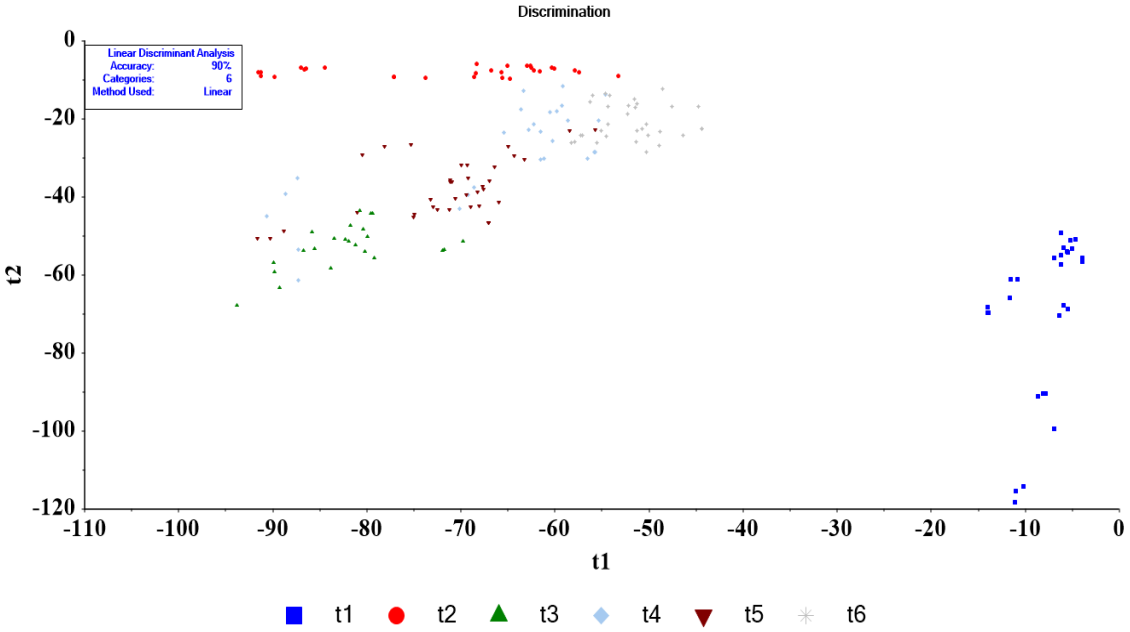
۳- نتایج

نمودار scores (شکل ۲) واریانس کل داده ها را به ترتیب برابر با PC-1 (89%) و PC-2 (7%) نشان داد و دو مولفه اصلی اول ۹۶٪ 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 (Khorramifar et al, 2021). پس می توان نتیجه گرفت که e-Nose پاسخ خوبی به بوی هلو داشته و می توان ارقام هلو 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، آن ها در پژوهشی که برای کلاس بندی ۶ رقم برنج انجام دادند، دقت روش PCA را ۹۹,۵٪ بیان کردند (Xu et al, 2014).



شکل ۲- نتایج روش PCA برای تشخیص ارقام هلو

برای شناسایی و تمایز ارقام هلو بر اساس پاسخ خروجی حسگرها، از روش LDA نیز استفاده شد. بر خلاف روش PCA، روش LDA می تواند اطلاعات چند حسگر را استخراج کند تا وضوح بین کلاس ها را بهینه کند. بنابراین از این روش برای تشخیص ۵ رقم هلو بر اساس پاسخ خروجی حسگرها استفاده شد. نتایج تشخیص ارقام برابر با ۹۰٪ به دست آمد (شکل ۳).



شکل ۳- نتایج روش LDA برای تشخیص ارقام هلو

در پژوهشی با استفاده از ماشین بویایی ۱۷ نمونه برنج در ۴ دسته شناسایی و طبقه بندی شد که گزارش آن پژوهش نشان داد که دقت روش SVM در این طبقه بندی برابر با ۱۰۰٪ بود و در واقع بهترین روش طبقه بندی برای ارقام بود، و روش KNN دومین روش برتر جهت طبقه بندی نمونه های برنج می باشد (Abdullah et al, 2016). همچنین در تحقیقی دیگر نیز روش KNN را برای تشخیص ۳ رقم برنج به کار برده شد و دقت نتایج آن ها ۱۰۰٪ گزارش و عنوان شد که دقت این روش بهتر از روش های PCA و LDA می باشد (Abdullah et al, 2015). نتایج این تحقیق بر خلاف ۲ پژوهشی که در انتها ذکر شد، نشان داد که روش LDA نسبت به سایر روش ها مثل KNN ، SVM و PCA از دقت بالاتری (۱۰۰٪) برخوردار است.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 (Li et al, 2019 .Min Yee Lim و همکارن نیز با روش PCA به نتایج خوبی دست یافتند (Lim et al, 2020). آن ها از بینی الکترونیک برای درجه بندی کیفیت نخ موکس تجاری چین استفاده کرده و توانستند با روش PCA و دقت ۹۴,۳٪ کیفیت آن ها را طبقه بندی کنند، که نتایج روش PCA آن ها مطابق با نتایج تحقیق ما بود. همچنین Arun Jana و همکاران (Jana et al, 2011) از ماشین بویایی به همراه ANN، PCA و LDA برای تشخیص برنج معطر و غیر معطر استفاده کردند که دقت نتایج به دست آمده برای روش های به کار رفته بترتیب برابر بود با: ۹۳٪ ، ۹۶,۵٪ و ۸۰٪ که نتایج پژوهش ما در مقایسه با این تحقیق به مراتب از دقت بالاتری برخوردار بود که علت این امر می تواند بخاطر وجود ترکیبات فرار متفاوت در برگ های انگور باشد.

