استفاده از سامانه بویایی در تشخیص تازگی گوشت مرغ

فردین ایاری[۱]، اسماعیل میرزائی قلعه*[۲]، امین طاهری گراوند[۳]، سجاد حیدری[۴]

[۱]کارشناسی ارشد، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه رازی؛ fardinayari@gmail.com
[۲]استادیار ، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه رازی؛ e.mirzaee@razi.ac.ir
[۳]استادیار، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه لرستان؛ taheri.am@lu.ac.ir
[۴] دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه رازی، sajad_heideri@yahoo.com

چکیده

گوشت منبع اصلی تأمین پروتئین حیوانی مورد نیاز بدن انسان است. اهمیت پروتئین به‌عنوان یکی از چهار ماده غذایی ضروری در رژیم غذایی انسان، ناشی از وجود درصد قابل توجهی اسیدهای آمینه در ترکیبات آن است.گوشت مرغ به این دلیل که سالم تر بوده و منبع ارزانی برای تامین پروتئین حیوانی است، مصرف بالایی در جوامع بشری دارد و تازگی مهمترین مشخصه کیفی گوشت مرغ محسوب می‌شود. در این پژوهش، یک سامانه‌ی قابل حمل ماشین بویایی بر پایه هشت حسگر نیمه‌هادی اکسید فلزی برای تشخیص تازگی گوشت مرغ مورد بررسی قرار گرفت. ویژگی‌ها از سیگنال پاسخ حسگرها به ترکیبات فرار و معطر انواع نمونه ها، استخراج و به‌عنوان ورودی مدل تشخیص الگو استفاده شد. بدین ترتیب که از نمونه های گوشت مرغ تازه و گوشت مرغ منجمد به مدت ۵ روز متوالی استفاده شد. برای هر نمونه آزمایش مقدار ۱۰ گرم گوشت مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج حاصل از آنالیز مؤلفه‌های اصلی نشان داد که مجموع واریانس دو مؤلفه‌ی اصلی PC1 و PC2 به ترتیب برابر ۹۹ و۹۴درصد برای تشخیص تازگی گوشت مرغ تازه و گوشت مرغ منجمد بود. همچنین نمودارهای لودینگ و رادار نشان داد که بوی گوشت مرغ بیش‌ترین و کم‌ترین تأثیر را به ترتیب بر روی حسگرMQ136 و حسگر TGS822 داشت.

کلمات کلیدی: تازگی، گوشت مرغ، ماشین بویایی.

Using of olfactory system for detecting the freshness of chicken meat

Fardin Ayari[1], Esmaeil Mirzaee- Ghaleh[2], Amin Taheri -Garavand[3], Sajad Heideri[4]
1.Fardinayari@gmail.com
2. e.mirzaee@razi.ac.ir
3. taheri.am@lu.ac.ir
4. sajad_heideri@yahoo.com

ABSTRACT

Meat is the main source of animal protein that is need for the human body. The importance of protein as one of the four essential nutrients in a human diet is due to the presence of a significant percentage of amino acids in its compounds. Chicken meat because it is healthier and cheap source for supplying animal protein, has high consumption in human societies. Freshness is the most important qualitative feature of chicken meat. In this paper, a portable olfactory machine based on eight semiconductor metal oxide sensors was used for detecting the freshness of chicken meat. The feature was extracted from the signal response of the sensors to the volatile and aromatic compounds of the samples, and was used as input to the pattern recognition model. Fresh chicken and thawedchicken specimens were used for 5 days. For each test sample, 10 g of meat was tested. The results of the main components analysis showed that the sum of variance of the two components of PC1 and PC2 were 99 and 94% for the detection of fresh and thawed meat, respectively.

* اسماعیل میرزائی قلعه، استادیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه رازی ۰۸۳۳۸۳۳۱۶۶۲- e.mirzaee@razi.ac.ir

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران

Also, loading and radar charts showed that the odor of chicken meat had the highest and lowest impact on the MQ136 and the TGS822 sensors, respectively.

Keywords: Chicken meat, Freshness, Olfactory machine

۱-مقدمه

گوشت منبع اصلی تأمین پروتئین حیوانی مورد نیاز بدن انسان است. اهمیت پروتئین به‌عنوان یکی از چهار ماده غذایی ضروری در رژیم غذایی انسان، ناشی از وجود درصد قابل توجهی اسیدهای آمینه در ترکیبات آن است (Shibani Tazarji, 2015). در میان انواع مختلف گوشت، گوشت مرغ با مصرف سالانه درحدود۳۰ کیلوگرم برای هر نفر، دومین میزان مصرف را بعد از گوشت خوک در جهان دارد (بیش از ۷۵ میلیون تن در سال). دلایل متعددی برای بیان موفقیت گوشت مرغ وجود دارد: از جمله این‌که ارزان تر بوده، گوشت سفید سالم تر از گوشت قرمز به نظر می-رسد، مرغ‌ها سریع‌تر رشد می‌کنند، طعم ساده آن باعث می‌شود که در کشورها و فرهنگ‌های مختلف قابل قبول باشد و در وعده‌های غذایی آماده به‌عنوان منبع ارزان پروتئین بکار رود. با این حال گوشت مرغ همچنین دارای معایب زیر است: عمر مفید نسبتاً کوتاه، به علاوه وجود باکتری که از میکروفلور اصلی و شرایط آماده کردن گوشت به دست آمده است. کهنگی گوشت، علاوه بر تولید سطوح بالای بیوژنیک آمین‌ها، اغلب همراه با سموم میکروبی و متابولیسم‌ها که ممکن است مواد غذایی ناسالم برای مصرف، صرف نظر از هرگونه عوارض سمی وجود بیوژنیک آمین‌ها، تحویل دهد (Salinas et al., 2012).

