

## Detection of different percentages of palm in corn oil with the help of an electric nose

Zahra Zangeneh Wandi<sup>1</sup>, Hossein Javadikia<sup>2\*</sup>, Nahid Aghili Nategh<sup>3</sup>, Leila Naderloo<sup>4</sup>

1. M.Sc. of Mechanical Engineering of Biosystems Department, Razi University, Kermanshah, Iran.
2. Associate professor of Mechanical Engineering of Biosystems Department, Razi University, Kermanshah, Iran. [pjavadikia@gmail.com](mailto:pjavadikia@gmail.com)
3. Assistant professor of Mechanical Engineering of Biosystems Department, Sonqor Agriculture Faculty, Razi University, Kermanshah, Iran.
4. Assistant professor of Mechanical Engineering of Biosystems Department, Razi University, Kermanshah, Iran.

**Introduction** The reason for using corn oil in the diet is its positive effects on the cardiovascular system and the immune system. Corn oil contains 99% triacylglycerol. It itself contains 59% unsaturated fatty acid, 24% unsaturated fatty acid contains a double bond and also contains 13% saturated fatty acid. For this reason, corn oil has a high amount of unsaturated fatty acids and can be a good alternative to saturated fatty acids. Because it reduces blood cholesterol and therefore is more important than other oils consumed. In this study, an electrical nasal system was used to detect the amount of palm in corn oil. The properties extracted from the signals obtained from the device were processed by principal component analysis, artificial neural network, infusion and response surface and the results were compared with each other to find the best method to detect the palm level in Specify the oil.

**Materials and Methods** the required palm oil was obtained from Nazgol Oil Agro-industrial Plant and corn oil was obtained from natural lubrication centers. To prepare samples with different percentages of palm, for each sample, 75 grams of palm oil and corn oil with the specified percentages were prepared and stored in special containers. Ten metal oxide semiconductor sensors (MOS) were used in the electrical nose system. Output data of sensors on which pre-processing operations were performed by RSM, ANFIS, PCA, ANN methods to estimate the percentage of palm in corn oil, using Unscrambler V. 9. Software, Design expert 8.07 1. And MATLAB R2013a were analyzed.

**Results and Discussion** According to the Score diagram, the principal components of PC-1 and PC-2 were 53% and 25%, respectively, which describes the amount of variance between the samples for a total of 78 total data. According to the obtained results, it can be seen that sensors 7 and 8 had little effect on the detection process and can be removed from the sensor array. When the cost of making the sensor array of the olfactory system needs to be reduced, sensor 6 has a greater role than other sensors in detecting corn oil with palm composition. According to the loading diagram of palm percentage in corn oil, MQ6 sensor had the least effect in classifying different percentages of palm in corn oil and pattern identification. According to the methods analyzed in this study, the RSM method is a more appropriate method for determining the percentage of palm in corn oil and also according to the amount of all functional parameters (accuracy, sensitivity and specificity) Regarding the separation of corn oil and palm oil by ANFIS, RSM and ANN, according to Table 3-1, we came to the conclusion that it is better to use RSM method in classifying corn and palm oil.

**Conclusion** In this study, to analyze the different aromatic compounds of different oil and palm samples, to detect the palm, an electronic nasal multi-sensor system based on metal oxide sensors was used. The created system provided comparable information for classifying different samples of different palm oils. Using PCA, ANN, ANFIS and RSM methods, we discussed the system performance to differentiate and classify different oil and palm samples. 1. The results obtained from loading diagrams for the detection of corn oil palm showed that in corn oil, the MQ6 sensor had the least effect on the detection process. The sensor that has the least role for corn oil can be removed from the sensor array. 2. It is better to use RSM method to detect different percentages of palm in corn oil.

**Keywords:** Fatty acid, fraud, Sensory evaluation

تشخیص درصدهای مختلف پالم در روغن ذرت به کمک بینی الکترونیکی (تشخیص تقلب)

## زهرا زنگنه‌وندی<sup>۱</sup>، حسین جوادی کیا<sup>۲\*</sup>، ناهید عقیلی ناطق<sup>۳</sup>، لیلا ندرلو<sup>۴</sup>

۱. کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه رازی، کرمانشاه
  ۲. دانشیار مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه رازی، کرمانشاه
  ۳. استادیار مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی سنقر، دانشگاه رازی،
  ۴. استادیار مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه رازی، کرمانشاه
- \*Corresponding Author's Email: [pjavadikia@gmail.com](mailto:pjavadikia@gmail.com)

### چکیده

روغن‌های جامد نباتی یا روغن‌هایی مثل پالم دارای اسید چرب اشباع بالا هستند، چنین روغن‌هایی می‌توانند باعث بالا رفتن چربی خون، افزایش کلسترول بدن و در نهایت موجب گرفتگی و انسداد عروق شوند. در این پژوهش از یک سامانه به منظور تشخیص میزان پالم در روغن ذرت استفاده شده که شامل ده حسگر نیمه هادی اکسید فلزی بود. ویژگی‌های استخراج شده از سیگنال‌های بدست‌آمده از بینی‌الکترونیکی با روش‌های تحلیل مولفه‌های اصلی، شبکه‌ی عصبی مصنوعی، انفیس و سطح پاسخ پردازش شدند. نمونه‌های مورد آزمایش شامل روغن ذرت خالص، روغن ذرت دارای ۲۵ درصد پالم، روغن ذرت ۵۰ درصد و روغن ذرت ۷۵ درصد است. براساس نتایج بدست‌آمده دقت طبقه‌بندی در روش‌های PCA، ANN، ANFIS و RSM به ترتیب برابر ۸۷، ۷۱/۹، ۹۳/۸ و ۹۶/۹ درصد است و باتوجه به این نتایج روش سطح پاسخ روشی مناسب‌تری برای تشخیص درصد پالم در روغن ذرت می‌باشد. با مدل ارائه شده می‌توان میزان روغن پالم بیش از حد مجاز استفاده شده را تشخیص داد.

