ارزیابی توانایی بینی الکترونیکی در تشخیص زمان رسیدگی گردو

امیرحسین افکاری سیاح [۱*]، حامد کرمی [۲] ، علی خرمی‌فر [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:۱۴۰۱/۰۵/۲۶ تاریخ پذیرش:۱۴۰۱/۰۸/۲۴

چکیده

گردو به عنوان یک محصول مهم هم از نظر اقتصادی و هم از نظر تجاری در سراسر جهان شناخته می‌شود. بو می‌تواند یکی از عوامل کلیدی در تشخیص زمان رسیدگی میوه باشد و این به محتوای ترکیبات شیمیایی میوه و همچنین پوست آن بستگی دارد. تردی و پوست‌کنی آسان از ویژگی های اصلی است که بر میزان رضایت مصرف کننده گردو تأثیر می گذارد. از طرفی پیچیدگی بوی مواد غذایی تحلیل آن‌ها را با تکنیک‌های تجزیه و تحلیل معمولی دشوار می‌سازد.. 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 بینی الکترونیکی با روش PCA و ANN برای تشخیص زمان رسیدگی گردو انجام شد. بر اساس نتایج به دست آمده از تحلیل PCA و ANN این روش قادر به تشخیص زمان رسیدگی گردو با دقت ۹۹ درصد بود.

کلمات کلیدی

"بینی الکترونیک"، "گردو"، "کمومتریکس"، "رسیدگی"

۱- مقدمه

گردو به عنوان یک محصول مهم اقتصادی و تجاری در سراسر جهان می‌باشد. بو می‌تواند یکی از عوامل کلیدی در تشخیص زمان رسیدگی میوه باشد و به محتوای ترکیبات شیمیایی میوه و پوست آن بستگی دارد. تردی و پوست‌کنی آسان از ویژگی های اصلی است که بر میزان رضایت مصرف کننده گردو تأثیر می گذارد. 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.از جمله از معایب بویایی انسان این است که در فرآیندهای کنترل کیفی محدود می‌باشد که به خاطر ذهنیت، تکرارپذیری کم ، زمان بر بودن، هزینه کار زیاد و سازگاری افراد می‌باشد. ضمنا برای ارزیابی گازهای خطرناک و سمی نمی‌تواند مورد ارزیابی قرار گیرند. از بینی الکترونیک در تحقیقات گسترده ای جهت شناسایی و طبقه بندی 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., 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). از دیگر موارد کاربرد دستگاه بویایی می‌توان به تعیین کیفیت پس از برداشت خیار با بینی الکترونیکی، تعیین کیفیت عسل، میزان و درجه کپک زدگی ذرت و بررسی شاخص‌های کیفی و میزان رسیدگی هلو اشاره نمود. همچنین Arun Jana و همکاران (۲۰۱۱) 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٪. همچنین Min Yee Lim و همکارن (۲۰۲۰) نیز با روش PCA و 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 طبقه بندی کنند. هدف از این تحقیق ارزیابی توانایی بینی الکترونیک با استفاده از روش‌های کمومتریکس بمنظور تشخیص زمان رسیدگی گردو به کمک ترکیبات فرار آن در طول دوره رسیدگی بود.

۲- روش انجام تحقیق

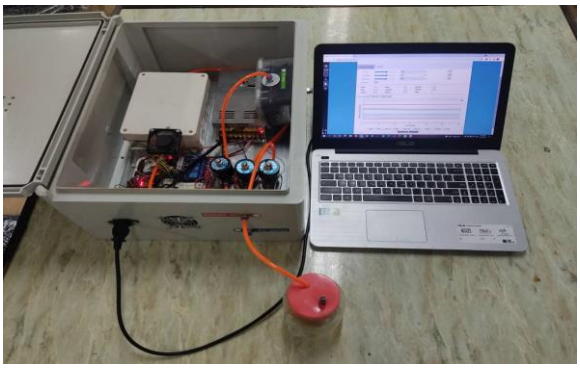
- **تهیه نمونه**

در هر دوره رسیدگی (شامل ۵ دوره رسیدگی و فواصل دوره‌ها بصورت یک هفته‌ای تعیین گردید)، نمونه‌های نارس گردو بعلاوه نمونه‌های

رسیده آن (در دوره آخر) که از یکی از باغات اطراف اردبیل (واقع در روستای شهریور) تهیه شد و با بینی الکترونیک داده‌برداری صورت گرفت.