فساد گوشت مرغ زمانی اتفاق می‌افتد که غذا برای مصرف انسان به دلیل تغییرات ارگانولیپتیک، شامل تغییرات در ظاهر (لزج شدن، تغییر رنگ) و یا توسعه خارج از بو و یا خارج از مزه مشاهده شده است (Salinas et al., 2012). تازگی گوشت موضوع پیچیده‌ای است که فرآیندهای بیولوژیکی بسیاری وابسته به زمان فساد، شرایط بسته بندی، بارگیری میکروبی، رطوبت و غیره اتفاق می‌افتد. بخصوص درمورد گوشت مرغ، فساد در دمای یخچالی، عمدتاً به فراورده‌های میکروبی، نه فرآورده‌های اتولیتیکی[1]ناشی از این بافت نسبت داده شده است (Salinas et al., 2012). در حقیقت، نگرانی مصرف کنندگان درمورد تازگی گوشت مرغ دائماً در حال افزایش است. از این رو، از روش‌های قابل اعتماد ساده برای استفاده و برای ارزیابی تازگی گوشت مرغ و یا کیفیت میکروبیولوژیکی هر دو مصرف کنندگان و صنعت گوشت بهره خواهند برد (Salinas et al., 2012).

روش‌های تحلیل رایج مانند فناوری‌های تحلیلی مرسوم: گاز‌کروماتوگرافی (GC[2]) کروماتوگرافی مایع عملکرد بالا (HPLC[3]) و غیره که خصوصیات بوی هر ماده را تعیین می‌کنند، مشکلاتی مانند هزینه بالا، نیاز به افرادی با دانش به عملکرد این ابزارها، آماده سازی پرزحمت نمونه‌ها و زمان طولانی برای تحلیل دارند. این معایب منجر به توسعه سیستم بینی الکترونیکی[4]یا ماشین بویایی[5]شده است (Gram et al., 2002). با توجه به اهمیت تشخیص گوشت مرغ تازه از نوع منجمد آن بخاطر ارزش متفاوت اقتصادی و غذایی آن‌ها، از این رو ضرورت دارد تا از روش‌هایی که معایب مطرح شده در روش‌های فوق را نداشته باشد استفاده کرد. با توجه به بررسی‌های انجام گرفته در منابع قابل دسترس تاکنون تحقیقی مبنی بر طبقه‌بندی گوشت مرغ تازه و گوشت مرغ منجمد با استفاده از ماشین بویایی صورت نگرفته است، لذا در مطالعه حاضر از روش مذکور برای تعیین تازگی گوشت مرغ استفاده می‌شود.

اجزای اصلی سامانه ماشین بویایی شامل سامانه دریافت نمونه، حسگرهای گازی، سامانه داده برداری و سیستم رایانه‌ای می‌باشد. در این بخش یک سامانه بویایی برای آشکار سازی گازهای فرار از گوشت مرغ مد نظر است. این سامانه مبتنی بر حسگرهای نیمه‌هادی اکسید فلزی (MOS) پیاده‌سازی شده است. در سامانه ماشین بویایی حاضر ۸ حسگر نیمه‌هادی اکسید فلزی در محفظه حسگرها مدار بندی شده است. با ورود گاز موجود در اطراف نمونه مورد نظر طبق برنامه زمان‌بندی (زمان داده برداری با توجه به سطح سیگنال خروجی مشخص خواهد شد)، تغییر در ولتاژ خروجی هر حسگر متناسب با ترکیبات گازی در نمونه است. تغییرات در گاز فضای نمونه‌ها به‌وسیله ماشین بویایی با حسگرهای نیمه‌هادی حس شده و به‌صورت تغییرات ولتاژ در رایانه ثبت می‌گردد. اطلاعات موجود با استفاده از روش تحلیل مولفه اصلی تحلیل و طبقه بندی خواهند شد (Ayari, 2018).

در سال‌های اخیر پژوهش‌هایی در زمینه کاربرد ماشین بویایی به‌منظور تشخیص گوشت فاسد گزارش شده است که در ادامه به چندین مورد اشاره می‌گردد.

بالاسوبرمینیان[6]و همکاران روش بینی الکترونیکی مبتنی بر حسگرهای نیمه‌هادی را برای اندازه‌گیری کیفیت محصولات غذایی پیشنهاد

[1]Autolytic
[2]Gas chromatography
[3] High performance liquid chromatography
[4] Electronic nose
[5] Machine olfaction
[6] Balasubramanian

دادند و از این روش برای بررسی تازگی گوشت استفاده کردند. سپس گوشت را به دو دسته تازه و فاسد تقسیم کردند. در این تحقیق از روش ماشین بردار پشتیبان به‌عنوان الگوریتم طبقه بندی الگو استفاده شد. کار مشابهی در این زمینه انجام شده است که در آن روش شبکه عصبی مصنوعی بر مبنای اکسید فلزی مبتنی برای تمایز بین مواد غذایی تازه و فاسد پیشنهاد گردیده است (Balasubramanian et al., 2009).

ایاری و همکاران با استفاده از ماشین بویایی بر پایه هشت حسگر نیمه‌هادی اکسید فلزی برای شناسایی تقلب در روغن حیوانی گاوی خالص استفاده شد. در تشخیص مقادیر مختلف ترکیب روغن نباتی و روغن دنبه در روغن حیوانی گاوی خالص (۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درصد) مورد بررسی قرار دادند. که در این تحقیق از روش آنالیز مؤلفه‌های اصلی با دو مؤلفه‌ی PC1 و PC2، هم چنین جهت طبقه‌بندی ویژگی‌های استخراج‌شده از روش تحلیل تفکیک درجه دوم (QDA) استفاده کردند. بر اساس نتایج، تفکیک روغن حیوانی گاوی خالص و تقلبی به‌خوبی انجام گرفت (Ayari et al., 2018).