٤- نتیجه‌گیری

در این تحقیق از یک ماشین بویایی با ۹ حسگر اکسید فلزی برای شناسایی و تمایز ارقام هلو با استفاده از رایحه آن ها مورد استفاده قرار گرفت. روش های کمومتریکس از جمله PCA و LDA برای تحلیل کیفی و کمی داده های پیچیده از آرایه سنسوری الکترونیکی استفاده شد. PCA برای کاهش داده ها مورد استفاده قرار گرفت و با دو مؤلفه اصلی PC1 و PC2، ۹۶٪ واریانس مجموعه‌ی داده‌ها را توصیف کرد و یک طبقه بندی اولیه را ارائه داد، در حالی که LDA قادر به شناسایی و طبقه بندی دقیق ارقام انگور با دقت ۹۰٪ شد. ماشین بویایی این توانایی را دارد که به عنوان روشی سریع و غیر مخرب جهت تشخیص ارقام هلو از روی بوی آن‌ها، مورد استفاده و بهره برداری قرار گیرد. استفاده از این روش در شناسایی ارقام هلو برای مصرف کنندگان بویژه واحدهای فرآوری و صنایع غذایی در جهت انتخاب ارقام مناسب بسیار مفید خواهد بود.

منابع

- Abdullah, A. H., Adom, A. H., Shakaff, A. M., Masnan, M. J., Zakaria, A., Rahim, N. A., & Omar, O. (2015, May). Classification of Malaysia aromatic rice using multivariate statistical analysis. In AIP Conference Proceedings (Vol. 1660, No. 1, p. 090005). AIP Publishing LLC.
- Abdullah, A. H., Rahim, N. A., Masnan, M. J., Sa'ad, F. S. A., Zakaria, A., Shakaff, A. Y. M., & Omar, O. (2016). Rice and the Electronic Nose. In Electronic Noses and Tongues in Food Science (pp. 103-113). Academic Press.
- Berrueta, L. A., Alonso-Salces, R. M. and Héberger, K., Journal of Chromatography A 1158, 196-214 (2007).
- Capanoglu, E. Ric, C. Robert, D. Boyacioglu, D.2013 .changes in polyphenol content during production of grape juice concentrate. Food chemistry 139: 521-526.
- 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.
- Doulaty, H. B., S. A. Mohammadi, M. Labra, A. Nazemieh, M. Mardi, 2007. Chloroplast Microsatellites Markers to Assess Genetic Diversity in Wild and Cultivated Grapevines of Iran. Pakistan journal of biological sciences, 10(11): 1855-1859.
- Hu, G.; Wang, J.; Wang, J.; Wang, X. Detection for rice odors and identification of varieties based on electronic nose technique. J. Zhejiang Univ. (Agriculture and Life Sciences) 2011, 37, 670–676.
- Huichun, Y.; Zuozhou, X.; Yong, Y. The Identification of Rice Varieties Based on Electronic Nose. J. Chinese Cereals Oils Associ. 2012, 27, 105–109.
- 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.
- Janick, J., J. N. Moore, 1996. Fruit Breeding, Vine and Small Fruits, 2(2): 741.
- Jolliffe, I.T., Principal Component Analysis, USA: Springer, 2002.
- Jun, TH., K. Van, M. Y. Kim, S. H. L ee, D. R. Walker. 2008. Association Analysis using SSR markers to find QTL for seed protein content in soybean. Euphytica, 162(2): 179-191.
- 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.
- Keshavarz, K. M., S. gharanjik, A. masoumiasl, M. parsaeyan, M.B. abdollahi, 2017. Assessment of Genetic Diversity in Grapevine Cultivars using Irap and Remap Retrotransposon-based Markers.
- Khorramifar, A., Rasekh, M., Karami, H., Malaga-Toboła, U., & Gancarz, M. (2021). A Machine Learning Method for Classification and Identification of Potato Cultivars Based on the Reaction of MOS Type Sensor-Array. Sensors, 21(17), 5836.
- 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).
- Moosazadeh, R., M. Shoor, A. Tehranifar, G. H. Davarynejad, A. Mokhtaryan, 2012. Study on the Variation of Morphological and Phenological Traits of some Native Grape Cultivars of Razavi Khorasan. Small Fruits, 4: 57-72.
- Noorsal, E. "Development of Electronic Nose System Using Quartz Crystal Micro Balance Odour Sensor Array", M.Sc. Thesis, Universiti Sains Malaysia, 2005.
- 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.