- **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. داده برداری به این صورت است 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 ۲۰ تکرار در نظر گرفته شده است. با طی مراحل مذکور، ولتاژ خروجی سنسورها به خاطر قرار گرفتن در معرض گازهای متصاعد شده از نمونه (رایحه گردو) تغییر یافته و پاسخ بویایی آن‌ها بوسیله کارت‌های جمع‌آوری داده جمع‌آوری و ضبط شدند.



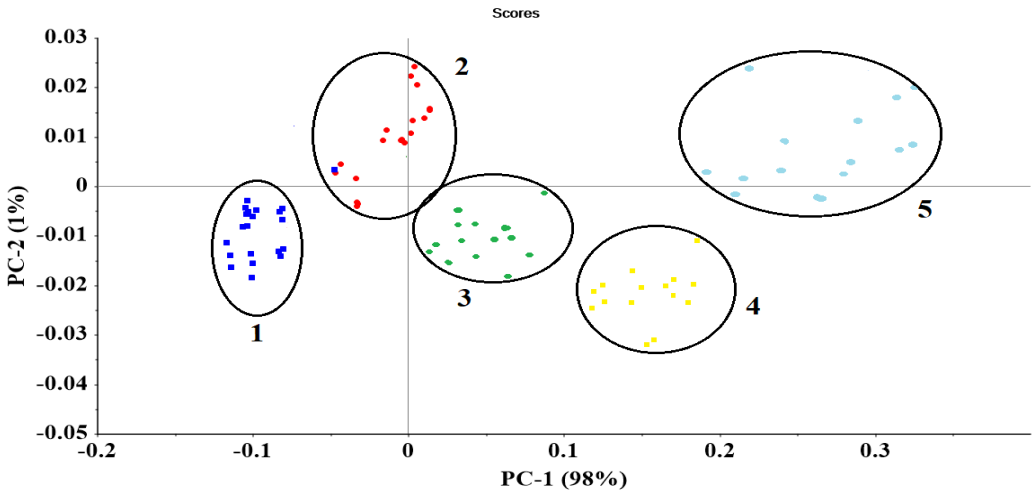
شکل ۱- سامانه ماشین بویایی مورد استفاده در تحقیق

- **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 خواهد شد. در مرحله بعدی برای طبقه بندی زمان رسیدگی گردو از تجزیه و تحلیل شبکه های عصبی مصنوعی (ANN) استفاده می‌شود.