در تحقیقی دیگر مکانیسمی برای نظارت گوشت داخل یخچال را پیشنهاد کردند. در این روش از بینی مخصوص الکترونیکی با چهار حسگر نیمه هادی استفاده شد. در این روش زمان فساد گوشت نگهداری شده در یخچال پیش بینی می‌کند. گوشت‌های مورد استفاده در این آزمایش شامل نمونه‌هایی ازگوشت گاو و گوشت خوک و الگوریتم پیش بینی مورد استفاده شبکه عصبی مصنوعی می‌باشد (Winquist et al., 1993). بوته[1] و همکاران امکان استفاده از بینی‌های الکترونیکی در صنعت طیور را مورد بررسی قرار دادند (Bothe and Arnold. 2002). تخمین تازگی ماهی با استفاده از روش بینی الکترونیکی توسط کونل[2] و همکاران گزارش شده است (O'Connell et al., 2001).

از سیستم حسگر مصنوعی بر پایه اکسید فلز برای آنالیز گازهای متصاعد شده از ماهیچه گوساله در فضای فوقانی سامانه‌های بویایی ۴ و ۱۰ حسگرِ استفاده شده است. به کمک مدل‌های ساخته شده، نمونه‌ها را بر اساس جمعیت میکروبی به دو گروه دسته بندی گردید (Balasubramanian et al., 2009). پنیگراهی[3] و همکاران سیستم بینی الکتریکی متشکل از ۹ حسگر را طراحی و برای آنالیز گازهای متصاعد شده از ماهیچه گوساله در فضای فوقانی سامانه‌های بویایی ۴ و ۱۰ حسگرِ به کار بردند. در این پژوهش از دستگاه بینی الکترونیکی برای به دست آوردن الگوی بوی گوشت چرخ شده شتر در پنج شرایط بسته بندی مختلف طی ۲۰ روز نگهداری در دمای چهار درجه سلسیوس، به منظور تعیین سریع فساد برحسب مدت زمان نگهداری و شرایط بسته بندی استفاده گردید. از روش تحلیل مؤلفه اصلی جهت تشخیص الگو و دسته بندی بانک داده از لحاظ درجه فساد استفاده شد. آزمون‌های گاز فضای فوقانی بسته و شمارش کلی میکروبی به‌طور هم‌زمان جهت تائید صحت پاسخ دستگاه انجام گردید (Panigrahi et al., 2004). ال بربری[4] و همکاران از سیستم بینی الکترونیکی با چهار حسگر اکسید فلز، برای بررسی تازگی نمونه‌های ماهی ساردین به مدت یک هفته در دمای چهار درجه سلسیوس استفاده کردند. اجرای روش آنالیز مؤلفه اصلی روی پاسخ حسگرها نشان داد که می‌توان نمونه‌های ساردین را برحسب تازگی، به سه گروه دسته‌بندی کرد (El Barbri et al., 2009).

نتایج حاصل از تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد که ماشین بویایی توانایی و قدرت این را دارد که به گوشت مرغ گرم را از نوع منجمد آن تشخیص دهد. با توجه به اهمیت تشخیص گوشت مرغ تازه در بازار، به دستگاهی نیاز است که بتواند گوشت تازه از منجمد و به نوعی تقلب و فساد را تشخیص دهد و مصرف کنندگان باید اطمینان حاصل کنند که از گوشت تازه و مرغوب استفاده می‌کنند. با توجه به این که تاکنون هیچ تحقیقی با استفاده از بینی الکترونیکی در زمینه بررسی و کیفت گوشت مرغ انجام گزارش نشده است، نتایج این تحقیق می‌تواند به طور گسترده در صنعت مواد غذایی کشور مورد استفاده قرار گیرد.

۲-بخش مواد و روش‌ها

۲-۱-سامانه استفاده شده

در یک نگاه کلی می‌توان سامانه کنترل کیفی مورد نظر را به دو بخش سخت‌افزاری و نرم‌افزاری تقسیم کرد. بخش سخت‌افزاری خود شامل بخش‌های شاسی، سامانه تحصیل داده، حسگرها، محفظه نمونه‌گیری، منبع تغذیه، شیرهای برقی، پمپ هوا، اتصالات و لوازم جانبی است. در سامانه بینی الکترونیکی طراحی‌شده ترکیبی از هشت حسگر نیمه‌هادی اکسید فلزی با نام‌های تجاری MQ (Hanwi, China) و TGS (Glenview, USA) استفاده شد است. جنبه مهم دیگر سامانه، بخش نرم‌افزاری آن می‌باشد. در بخش نرم‌افزاری سامانه، داده‌های ارسالی از حسگرها تحصیل، پردازش، بهینه‌سازی و در نهایت طبقه‌بندی می‌شوند (Ayari, 2018).

[1] Bothe
[2] Connell
[3] Panigrahi
[4] El Barbri

شکل (۱) سامانه بینی الکترونیک استفاده شده را نشان می‌دهد. سامانه طراحی شده با یک پمپ دیافراگمی به منظور انتقال گاز نمونه (فضای هد) به محفظه حسگرها، مجهز شد. به منظور کنترل خودکار سامانه و گرفتن الگوی بوی نمونه‌ها، ماشین بویایی به سه شیر برقی دو راهه مجهز شد. شیرهای برقی در حالت نرمال بسته بوده یعنی در حالتی که بوبین شیر برقی فعال نباشد شیر در وضعیت بسته بوده و بوی اضافه از شیر عبور نمی‌کند(Ayari at al., 2018).