**واژه‌های کلیدی:** اسید چرب، ارزیابی حسی، تقلب

### مقدمه

دلیل استفاده‌ی روغن ذرت در رژیم غذایی تأثیرات مثبت آن بر سیستم قلبی و عروقی و سیستم ایمنی بدن می‌باشد. روغن ذرت دارای ۹۹ درصد تری‌اسیل گلیسرول است. که خود این حاوی ۵۹ درصد اسید چرب غیر اشباع، ۲۴ درصد اسید غیر اشباع شامل یک باند مضاعف می‌باشد و همچنین دارای ۱۳ درصد اسید چرب اشباع می‌باشد. به همین دلیل روغن ذرت دارای مقدار بالایی اسید چرب غیر اشباع می‌باشد و می‌تواند جایگزین مناسبی برای اسیدهای چرب اشباع باشد. زیرا باعث کاهش کلسترول خون شده و به همین خاطر نسبت به سایر روغن‌های مصرفی اهمیت بالایی دارد (Mirmiran *et al.*, 2001). روغن‌ها بعد از غلات به عنوان دومین منبع تامین انرژی در تغذیه‌ی انسان مطرح می‌باشند و به دلیل ارزش غذایی بالا از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد (نیک‌مهر و همکاران ۱۳۹۵). روغن‌ها به جذب برخی ویتامین‌ها کمک می‌کند و برای رشد و نموی بافتی

ضروری هستند. مقدار و نوع چربی دریافتی تاثیر زیادی بر سلامت افراد جامعه دارد. وجود چربی‌های اشباع و ترانس در روغن‌ها خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی و عروقی را افزایش می‌دهد (Lupton, 2005).

روغن پالم روغنی خوراکی است که از میوه‌ی درخت نخل روغنی استخراج شده‌است. و به دلیل مصرف گسترده‌ی آن در صنایع غذایی باعث توجه زیاد به این روغن شده است. روغن پالم دارای نسبت‌های مساوی اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع است و به اندازه‌ی کافی دارای اسیدهای چرب اساسی می‌باشد. روغن پالم سرشار از اسید اولئیک و اسید پالمیتیک است اما تا زمانیکه محتوای چربی کل در سطح توصیه شده‌ی سازمان بهداشتی باشد روی لیپیدهای پلاسمای خون تاثیری نمی‌گذارد. در مالزی خواص فیزیکی و شیمیایی روغن پالم توسط مجامع علمی و طی چند مورد بررسی جامع، به دقت تعیین شده و نتایج آن تحت استاندارد MS 814 مالزی مورخ سال ۱۹۹۴ میلادی ثبت شده است (Berger, 1981; SiewChong, 1998).

اضافه کردن مواد افزودنی برای ماندگاری بیشتر محصولات و بالابردن راندمان از جمله مشکلات موجود در صنعت مواد غذایی است که در حال افزایش می‌باشد (Tawhidi *et al.*, 2016). حدود ۵۰ درصد از اسیدهای چرب روغن پالم را اسیدهای چرب اشباع تشکیل می‌دهند که باعث بالا رفتن کلسترول بد خون می‌شود که با افزایش آن خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی افزایش می‌یابد (RashidiBirmie, 2014). امروزه دانشمندان به اهمیت شناسایی و تعیین بو در بسیاری از زمینه‌ها دست یافتند. یکی از راه‌های شناسایی مواد شیمیایی در هوا استفاده از دستگاه‌های آزمایشگاهی بزرگ مانند کروماتوگرافی گازی (GC) و اسپکترومتری جرمی (MS) است، در حالی که این روش‌ها وقت گیر و پرهزینه است. این دلایل سبب پیدایش بینی الکتریکی شده است (Ghasemi-Varnamkhasti *et al.*, 2011).

بینی الکتریکی مجموعه از حسگرهاست که برای شناسایی دقیق بوهای پیچیده از محصولات کشاورزی و محصولات غذایی و مانند آن استفاده می‌شود. حسگرهای هوشمند بینی الکتریکی کار سیستم بویایی انسان را شبیه سازی می‌کند و گازهای فراری که متصاعد می‌شوند را بو می‌کند. ماشین بویایی از روش‌های جدید ارزیابی غیر مخرب مواد غذایی و محصولات کشاورزی است (Foroughi-Rad *et al.*, 2014).

در پژوهشی به بررسی مقدار پالم در کره به روش کروماتوگرافی پرداختند. در این پژوهش ۵،۰ تا ۵۰ درصد پالم به کره اضافه گردید. نتایج افزایش در اسید چرب غیر اشباع و کاهش در اسید چرب اشباع در اثر اضافه نمودن پالم را نشان داد (FeizyJahani, 2020). ایاری و همکاران نیز در سال ۱۳۹۶، کیفیت روغن حیوانی گاوی را با استفاده از ماشین بویایی، ارزیابی کردند. نتایج حاصل شده از تحقیقات نشان داد که سامانه بینی الکتریکی می‌تواند جایگزین مناسبی برای روش‌های پیچیده و زمان‌بر برای تعیین کیفیت روغن حیوانی و تعیین درجه خلوص آن باشد (Ayari *et al.*, 2020).

در پژوهش دیگری از یک بینی الکترونیکی برای شناسایی و تشخیص تقلب در روغن زیتون استفاده شد. سامانه مورد استفاده شامل ۱۲ حسگر نیمه هادی اکسید فلز بود که برای تولید الگو از ترکیبات فرار موجود در نمونه‌ها مورد استفاده قرار گرفت. روش نمونه‌گیری سیستم از نوع استاتیکی، سیستم تشخیص از نوع حسگرهای نیمه‌هادی اکسید فلز و سیستم پردازش داده شامل شبکه

عصبی مصنوعی بود. براساس نتایج تفکیک روغن تقلبی و غیر تقلبی به خوبی انجام گرفت. حتی دستگاه قادر به تعیین نوع روغن تقلبی نیز بود (Mildner-Szkudlarz-Jeleń, 2008).