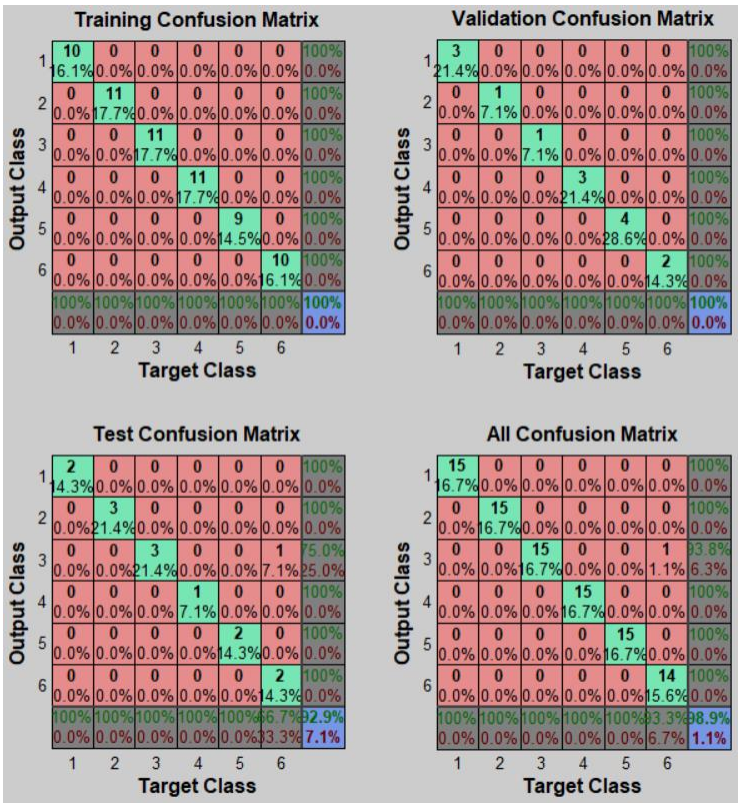
۳- نتایج

نمودار scores (شکل ۲) واریانس کل داده ها را به ترتیب برابر با PC-1 (98%) و PC-2 (1%) نشان داد و دو مولفه اصلی اول ۹۹٪ 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 زمان رسیدگی گردو

برای شناسایی و تمایز ارقام هلو بر اساس پاسخ خروجی حسگرها، از روش شبکه عصبی مصنوعی نیز استفاده شد. نتایج تشخیص زمان رسیدگی گردو به کمک شبکه عصبی مصنوعی برابر با ۹۹٪ به دست آمد (شکل ۳)، که دقت آن با روش PCA به یک اندازه بود.



شکل ۳- نتایج روش شبکه عصبی مصنوعی برای تشخیص زمان رسیدگی گردو

در پژوهشی 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 زمان رسیدگی گردو با استفاده از بوی آن‌ها مورد استفاده قرار گرفت. روش کمومتریکس از جمله PCA و ANN 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، ۹۹٪ واریانس مجموعه‌ی داده‌ها را توصیف کرد و یک طبقه بندی اولیه را ارائه داد، و همچنین شبکه عصبی مصنوعی قادر به شناسایی و طبقه بندی دقیق ارقام انگور با دقت ۹۹٪ شد. ماشین بویایی این توانایی را دارد که به عنوان روشی سریع و غیر مخرب جهت تشخیص زمان رسیدگی گردو از روی بوی آن‌ها، مورد استفاده و بهره برداری قرار گیرد. استفاده از این روش در شناسایی زمان برداشت مناسب برای باغداران و تولید کنندگان بویژه واحدهای فرآوری و صنایع غذایی 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).
- 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.
- Capanoglu, E. Ric, C. Robert, D. Boyacioglu, D.2013 .changes in polyphenol content during production of grape juice concentrate. Food chemistry 139: 521-526.
- 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.
- 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.
- Feng, L., Zhang, M., Bhandari, B., & Guo, Z. (2018). Determination of postharvest quality of cucumbers using nuclear magnetic resonance and electronic nose combined with chemometric methods. Food and Bioprocess Technology, 11(12), 2142-2152.
- 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.
- Huang, L., Liu, H., Zhang, B., & Wu, D. (2015). Application of electronic nose with multivariate analysis and sensor selection for botanical origin identification and quality determination of honey. Food and Bioprocess Technology
- 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.

- Yin, Y., Hao, Y., Yu, H., Liu, Y., & Hao, F. (2017). Detection potential of multi-features representation of E-nose data in classification of moldy maize samples. Food and Bioprocess Technology, 10(12), 2226-2239.
- 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.
- Zhang, H., Wang, J., Ye, S., & Chang, M. (2012). Application of electronic nose and statistical analysis to predict quality indices of peach. Food and Bioprocess Technology, 5(1), 65-72.