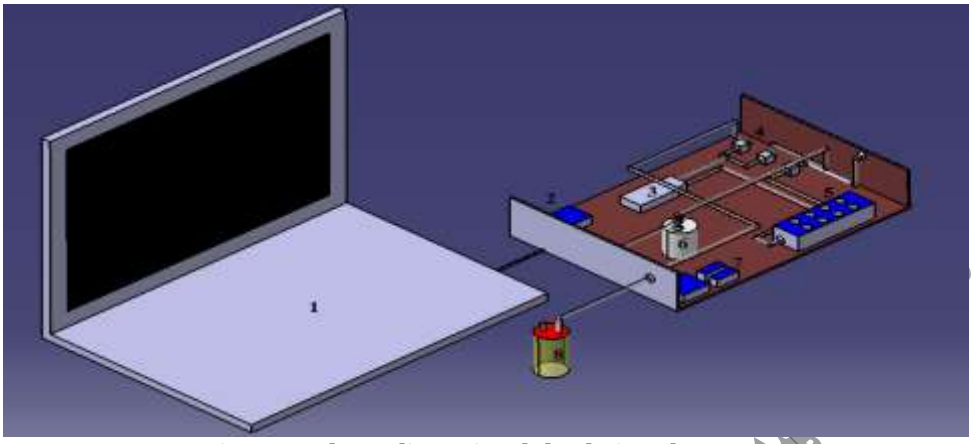


Figure 1. The 3- dimensional the designed e-nose system.

شکل ۱. نقشه سه بعدی سامانه ماشین بویایی استفاده شده (Ayari, 2018).

1-Computer, 2- Data acquisition card, 3- Pump, 4- Electrovalves, 5- Sensors and Sensor chamber, 6- air filter, 7- Power supply 8- Sample chamber.

۱-رایانه، ۲- سامانه تحصیل داده، ۳- پمپ، ۴- شیرهای برقی، ۵- حسگرها و محفظه حسگرها، ۶- فیلتر هوا، ۷- منبع تغذیه، ۸-محفظه نمونه.

به هر حال ماشین‌های بویایی هیچ اطلاعاتی در مورد ترکیبات ایجاد کننده بو و نیز مشخصات آن‌ها به دست نمی‌دهد بلکه یک رایحه مشخص با تحلیل الگوی بو[1]مورد قضاوت واقع می‌شود. به کمک روش‌های ریاضی و محاسباتی مناسب مانند روش‌های آماری و شبکه‌های عصبی، ماشین بویایی قادر به تعیین الگوی بو و یا حتی تمیز دادن آن از سایر نمونه‌ها می‌باشدروش‌های تشخیص الگو[2]برای آنالیز پاسخ‌های آرایه حسگری بکار گرفته می‌شوند. مزیت استفاده از این روش‌ها این است که قابلیت شناسایی و تشخیص ترکیبات پیچیده بدون تعیین و شناسایی تک تک ترکیبات موجود، مقدور و ممکن است (Ayari, 2018). در این پژوهش از روش آنالیز مؤلفه اصلی (PCA) به‌عنوان یک روش بدون ناظر است، استفاده شده است.

۲-۲-فرایند داده برداری

در این پژوهش پس از تهیه مرغ کشتار روز و مرغ منجمد از کشتارگاه، در مدت زمان کمتر از ۱۵ دقیقه، درون فیبرهای حاوی یخ، به آزمایشگاه گروه مکانیک بیوسیستم دانشگاه رازی کرمانشاه انتقال یافت. مرغ‌های منجمد را ۲۴ ساعت قبل از داده‌برداری در داخل یخچال و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد (یخ زدایی گردید). مرغ‌های پس از شست و شو با آب، هر مرغ داخل زیپ پک های جداگانه قرار گرفت و نام گذاری شد. در نهایت تمامی زیپ پک ها در داخل یخچال و در دمای ۴ درجه سانتی گراد به مدت ۵ روز نگهداری شدند. برای هر نمونه آزمایش مقدار ۱۰ گرم از مرغ‌های کشتار روز و مرغ منجمد، هر روز تا روز پنجم جدا، مورد آزمایش قرار گرفت. نحوه‌ی انجام آزمایش بدین صورت بود که ابتدا نمونه در داخل محفظه نمونه قرار داده و درب آن بسته شد. قبل از شروع آزمایش‌ها و فرایند داده برداری روی نمونه‌های به منظور اختلاط هوای داخل محفظه با بوی نمونه و پر شدن فضای بالای نمونه، به مدت ۱۸۰۰ ثانیه منتظر مانده و این عمل بدین منظور انجام شد که بوی محصول، هوای داخل محفظه را اشباع کرده و غلظت مواد فرار در داخل محفظه افزایش یابد. سپس مراحل کاری بینی الکترونیک شامل تصحیح خط مبنا، تزریق بوی نمونه و پاک کردن حسگرها و محفظه انجام شد. در ابتدا نمونه در محفظه نمونه قرار گرفت و در مرحله تصحیح خط مبنا (۲۰۰ ثانیه)، هوای تمیز به منظور رساندن پاسخ آرایهٔ حسگرها به حالت پایدار از روی حسگرها عبور داده شد. در مرحلهٔ تزریق بوی نمونه (۱۸۰ ثانیه) با ورود گاز اطراف نمونه به محفظهٔ حسگرها تغییری در ولتاژ خروجی هر حسگر متناسب با نوع حسگر و میزان حساسیت آن ایجاد می‌شود. در مرحله پاک کردن حسگرها و محفظه، هوای تمیز شده به منظور رساندن پاسخ آرایهٔ حسگرها به حالت پایدار از روی حسگرها عبور