در مطالعه‌ای دیگر به بررسی خواص بویایی روغن‌های پالم اولئین و پنبه‌دانه و مخلوط‌های گوناگون پرداختند. نتایج نشان داد بینی الکترونیکی مورد استفاده در این آزمایش با موفقیت درصد ترکیب اجزای تشکیل دهنده نمونه مجهول را بدست آورد (Seif Elahi, 2011).

تحقیقات گسترده‌ای توسط دستگاه بینی الکترونیکی برزیلی کیفیت و نظارت بر تخمیر غذاها و غیره صورت گرفته است (Sanaeifar et al., 2017).

در پژوهشی به کمک دستگاه بینی الکترونیکی بوی متضاد شده از شربت نیشکر مورد ارزیابی قرار گرفت و مقدار ساکاروز و درصد خلوص و قند تصفیه شده آن توسط خروجی‌های سه حسگر MQ3، MQ5، MQ9 و به کمک رگرسیون خطی چندگانه و شبکه عصبی مصنوعی مدل شد که عملکرد مدل شبکه عصبی با  $R2 = 0.96$  و  $RMSE = 0.33$  بهتر بود (Zaki Dizaji et al., 2021). از دستگاه بینی الکترونیکی برای ارتباط بوهای ساطع شده از انواع شربت نیشکر جهت تشخیص بهترین زمان برداشت استفاده شد. چهار گونه نیشکر (CP57، CP69، IRC99-02 و CP48) انتخاب شدند. از تجزیه و تحلیل تفکیک خطی (LDA)، تجزیه و تحلیل مولفه‌های اصلی (PCA) و شبکه‌های عصبی (ANN) در مدل سازی‌ها استفاده شد. نتایج نشان داد که هر سه روش دارای دقت بالایی در طبقه بندی تنوع هستند. اما روشهای LDA و PCA بهتر از روش ANN عمل کردند. به طوری که دقت طبقه بندی انواع نیشکر به ترتیب ۹۳/۳۳ درصد، ۹۷ درصد و ۹۶/۷ درصد بود (Adibzadeh et al., 2019).

در تحقیقی دیگر توسط دستگاه بینی الکترونیکی ۸ گونه گیاه ریحان شناسایی و درجه بندی شد. در این تحقیق ابتدا ترکیبهای اصلی تأثیرگذار اسانس ۸ گونه از گیاه ریحان استخراج شده و با استفاده از روشهای مرسوم دقیق آزمایشگاهی، نوع و درصد ترکیبات آنها مشخص شد. سپس درجه بندی این کلاسها با استفاده از دستگاه بینی الکترونیکی و توسط دو مؤلفه اصلی اول PCA مورد ارزیابی قرار گرفت. با استفاده از دو مؤلفه اصلی در این تحقیق میتوان ۸۸٪ واریانس داده‌ها را توجیه کرد. بررسی نتایج نشان داد دقت طبقه بندی توسط حسگر MQ135 حدود ۸۹٪ بود (Golchin et al., 2019).

در این تحقیق از یک سامانه بینی الکترونیکی برای تشخیص میزان پالم در روغن ذرت استفاده شده است. ویژگی‌های استخراج شده از سیگنال‌های بدست‌آمده از دستگاه با روش‌های تحلیل مولفه‌های اصلی، شبکه‌ی عصبی مصنوعی، انفیس و سطح پاسخ پردازش شدند و نتایج با یکدیگر مقایسه گردید تا بهترین روش جهت تشخیص میزان پالم در روغن مشخص گردد.

## مواد و روشها

### آماده سازی نمونه ها

روغن پالم مورد نیاز، از کارخانه‌ی کشت و صنعت روغن نازگل در کرمانشاه تهیه شد و روغن ذرت از مراکز روغن گیری طبیعی تهیه شد. برای آماده کردن نمونه‌ها با درصدهای مختلف پالم برای هر نمونه مقدار ۷۵ گرم روغن پالم و روغن ذرت با درصدهای تعیین شده در ظرف‌های مخصوص تهیه و نگهداری شد.



شکل ۱: نمونه‌های آماده شده جهت آزمایش

Fig.1. Samples prepared for testing

جدول ۱ نمونه‌های مورد آزمایش

Table .1. Test samples

ذرت (%)	پالم (%)	نمونه
Corn(%)	Palm(%)	Sample
75	25	1
50	50	2
25	75	3
100	0	4

## پیاده سازی سامانه بینای الکترونیک

در سامانه‌ی بینای الکترونیک استفاده شده از ده حسگر نیمه هادی اکسید فلزی (MOS) استفاده شد که تصویر واقعی این سیستم در شکل ۲ نشان داده شده است.

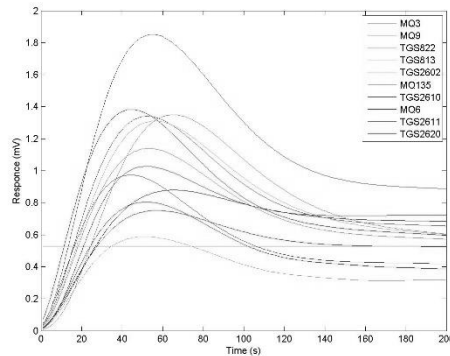


شکل ۲. نمای کلی سامانه بینای الکترونیک

**Fig.2.** Overview of electronic nose system

این سامانه شامل محفظه حسگرها، محفظه نمونه، یک میکرو پمپ، سه شیر سولنوئیدی ۲ راهه دو حالتی، سیستم جمع آوری داده (USB)، منبع تغذیه ۵ و ۱۲ ولتی، فیلتر هوای ورودی (کربن فعال) و رابط گرافیکی (LabVIEW 2014) می‌باشد. یکی از مراحل مهم انتخاب حسگرهای مناسب می‌باشد که با یک انتخاب درست تشخیص ترکیبات فرار به خوبی انجام می‌شود هم در هزینه صرفه جویی (DolemanLewis, 2001). به همین دلیل از ده حسگر ( TGS813, TGS2611, TGS2610, TGS2620, MQ135, MQ9, TGS2602, TGS822, MQ5, MQ3

سامانه‌ی مورد استفاده شامل سه مرحله‌ی کاری بود ۱- رسیدن به خط مبنا ۲- انتقال بوی نمونه به داخل محفظه‌ی حسگرها ۳- پاک شدن محفظه‌ی حسگرها از بوهای دیگر برای شروع داده برداری جدید و پاسخ حسگرها به صورت تغییرات ولتاژ مناسب با زمان ثبت گردید.