Evaluation ability of the electronic nose to detect the ripening time of walnuts

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

Walnut is an important economic and commercial product all over the world. The smell can be one of the key factors in determining the ripening time of the fruit and it depends on the content of the chemical compounds of the fruit and its skin. Crunchyness and easy peeling are the main features that affect the level of satisfaction of walnut consumers. 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 of the electronic nose using chemometrics methods to detect the ripening time of walnuts with the help of its volatile compounds during the ripening period.

Methodology

In each process of investigation (including 5 courses and intervals were determined as one week), premature walnut samples plus its ripe samples (in the last period) from one of the gardens around Ardebil (located in the village September) It was prepared and with an electronic data nose. In this study, the electronic nose was made in the Biosystem Engineering Department of Mohaghegh Ardebili University. The device uses 9 metal oxide semiconductor sensors (MOS) with low power consumption. The data is that the clean air was first passed through the sensor chamber for 150 seconds to clean the sensors from the smell and other gases. The sample smell was then sucked for 150 seconds by the pump from the sample chamber and directed to the sensors, and finally, clean air was injected into the sensor chamber for 150 seconds to prepare the device for recurring and subsequent tests. 20 repetitions are intended for each sample. During the above steps, the output voltage of the sensors was changed due to exposure to gases emitted from the sample (walnut aroma) and their smell response was collected and recorded by data collection cards. The Chemometrics method in this study will begin with the analysis of the main components (PCA) to discover the sensor output response and reduce the data dimension. The next step is to classify the time of walnut proceedings using artificial neural network analysis (ANN).

Conclusion

The scores chart (Figure 2) showed the total variance of the total data to PC-1 (98%) and PC-2 (1%), respectively, and the first two main components make up 99%of the total variance of normal data. When the total variance is above 90 %, it means that the first two PCSs are sufficient to explain the total variance. So it can be concluded that E-nose has a good response to peach smell and can be distinguished from peach figures, which indicates the high accuracy of the electronic nose in

identifying the smell of different products. These results are highly compatible with the results obtained by XU et al., In a study conducted on class 6 rice digits, the PCA method was 99.5% accurate. The artificial neural network method was also used to identify and differentiate peaches based on the output of the sensors. The results of the diagnosis of walnut proceedings were obtained by 99% (Figure 3), which was the same as the PCA method. Aimin Li and colleagues, using an electronic nose with GC-MS tests, identified Chinese maca (MacA) at macroscopic and microscopic levels, concluding that there was a direct relationship between the Maca smell and chemical compounds (LI ET AL, 2019). Min Yee Lim and colleagues also achieved good results with the PCA method (Lim et al, 2020). They used the electronic nose to grade the quality of the Chinese commercial mum and were able to classify their quality with 94.3% accuracy, with the results of their PCA method in accordance with our research results. Arun Jana et al. (Jana et al, 2011) also used the olfactory machine with Ann, PCA and LDA to detect aromatic and non-aromatic rice, with the accuracy of the results used for the methods used, respectively: 93%, 96.5% and 80%. The results of our research were far more accurate than this study, which could be due to the presence of different volatile compounds in grape leaves. In this study, an olfactory machine with 9 metal oxide sensors was used to handle walnuts using their smell. Chemometrics, including PCA and ANN, were used for qualitative and quantitative data analysis of electronic sensor arrays. PCA was used to reduce data and, with two main components of PC1 and PC2, described 99% of the variance of the data set and provided an initial classification, as well as the artificial neural network capable of identifying and accurately classifying grape figures with grape cultivars the accuracy was 99%. The olfactory machine has the ability to use and operate as a rapid and non -destructive way to detect walnuts from their smell. Using this method will be very useful in identifying proper harvesting time for gardeners and manufacturers, especially processing units and food industries.

Keywords
Electronic nose; Walnut; Chemometrics; Ripeness