[1] Oder pattern
[2] Pattern recognition techniques

داده می‌شد. همچنین در این مرحله پمپ در مدت زمان ۱۲۰ ثانیه بوی مانده در داخل محفظهٔ نمونه را خارج کرده تا سامانه برای آزمایش نمونه بعدی آماده گردد (Sanaeifar et al., 2015؛Ayari et al., 2018; Heidarbeigi et al., 2015). پاسخ ولتاژی حسگرها در این ۵۰۰ ثانیه توسط سامانه تحصیل داده جمع آوری می‌شد. هر تیمار، با ۳۰ تکرار مورد آزمایش قرار گرفت.

۲-۳-استخراج ویژگی‌ها از سیگنال‌ها

سیگنال‌های به دست آمده از حسگرها ابتدا به صورت داده‌های خام ثبت و ذخیره شدند. در مرحله بعدی، سیگنال‌های حسگرها پیش پردازش شدند. پیش‌پردازش شامل سه مرحله تصحیح خط مبنا، فشرده‌سازی و نرمال‌سازی داده‌ها بود. هدف از تصحیح خط مبنا جبران رانش[1]و افزایش کیفیت پاسخ حسگرها است. در این پژوهش، از روش تفاضلی برای تصحیح خط مبنا استفاده شد (رابطه ۱). در این روش به منظور حذف نویز یا انحراف احتمالی در سیگنال حسگر، خط مبنا از پاسخ حسگرکم می‌شود (Arshak et al., 2004).

$$Y_S(t) = X_S(t) - X_S(0) \quad (۱)$$

که در این رابطه Xs(0) کمترین پاسخ حسگر قبل از مرحله اندازه‌گیری (خط مبنا)، $X_S(t)$ پاسخ حسگر و Ys(t) پاسخ نرمال شده حسگر است.

داده‌های پیش پردازش شده به‌عنوان ماتریس ورودی برای روش‌های تحلیلی چند متغیره مورد استفاده قرار گرفت. روش چند متغیره بدون سرپرست[2]تحلیل مؤلفه‌های اصلی[3](PCA) به منظور تحلیل داده‌ها استفاده شد. PCA روشی شناخته شده در فشرده‌سازی داده‌های خطی و استخراج ویژگی‌ها می‌باشد. تمام محاسبات و تحلیل‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای Unscrambler x10.4 و Excel 2013 انجام شد.

۳-نتایج و بحث

پاسخ حسگرها با استفاده از روش تفاضلی، نرمال شد و پس از استخراج بیشترین پاسخ حسگرها، نمودار رادار[4]آن‌ها رسم گردید. در شکل (۲) نمودار رادار برای گوشت مرغ تازه و منجمد نشان داده شده است.

Figure 2. Radar graph response of the sensors for Fresh chicken (a), Frozen chicken (b).

شکل۲. نمودار رادار پاسخ حسگرها برای گوشت مرغ تازه (a) و گوشت منجمد (b).

نمودار رادار نشان می‌دهد که بوی گوشت مرغ تازه بیش‌ترین و کم‌ترین تأثیر را به ترتیب بر روی حسگر MQ136 که مربوط به تشخیص بوی دی اکسید سولفور (SO_2) و حسگر TGS822 که مربوط به تشخیص بخار حلال های آلی است، دارد. همچنین بوی گوشت مرغ منجمد بیش‌ترین و کم‌ترین تأثیر را به ترتیب بر روی حسگر MQ136 و TGS822 دارد. با توجه به نتایج بدست آمده از نمودار رادار می‌توان نتیجه گرفت که حسگر MQ136 که مربوط به تشخیص بوی دی اکسید سولفور است در میان حسگرهای دیگر، بیشترین نقش را در طبقه بندی دارد.