**شکل ۳.** پاسخ حسگر بینی الکترونیک به بوی نمونه

**Fig.3.** Electronic nasal sensor response to sample odor

مرحله‌ی اول و دوم ۱۰۰ ثانیه و مرحله‌ی سوم (پاکسازی) ۵۰ ثانیه طول کشید. که در مرحله‌ی اول هوای تازه با دبی ۶۰۰۰ سی سی بر دقیقه با عبور از میکرو پمپ خلأی و شیر سولنوئیدی ۱ وارد محفظه سنسورها شد و باعث پاکسازی فضای حسگرها شد تا تغییرات ولتاژی حسگرها به حالت پایدار برگردد. در این مرحله شیر سولنوئیدی ۲ بسته می‌شود و شیر سولنوئیدی ۳ باز می‌شود تا هوا خارج شود. در مرحله‌ی بعدی بوی نمونه به وسیله‌ی شیر سولنوئیدی ۲ و میکرو پمپ خلأی با دبی ۶۰۰۰ سی سی بر دقیقه وارد محفظه حسگرها می‌شود در این مرحله بخاطر افزایش غلظت در محفظه‌ی حسگرها ولتاژ خروجی حسگرها افزایش می‌یابد در مرحله‌ی دوم شیرهای سولنوئیدی ۱ و ۳ بسته می‌باشند. در مرحله ۳ شیرهای سولنوئیدی ۱ و ۳ باز می‌شوند و هوای فیلتر شده از طریق میکرو پمپ خلأی وارد محفظه حسگرها شده و بعد از پاکسازی محفظه‌ی حسگرها خارج می‌شود. که برای هر نمونه ۷ بار تکرار انجام شد و الگوی پاسخ‌ها به صورت فایل اکسل برای هر حسگر ذخیره می‌شود.

### پیش پردازش و آماده سازی داده های مستخرج از سیگنال‌های بینی الکترونیک

برای بدست آوردن ویژگی‌ها ابتدا باید پیش‌پردازشی بر روی داده‌های خروجی حسگرها انجام شود. دلیل پیش‌پردازش داده‌ها مشخص کردن پاسخ سنسورها و افزایش دقت در تحلیل الگوها است. از سه روش برای تصحیح خط مبنا استفاده شده که شامل روش اختلافی، کسری و نسبی صورت می‌گیرد (Kiani et al., 2018). در حسگرهای نیمه هادی اکسید فلزی از روش کسری برای تصحیح خط مبنا استفاده می‌گردد (Gutierrez-Osuna, 2002).

### تحلیل داده‌ها

داده‌های خروجی حسگرها که عملیات پیش‌پردازش بر روی آن‌ها انجام شد با روش‌های ANFIS, PCA, ANN, RSM برای تخمین درصد پالم در روغن ذرت، با استفاده از نرم افزار Unscrambler V. 9. 8.07.1 Design expert و MATLAB R2013a تحلیل شدند.

### تحلیل مؤلفه اصلی (PCA)<sup>۱</sup>

برای فشرده‌سازی داده‌های خطی و کاهش ابعاد داده‌ها استفاده می‌شود (Scott, et al., 2007). این روش یک تبدیل خطی متعامد در ریاضی نامیده می‌شود. که داده‌های خروجی را به یک دستگاه متخصات جدید می‌برد و به این داده‌های جدید که بدون همبستگی هستند مولفه‌های اصلی می‌گویند. طبقه‌بندی بر روی این نمونه‌ها انجام می‌شود به دلیل کم بودن متغیرهای اصلی کار تحلیل، توزیع و نمایش نمونه‌ها راحتتر انجام می‌شود.

### روش سطح پاسخ (RSM)<sup>۲</sup>

---

<sup>1</sup> . Principal Component Analysis  
<sup>2</sup> Response Surface Methodology

مجموعه‌ای از روش‌های ریاضی است که رابطه بین یک یا چند متغیر پاسخ را با چندین متغیر مستقل (مورد مطالعه) تعیین می‌کند این روش در سال ۱۹۵۱ توسط باکس و ویلسون معرفی شد، تا به امروز نیز از آن به عنوان یکی از ابزارهای طراحی آزمایش استفاده می‌گردد. کرمی و همکاران روش سطح پاسخ را به عنوان یک روش قابل قبول در مقایسه با روش‌های سنتی مدل‌سازی نشان داده است (Karami et al., 2016).

### شبکه عصبی مصنوعی (ANN)

این روش از پرکاربردترین روش‌ها برای داده کاوی هوشمند است. ایده‌ی این روش از نرون‌های عصبی مغز انسان توسط پیترز و مک کالاج در سال ۱۹۴۰ مطرح شد. یک سامانه‌ی پردازشی داده‌ها محسوب می‌شود و وظیفه‌ی پردازش داده‌ها را به عهده دارد که این کار توسط پردازنده‌های کوچک و بسیار زیاد (نرون‌های مصنوعی) انجام می‌شود و آن‌ها به صورت شبکه‌ای به هم پیوسته و موازی عمل می‌کنند تا مسئله را حل کنند و در این شبکه به کمک برنامه نویسی، ساختاری لایه‌ای طراحی می‌شود. (Neapolitan REX., 2012).