Investigation of the possibility of detecting peach fruit cultivars by electronic nose

Amir Hossain Afkari Sayyah[1*]; Ali Khorramifar[2]; Hamed Karami[2]

[*1] Associate Professor, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

[2] Ph.D., Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

[*]Email Address: ahafkari@uma.ac.ir

Abstract

Introduction

Peach, as an edible fruit with an acceptable economic advantage, is mainly produced in the Mediterranean region and Central Asia and consumed all over the world. Flavor is one of the key factors in fruit quality, and it largely depends on the content of soluble sugars and organic acids. Sweetness, which is determined by the level of soluble sugars, is one of the main characteristics that affect consumer satisfaction. In the mature peach fruit, sucrose constitutes more than 54% of the total soluble sugars, which are mainly stored in the vacuole and occupy up to 90% of the total cell. However, the underlying mechanisms of sugar accumulation in peach fruit remain largely unknown.

The complexity of food odor makes it difficult to analyze them with conventional analytical techniques such as gas chromatography. However, sensory analysis by experts is a costly process and requires trained people who can only work for a relatively short period of time. 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 odor and fatigue is variable), time-consuming, high labor cost, adaptation of people (less sensitivity when exposed to odor for a long time). In addition, it cannot be used to evaluate dangerous odors. The purpose of this research was to evaluate the ability and accuracy of the electronic nose using chemometrics methods to detect and differentiate peach cultivars using their volatile compounds.

Methodology

First, 5 varieties of peaches were prepared. After preparing different varieties of peaches, first, the samples were placed in a closed container (sample compartment) for 1 day to saturate the space of the container with the aroma and smell of peach fruit, and then the sample compartments were used for data collection with an odor machine. In this research, the electronic nose made in the Biosystems Engineering Department of Mohaghegh Ardabili University was used. In this device, 9 metal oxide semiconductor (MOS) sensors with low power consumption are used, which are listed in Table1. 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 100 seconds to clean the sensors from the presence of odors and other gases. Then the smell of the sample was sucked from the sample chamber by the pump for 100 seconds and directed to the sensors, and finally, clean air was injected into the sensor chamber for 100 seconds to prepare the device for repetition and subsequent tests. 30 repetitions were considered for each sample.

The chemometrics method in this research, started with principal component analysis (PCA) to discover the output response of the sensors and reduce the dimension of the data. In the next step, linear discriminant analysis (LDA) was used to classify 5 peach cultivars. 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 highly correlated, positively or negatively.

Conclusion

The scores chart (Figure 2) showed that the total variance of the data is equal to PC-1 (89%) and PC-2 (7%), respectively, and the first two principal components account for 96% of the total variance of the normalized data. When the total variance is higher than 90%, 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 e-Nose has a good response to the smell of peaches and it is possible to distinguish peach cultivars, which shows the high accuracy of the electronic nose in identifying the smell of different products. The LDA method was also used to identify and distinguish peach cultivars based on the output response of the sensors. Unlike the PCA method, the LDA method can extract multi-sensor information to optimize the resolution between classes. Therefore, this method was used to detect 5 varieties of peach based on the output response of the sensors. The results of the identification of cultivars were equal to 90% (Figure 3). In this research, an olfactory machine with 9 metal oxide sensors was used to identify and differentiate peach cultivars using their scent. Chemometrics methods including PCA and LDA were used for qualitative and quantitative analysis of complex data from the electronic sensor arrays. PCA was used for data reduction and with two principal components PC1 and PC2, it described 96% of the variance of the data set and provided an initial classification, while LDA was able to accurately identify and classify grape cultivars. It became 90%. The scent machine has the ability to be used and exploited as a quick and non-destructive method to identify peach cultivars based on their smell. The use of this method in identifying peach cultivars will be very useful for consumers, especially processing units and food industries, in order to choose suitable cultivars.

Keywords

Electronic nose; Peach; Chemometrics; Cultivation Recognition