[1] Drift
[2]. Unsupervised
[3] Principal Component Analysis (PCA)
[4]. Radar

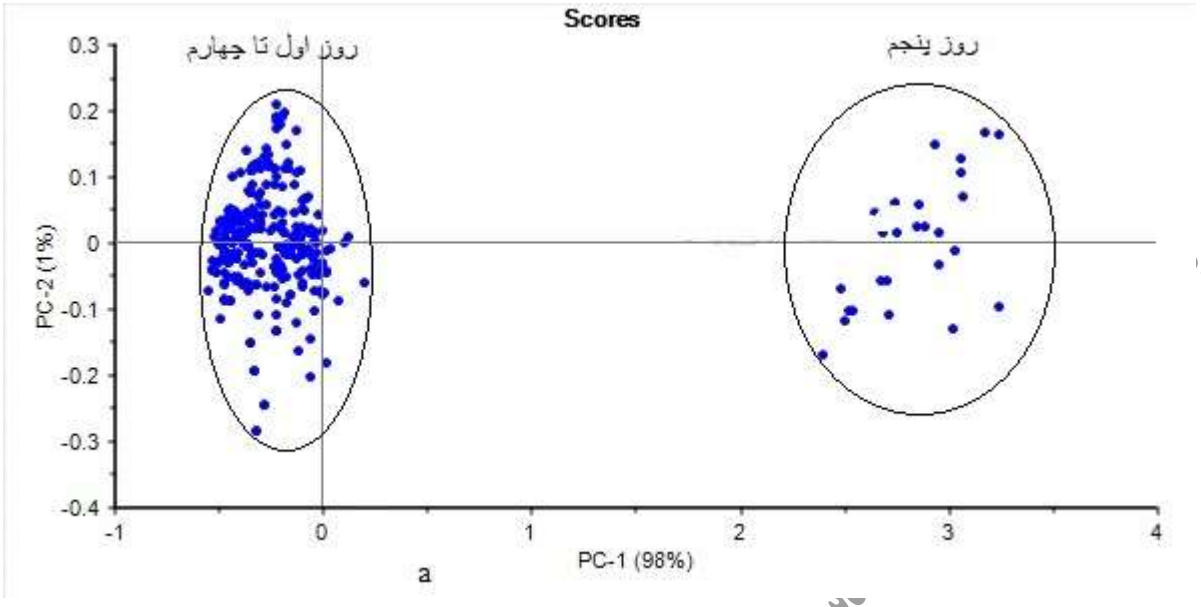
۱-۳- نتایج تحلیل PCA برای گوشت مرغ تازه

در این پژوهش از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) برای تشخیص و تفکیک تازگی و فساد گوشت مرغ استفاده شد. برای تشخیص میزان تازگی گوشت مرغ در طی ۵ روز نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی گراد یخچال، با استفاده از روش تحلیل مولفه اصلی بررسی شد. داده‌های حاصل از پردازش سیگنال‌های به دست آمده به روش تفاضلی به‌عنوان ورودی PCA مورد استفاده قرار گرفت. مولفه‌های اصلی یک روش چند متغیره بدون ناظر[3]است، روشی شناخته شده در فشرده سازی داده‌های خطی و استخراج ویژگی ها می‌باشد. تحلیل مولفه های اصلی می‌تواند برای کاهش ابعاد داده مورد استفاده قرار گیرد، به این ترتیب مولفه‌هایی از مجموعه داده را که بیشترین تاثیر در واریانس را دارد حفظ می‌کند (Li et al., 2007). روش PCA به صورت گسترده برای مشخص کردن الگوها و طبقه بندی داده‌ها به کار می‌رود، و به نحوی داده‌ها را بیان می‌کند که شباهت‌ها و تفاوت‌های بین آن‌ها مشخص تر شود (Mahmoudi, 2006). در این پژوهش، از این روش تشخیص الگو با انجام کاهش ابعاد از هشت متغیر به دو یا سه مؤلفه اصلی و حفظ بیشترین محتوای اصلی اطلاعات در مجموعه داده‌ها، برای بررسی تمایز بین روزهای مختلف نگهداری نمونه های گوشت مرغ استفاده شد. نمودار اسکور[1]مؤلفه‌های اصلی، واریانس بین داده‌های حاصل از اندازه‌گیری نمونه‌ها را بیان می‌کند. بر اساس نتایج حاصل از تحلیل نمودار اسکور PCA در قالب دو مؤلفه‌ی اصلی PC1 و PC2 به ترتیب ۹۸درصد و ۱ درصد واریانس را برای روز اول تا چهارم و رو پنجم به خوبی تفکیک شده است. در مجموع ۹۹ درصد کل داده‌ها را توصیف کردند. همان‌طور که از (شکل ۳-a) مشاهده می‌شود. نمونه‌های مربوط به روزپنجم نسبت به روزهای قبل تفکیک پذیری بالایی وجود دارد. سامانه ماشین بویایی به خوبی توانسته نسبت به بوی گوشت مرغ تازه در روز پنجم که متفاوت تر از روزهای قبل بوده واکنش نشان دهد. دلیل این تفکیک می توان گفت که در روز پنجم گوشت مرغ تازه فاسد شده است.

برای اطلاع از میزان تأثیر هر کدام از حسگرها در تحلیل‌های شناسایی الگو، حسگرها در نموداری به نام نمودار لودینگ[2] با ضرایب مقادیر ویژه تصویر شدند. هر چه مقدار لودینگ حسگری روی یک مؤلفه‌ی اصلی بزرگ‌تر باشد، بیانگر نقش بیشتر آن حسگر در تشخیص گوشت تازه مرغ است. بنابراین می‌توان با حذف حسگر یا حسگرهایی که کم‌ترین سهم را در تشخیص تمایز بین گروه‌ها دارند، علاوه بر کاستن از پیچیدگی فرآیند تحلیل داده، هزینه‌ی ساخت آرایه حسگری را نیز کاهش داد (Heidarbeigi et al., 2015). نمودار لودینگ به منظور تعیین نقش حسگرها در جداسازی گروه‌ها بررسی شد. همانطور که در شکل۳ (b)، نمودار لودینگ مشاهده می شود همه حسگرهای شماره: ۱ (MQ3)، ۲ (MQ9)، ۳ (MQ135)، ۴ (MQ136)، ۵ (TGS813)، ۶ (TGS822) ، ۷(TGS2602) و ۸ (TGS2620) نسبت به بوی گوشت مرغ تازه واکنش نشان دادند.