### روش عصبی-فازی (ANFIS)

نوعی شبکه عصبی مصنوعی است. این شیوه در اوایل ۱۹۹۰ ایجاد شده است از آنجایی که این سیستم، شبکه‌های عصبی و مفاهیم منطق فازی را یکی می‌کند، می‌تواند از امکانات هر دو آنها در یک قاب بهره برد. از این رو، ANFIS به عنوان یک برآورد جهانی مطرح شده است (Jang, 1991). عملکرد این روش به دو روش شبکه عصبی مصنوعی و منطق فازی بسیار شبیه می‌باشد. در هر دو روش مذکور، نهاد از لایه ورودی (توسط تابع عضویت ورودی) گذر کرده و سپس خروجی مدل در لایه خروجی (توسط تابع عضویت خروجی) به دست می‌آید. از آن جایی که در چنین مدل منطق فازی پیشرفته‌ای از شبکه عصبی استفاده شده است، با استفاده از یک الگوریتم یادگیری می‌توان پارامترها را تا آنجا که به جواب بهینه دست یافت، تغییر داد. در حقیقت در این روش منطق فازی با استفاده از قابلیت‌های شبکه عصبی پارامترهای خود را تنظیم می‌نماید.

## نتایج و بحث

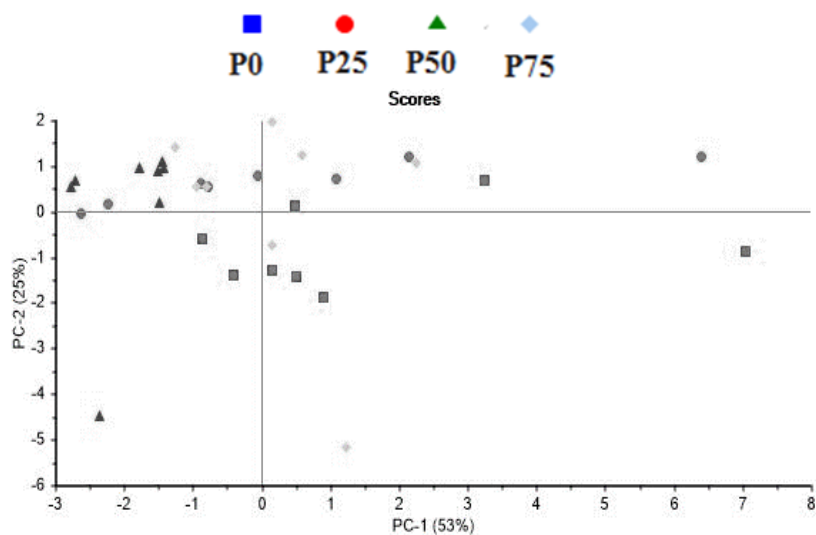
### تشخیص درصد پالم در روغن ذرت با استفاده از بینی الکترونیک

تعداد مولفه‌های استخراج شده در هر مدل برابر است با تعداد متغیرهایی که بررسی می‌شوند. اما می‌توان تعداد مشخصی از این مولفه‌ها را انتخاب نمود. معمولاً دو یا سه مولفه اول مقدار قابل توجهی از پراکندگی داده‌ها را در نظر می‌گیرد. بنابراین انتخاب دو یا سه مولفه اول برای ادامه کار کفایت می‌کند (Ghasemi-Varnamkhasti et al., 2015).



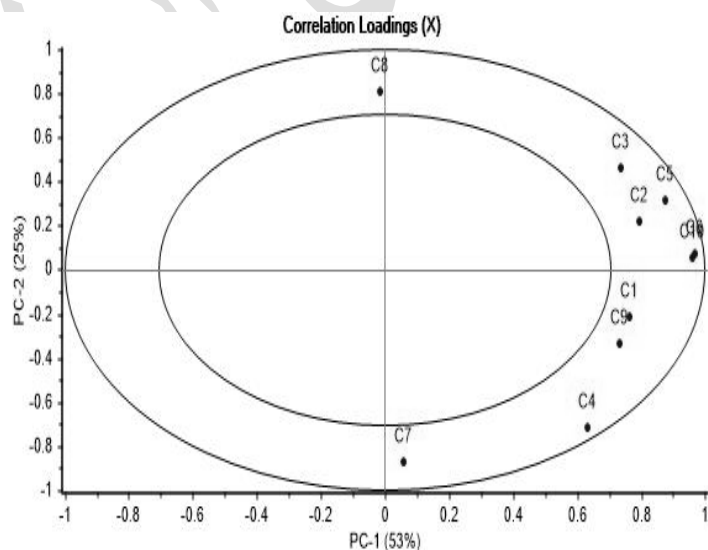
با توجه به نمودار اسکور مؤلفه های اصلی شکل ۴ مؤلفه ی اصلی PC-1 و PC-2 به ترتیب ۵۳ و ۲۵ درصد بودند که مقدار واریانس بین نمونه ها در مجموع ۷۸ کل داده ها را توصیف می کند

با توجه به نتایج بدست آمده شکل ۵ مشاهده می شود که حسگر های MQ6 و TGS2610 تأثیر کمی در فرایند تشخیص داشتند می توان آنها را از آرایه حسگری حذف کرد. زمانی که نیاز است تا هزینه ساخت آرایه حسگری سامانه ماشین بویایی کاهش یابد حسگر شماره ۶ در مقایسه با دیگر حسگرها نقش بیشتری در تشخیص روغن ذرت با ترکیب پالم دارد.



شکل ۴. نمودار اسکور درصد پالم در روغن ذرت

Fig.4. Score chart of the percentage of palm in corn oil



شکل ۵. نمودار لودینگ درصد پالم در روغن ذرت

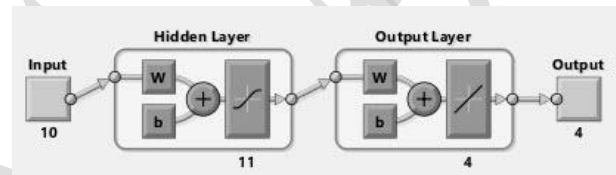
Fig.5. Palm loading chart in corn oil

C1      C2      C3      C4      C5      C6      C7      C8      C9      C10

در تحقیقی مشابه مارینا و همکاران از یک سامانه بینایی الکترونیک بر پایه حسگرهای صوتی موج سطحی و روش مولفه‌های اصلی برای تشخیص تقلب در روغن نارگیل استفاده کردند. نمونه‌های تقلبی و روغن نارگیل خالص در دسته‌های مجزایی و با دقت ۷۴ درصد برای مولفه اول و ۱۷ درصد برای مولفه دوم و در مجموع کل ۹۱ درصد قابل تشخیص بودند (Marina et al., 2010).

### با استفاده از شبکه عصبی

الگوریتم پرسپترون چندلایه پس انتشار برای طبقه بندی و تشخیص درصد‌های مختلف پالم در روغن ذرت با استفاده از داده های حاصل از بینایی الکترونیک به عنوان ورودی شبکه، استفاده شد. به منظور طبقه بندی، شبکه ای شامل یک لایه ورودی، یک لایه پنهان و یک لایه خروجی استفاده گردید. تابع فعال سازی تانژانت هیپربولیک برای لایه پنهان استفاده گردید. تعداد نرونها در لایه پنهان معمولاً از طریق سعی و خطا تعیین میگردد. تعداد نرونهای لایه ورودی برابر تعداد ویژگی های استخراج شده از بینایی الکترونیک ۱۰ عدد است و تعداد نرون های لایه خروجی برای تشخیص درصد‌های مختلف پالم ۴ می باشد. در شبکه طراحی شده، نرخ یادگیری ۰/۰۲ استفاده شد. لازم به ذکر است که از ۷۵٪ داده‌ها برای آموزش شبکه و از ۲۵٪ باقیمانده برای ارزیابی نهایی استفاده گردید.



شکل ۶. ساختار کلی مدل ANN برای تخمین عملکرد روغن ذرت

Fig.6. General structure of ANN model for estimating corn oil yield

با توجه به شکل ۷، ماتریس اغتشاش حاصل از شبکه عصبی نمونه روغن ذرت خالص را با دقت ۱۰۰ درصد شناسایی کرده است در ماتریس اغتشاش دقت طبقه بندی برای نمونه ۲ (روغن ذرت دارای پالم ۲۵ درصد) ۷۰ درصد تشخیص و در نمونه ۳ که روغن ذرت دارای پالم ۵۰ درصد است، دقت طبقه بندی برابر ۲۵ درصد است و نمونه‌ی ۴ که شامل ذرت با پالم ۷۵ درصد است با دقت ۸۷/۵ تشخیص داده شده است و در مجموع دقت طبقه بندی برای نمونه روغن ذرت با درصد‌های مختلف پالم در تحلیل به روش شبکه عصبی برابر با ۷۱/۹ درصد است.

	1	2	3	4	
1	8 25.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	100.0% 0.0%
2	0 0.0%	6 18.8%	0 0.0%	2 6.3%	75.0% 25.0%
3	0 0.0%	3 9.4%	2 6.3%	3 9.4%	25.0% 75.0%
4	1 3.1%	0 0.0%	0 0.0%	7 21.9%	87.5% 12.5%
	88.9% 11.1%	66.7% 33.3%	100% 0.0%	58.3% 41.7%	71.9% 28.1%
	1	2	3	4	

**شکل ۷.** ماتریس اغتشاش تشخیص درصد پالم به کمک شبکه عصبی با استفاده از داده های بینی الکترونیک

**Fig.7.** Turbulence matrix detects palm percentage using neural network using electronic nose data

ضریب رگرسیون داده های آموزش ۰/۷۹۱۵۳، اعتبارسنجی ۰/۶۳۸۵۱، آزمایش ۰/۳۷۶۴۶ و در انتها میزان ضریب رگرسیون کل برابر با ۰/۶۷۵۱۳ بدست آمد. بهترین عملکرد اعتبارسنجی در اپوک ۲ با مقدار  $MSE=0.12086$  بدست آمد. های وانگ با استفاده از یک بینی الکترونیک مجهز به ۱۰ حسگر نیمه هادی اکسید فلزی تقلبی و یا غیر تقلبی بودن روغن دانه ای کاملیا و روغن کنجد را بررسی کردند. آن ها گزارش دادند که تحلیل مولفه ای اصلی در تشخیص اصالت روغن کاملیا موثر واقع نمی شود اما در مورد روغن کنجد روش مناسبی است و این درحالی است که تحلیل تفکیک خطی قادر به تشخیص اصالت هر دو نوع روغن است. که تشخیص اصالت روغن با استفاده از شبکه ای عصبی برای روغن کاملیا ۸۳/۶ و برای روغن کنجد ۹۴/۵ تعیین کردند (HaiWang, 2006).

#### با استفاده از انفیس

نتایج آنالیز برای تشخیص درصد پالم در روغن ذرت توسط ANFIS در شکل ۸ آورده شده است. در روش ANFIS تابع فعال سازی هیبرید برای لایه ی پنهان استفاده شد. تعداد نرون های لایه ی پنهان از روش آزمون و خطا تعیین شد. تعداد نرون های لایه ی ورودی برای تعداد پارامترهای استخراج شده از دستگاه بینی الکترونیک ۱۰ و تعداد نرون های لایه خروجی برای تشخیص درصددهی مختلف پالم ۴ می باشد.