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران

[1]. Score plot
[2] Loadings



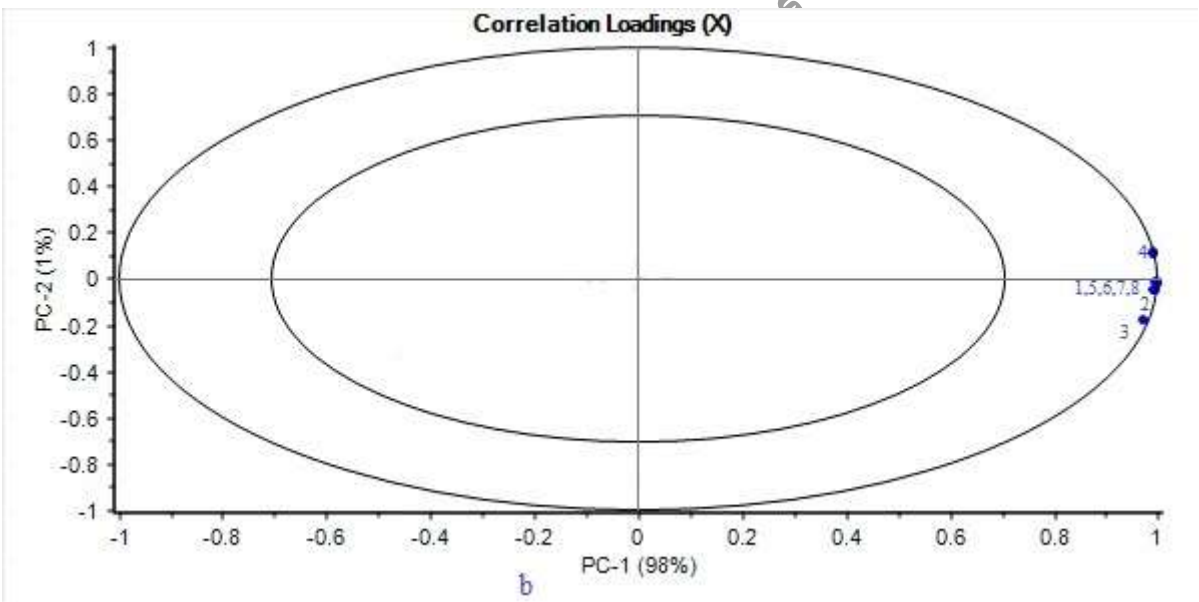


Figure 3. (a) Score graph & (b) Loading graph PCA analysis in the diagnosis of Fresh chicken.

شکل ۳. (a)نمودار اسکور و (b) نمودار لودینگ تحلیل PCA برای شناسایی گوشت مرغ تازه.

در شکل۴ (a) نمودار اسکور برای دو مولفه اصلی نشان داده شده است. این نمودار به منظور تشخیص تمایز بین گروه نمونه‌ها برای تازگی گوشت مرغ منجمد استفاده می شود. همان طور که در شکل نشان داده شده است، تمایز مناسبی بین نمونه‌های گوشت مرغ منجمد وجود ندارد. دو مؤلفه‌ی اصلی PC1 و PC2 به ترتیب ۸۰ درصد و ۱۴ درصد واریانس بین نمونه‌ها و در مجموع ۹۴ درصد واریانس کل داده‌ها را توصیف کردند. در این تحلیل نمونه‌های مربوط به گوشت مرغ منجمد درطول ۵ روز نگهداری همپوشانی دارند، نمونه‌ها در طول روز نگهداری اول تا پنجم تفکیک پذیری مشاهده نمی شود. که می‌توان دلیل آن را در عدم وجود فساد شدن گوشت مرغ منجمد در طول ۵ روز نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی-گراد در یخچال ذکر کرد.

همان طور که در شکل ۴ (b) نمودار لودینگ مشخص است حسگرهای شماره ۴(MQ136) و ۷ (TGS2602) بالا ترین پاسخ ها را در مقایسه با دیگر حسگرها دارند. پاسخ حسگرهای شماره: ۱ MQ3)، ۲ (MQ9) و ۵(TGS813) تغییرات کمی در بررسی تازگی گوشت مرغ منجمد دارند. عدم تغییرات قابل ملاحظه حسگرهای ذکر شده بیانگر این حقیقت است که بوی این گازها در بررسی تازگی گوشت مرغ منجمد نقشی ندارند

و می‌توان با توجه به لزوم کاهش هزینه ساخت ماشین بویایی، این حسگرها را حذف نمود. حسگرهای که نزدیک به هم قرار دارند که نشان دهنده این مطلب است که این حسگرها نتایج مشابهی در سامانه و در تشخیص ترکیبات مورد نظر را ایجاد می‌کنند. این حسگرها تأثیر تقریباً یکسانی در شناسایی الگو داشته و می‌توان از هر کدام آن‌ها فقط یکی را در فرآیند تحلیل داده استفاده کرد.