**Confusion Matrix**

Output Class	1	2	3	4	
1	8 25.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	100% 0.0%
2	0 0.0%	8 25.0%	0 0.0%	1 3.1%	88.9% 11.1%
3	0 0.0%	0 0.0%	7 21.9%	0 0.0%	100% 0.0%
4	0 0.0%	0 0.0%	1 3.1%	7 21.9%	87.5% 12.5%
	100% 0.0%	100% 0.0%	87.5% 12.5%	87.5% 12.5%	93.8% 6.3%
	1	2	3	4	
	Target Class				

**شکل ۸.** ماتریس اغتشاش روش ANFIS برای روغن ذرت

**Fig.8.** ANFIS method perturbation matrix for corn oil

نتایج بدست آمده باتوجه به شکل 8 نشان می‌دهد که در ماتریس اغتشاش دقت طبقه بندی برای نمونه اول که مربوط به روغن ذرت خالص است 100 درصد می‌باشد. اما دقت طبقه بندی صحیح در نمونه‌های دوم (روغن ذرت دارای پالم ۲۵ درصد) ۸۸/۹ درصد و در نمونه سوم (روغن ذرت دارای پالم ۵۰ درصد) با دقت طبقه بندی ۱۰۰ درصد و نمونه چهارم (روغن ذرت دارای پالم ۷۵ درصد) ۸۷/۵ درصد بدست آمد. همچنین بطور کلی نمونه‌ها با دقت ۹۳/۸ درصد طبقه بندی شد.

### با استفاده از شبکه RSM

نتایج آنالیز برای تشخیص درصد پالم در روغن ذرت توسط RSM در شکل ۹ نشان داده شده است. با توجه به نتایج حاصل از تحلیل به روش RSM نشان می‌دهد که در ماتریس اغتشاش دقت طبقه بندی برای نمونه اول، نمونه دوم و چهارم ۱۰۰ درصد می‌باشد. اما دقت طبقه بندی در نمونه سوم ۸۸/۹ درصد بدست آمد. همچنین بطور کلی نمونه‌ها با دقت ۹۶/۹ درصد طبقه بندی شد.

**Confusion Matrix**

Output Class	1	2	3	4	
1	8 25.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	100% 0.0%
2	0 0.0%	7 21.9%	0 0.0%	0 0.0%	100% 0.0%
3	0 0.0%	1 3.1%	8 25.0%	0 0.0%	88.9% 11.1%
4	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	8 25.0%	100% 0.0%
	100% 0.0%	87.5% 12.5%	100% 0.0%	100% 0.0%	96.9% 3.1%
	1	2	3	4	
	Target Class				

شکل ۹. نتایج حاصل از تحلیل به روش RSM برای روغن ذرت

Fig.9. Results of RSM analysis for corn oil

با توجه به روش های تحلیل شده در این پژوهش نشان می‌دهد که روش سطح پاسخ روش مناسب‌تری برای تشخیص درصد پالم در روغن ذرت می‌باشد و همچنین با توجه به مقدار همه پارامترهای عملکردی (دقت، حساسیت و ویژگی) (ChiccoJurman, 2020) مربوط به تفکیک ترکیب روغن ذرت با پالم توسط ANFIS ، RSM و ANN با توجه به جدول ۱-۳ به این نتیجه رسیدیم که در طبقه بندی روغن ذرت و پالم بهتر است از روش RSM استفاده شود.

### جدول ۲. تحلیل عملکرد سیستم‌های دسته بندی برای روغن ذرت

Table.2. Performance analysis of classification systems for corn oil

ذرت	درصد	حساسیت	ویژگی	دقت
Corn	Percentage	allergy	Property	Accuracy
ANFIS	0	1	0.95	1
	25	0.63	1	0.89
	50	0.88	0.86	1
	75	0.75	0.91	0.88
ANN	0	1	0.95	0.89
	25	0.63	1	1
	50	0.88	0.86	0.75
	75	0.75	0.91	0.75
RSM	0	1	1	1
	25	0.88	1	1
	50	1	0.96	0.89
	75	1	1	1

به طور خلاصه در این تحقیق از سه تکنیک ANN و ANFIS و RSM به کمک خروجی های دستگاه بینی الکترونیکی استفاده شد که بهترین مدل ۹۶/۹ درصد دقت تشخیص داشت و قادر بود ناخالصی های روغن ذرت توسط روغن پالم را با نسبت های صفر، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد تشخیص دهد در صورتی که در بررسی های انجام شده پژوهشی بر روی میزان پالم در روغن ذرت و روغن های دیگر به کمک دستگاه بینی الکترونیکی صورت نگرفته است. با این وجود در تحقیقی که جهت تشخیص تقلب در روغن حیوانی گاوی صورت گرفت درصد های مختلفی از ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درصد روغن نباتی و روغن دنبه به روغن حیوانی اضافه شد و توسط دستگاه بینی الکترونیکی و تکنیک های QDA و PCA مدلی استخراج شد که دقت آنها به ترتیب برای ناخالصی روغن نباتی ۹۵/۲۴ و برای ناخالصی روغن دنبه ۹۷/۱۵ بود (Ayari et al., 2020). در این تحقیق حسگر MQ135 کمترین تاثیر را داشت. در تحقیق دیگر که برای تشخیص تقلب در روغن زیتون با ناخالصی روغن فندق صورت گرفت از تکنیک بینی الکترونیکی و PCA استفاده شد و توانست کیفیت روغن زیتون را به خوبی تشخیص دهد (Mildner-SzkudlarzJeleń, 2008).

### نتیجه گیری

در این پژوهش جهت تحلیل ترکیبات معطر متفاوت نمونه های مختلف روغن و پالم، به جهت تشخیص پالم از سامانه چند حسگری بینی الکترونیکی بر پایه حسگرهای اکسید فلزی استفاده گردید. سامانه ایجاد شده اطلاعات قابل مقایسه ای را برای

طبقه‌بندی نمونه‌های روغن ذرت با پالم فراهم کرد. با استفاده از روش‌های PCA، ANN، ANFIS و RSM عملکرد سامانه برای تمایز و طبقه‌بندی نمونه‌های روغن ذرت و پالم مورد بحث و بررسی قرار گرفت.

۱. نتایج بدست آمده از نمودار لودینگ برای تشخیص پالم در روغن ذرت نشان داد در روغن ذرت حسگر MQ6 و

TGS2610 کمترین تاثیر در فرایند تشخیص را داشتند.

۲. برای تشخیص درصد‌های مختلف پالم در روغن ذرت بهتر است از روش RSM استفاده کرد.

## REFERENCES

- Adibzadeh, A. and H. Z. Dizaji and N. A. Nategh. 2019. Feasibility of Detecting Sugarcane Varieties by Electronic Nose Technique in Sugarcane Syrup. *Iranian Journal of Biosystem Engineering* 51: 1-10.
- Ayari, F., E. Mirzaee-Ghaleh, H. Rabbani and K. Heidarbeigi. 2020. Implementation of a Machine Olfaction for the Detection of Adulteration in Cow Ghee. 10: 129-139.
- Berger, K. G. 1981. Food uses of palm oil.: 1-27.
- Chicco, D. and G. Jurman. 2020. The advantages of the Matthews correlation coefficient (MCC) over F1 score and accuracy in binary classification evaluation. *BMC Genomics*. 21: 6-1-6-13.
- Doleman, B. J. and N. S. Lewis. 2001. Comparison of odor detection thresholds and odor discriminabilities of a conducting polymer composite electronic nose versus mammalian olfaction. *Sensors and Actuators B: Chemical* 72: 41-50.
- Feizy, J. and M. Jahani. 2020. A chromatographic method for detection of palm oil in butter. *Journal of Food and Bioprocess Engineering* 3: 47-52.
- Foroughi-Rad, A., S.-S. Mohtasebi, M. Ghasemi and M. Omid. 2014. Nondestructive quality evaluation of Abbot Kiwifruit using electronic nose. *Iranian Journal of Biosystems Engineering* 45: 1-9.
- Ghasemi-Varnamkhasti, M., S. S. Mohtasebi, M. Siadat, H. Ahmadi and S. H. Razavi. 2015. From simple classification methods to machine learning for the binary discrimination of beers using electronic nose data. *Engineering in Agriculture, Environment and Food* 8: 44-51.
- Ghasemi-Varnamkhasti, M., S. S. Mohtasebi, M. Siadat, J. Lozano, H. Ahmadi, S. H. Razavi and A. Dicko. 2011. Aging fingerprint characterization of beer using electronic nose. *Sensors and Actuators B: Chemical* 159: 51-59.
- Golchin, A., H. ZakiDizaji, M. M. Surestani and M. E. K. Fardevani. 2019. The Electronic Nose Technique for Nondestructive clustering of Basil as a Medicinal Plant. *Non-destructive testing technology* 2.
- Gutierrez-Osuna, R. 2002. Pattern analysis for machine olfaction: a review. *IEEE Sensors Journal* 2: 189-202.
- Hai, Z. and J. Wang. 2006. Detection of adulteration in camellia seed oil and sesame oil using an electronic nose. *European Journal of Lipid Science and Technology* 108: 116-124.
- Jang, J.-S. R. 1991. Fuzz Modeling Using Generalized Neural Networks and Kalman Filter Algorithm in Proceedings of the 9th National Conference on Artificial Intelligence. Anaheim, CA, USA.
- Karami, H. R. and M. Keyhani and D. Mowla. 2016. Experimental analysis of drag reduction in the pipelines with response surface methodology. *Journal of Petroleum Science and Engineering* 138: 104-112.
- Kiani, S. and S. Minaei and M. Ghasemi-Varnamkhasti. 2018. Real-time aroma monitoring of mint (*Mentha spicata* L.) leaves during the drying process using electronic nose system. *Measurement* 124: 447-452.

- Lupton, J.-R. 2005. For Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids. Washington, DC: USGovernment Printing Office: Institute of Medicine. Report no.
- Marina, A. M. and Y. B. Che Man and I. Amin. 2010. Use of the SAW Sensor Electronic Nose for Detecting the Adulteration of Virgin Coconut Oil with RBD Palm Kernel Olein. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 87: 263-270.
- Mildner-Szkudlarz, S. and H. H. Jeleń. 2008. The potential of different techniques for volatile compounds analysis coupled with PCA for the detection of the adulteration of olive oil with hazelnut oil. *Food Chemistry* 110: 751-761.
- Mirmiran, P., F. Shideh, A. Aminpour and F. Raei. 2001. The effect of corn oil on the metabolism of laboratory mice. *Research in medicine* 25: 43-46.
- Neapolitan RE and J. X. 2012. Contemporary artificial intelligence. Boca Raton. Fla: CRC.
- Rashidi, H. and M. Birmie. 2014. Palm oil: benefits and harms. in Third National Conference on Food Science and Industry, Quchan.
- Sanaeifar, A., H. ZakiDizaji, A. Jafari and M. d. l. Guardia. 2017. Early detection of contamination and defect in foodstuffs by electronic nose: A review. *TrAC Trends in Analytical Chemistry* 97: 257-271.
- Seif Elahi, F. 2011. Investigation of olfactory properties of palm olein and cottonseed oils and their various mixtures. *IRANIAN CHEMICAL ENGINEERING JOURNAL* 10: 16-22.
- Siew, W. L. and C. L. Chong. 1998. Phase transition of crystals in palm olein. *PORIM Report* PO 283: 1-71.
- Tawhidi, M., M. Ghasemi-Vernamkhasti, V. GhaffariNia, S.-S. Mohtasbi and M. Bonyadian. 2016. Fabrication and development of a machine olfaction system combined with pattern recognition techniques for detecting formalin adulteration in raw milk. *Iranian Journal of Biosystem Engineering* 47: 761-770.
- Zaki Dizaji, H. and A. Adibzadeh and N. Aghili Nategh. 2021. Application of E-nose technique to predict sugarcane syrup quality based on purity and refined sugar percentage. *Journal of Food Science and Technology* 58: 4149-4156.