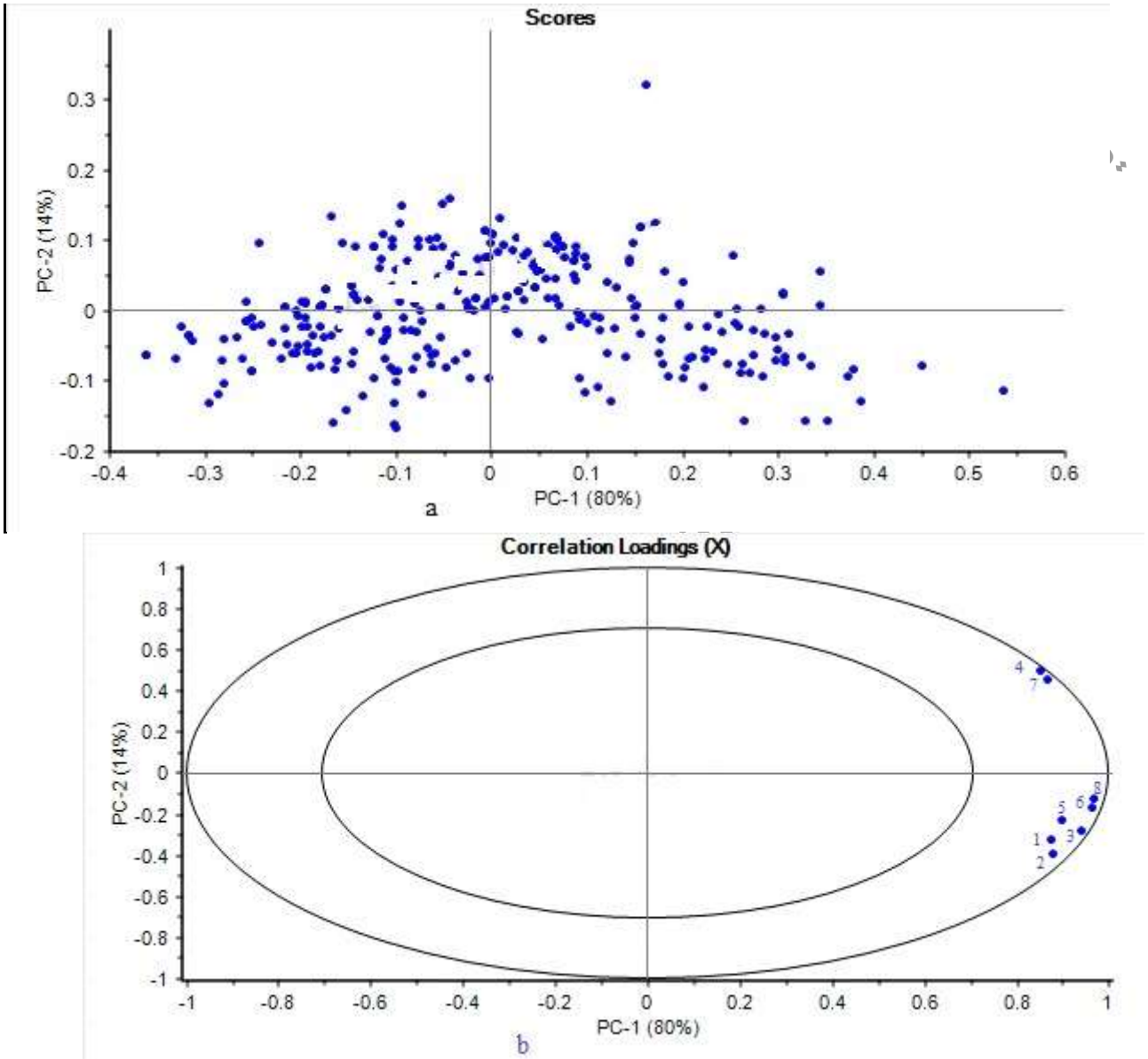


Figure 4. (a) Score graph & (b) Loading graph PCA analysis in the diagnosis of Frozen chicken.

شکل.۴. (a)نمودار اسکور و (b) نمودار لودینگ تحلیل PCA برای شناسایی گوشت مرغ منجمد.

۴-نتیجه‌گیری

براساس نتایج بدست آمده از این پژوهش، سامانه ماشین بویایی روشی بسیار موثر برای شناسایی تازگی گوشت مرغ می باشد که دلیل اصلی آن میتنی بر سرعت، هزینه کم و قابل اطمینان بودن حسگرها است. ماشین بویایی برخلاف فن‌آوری‌های مرسوم مانند کروماتوگرافی گاز، (GC)کروماتوگرافی مایع عملکرد بالا (HPLC) که خصوصیات بوی هر ماده را تعیین می‌کنند، مشکلات هزینه بالا و نیاز به افرادی با دانش به عملکرد این ابزارها، آماده‌سازی پرزحمت نمونه‌ها و زمان طولانی برای تحلیل ندارد. این سامانه بر پایه حسگرهای نیمه هادی اکسید فلزی استفاده شد. با روش آنالیز مولفه‌های اصلی توانایی تشخیص تازگی گوشت مرغ تازه را دارد. نتایج تحلیل مولفه های اصلی(PCA) برای بررسی تازگی گوشت مرغ تازه در دو مؤلفه‌ی اصلی PC1 و PC2 به ترتیب ۹۸درصد و ۱ درصد واریانس را برای روز اول تا چهارم و روز پنجم به

خوبی تفکیک شده است. در مجموع ۹۹ درصد کل داده‌ها، در بررسی تازگی گوشت مرغ منجمد دو مؤلفه‌ی اصلی PC1 و PC2 به ترتیب ۸۰ درصد و ۱۴ درصد واریانس بین نمونه‌ها و در مجموع ۹۴ درصد واریانس کل داده‌ها را توصیف کردند با توجه به نتایج حاصل از روش PCA عملکرد مناسبی برای بررسی تازگی گوشت مرغ دارد.

۵-مراجع

Arshak, K., Moore, E., Lyons, G. M., Harris, J., Clifford, S. (2004). A review of gas sensors employed in electronic nose applications. Sensor Review. 24 (2): 181–198.

Ayari F. (2018). Development and implementation of an electronic nose system for detection of cow ghee from adulterated samples. M.Sc.Thesis. Department of Mechanical Engineering of Biosystems. Razi University Kermanshah.

Ayari, F., Mirzaee- Ghaleh E., Rabbani, H., Heidarbeigi, K. (2018). An electronic nose design for the detection of adulteration in cow ghee samples. Journal of Agricultural Machinery. Accepted paper

Ayari, F., Mirzaee- Ghaleh, E., Rabbani, H., Heidarbeigi, K. (2018). Using an E-nose machine for detection the adulteration of margarine in cow ghee. J Food Process Eng.; e12806. https://doi.org/10.1111/jfpe.12806 (accepted paper)

Balasubramanian, S., Panigrahi, S., Logue, C., Marchello, M., Doetkott, C., Gu, H., Sherwood, J., & Nolan, L. (2009). Spoilage identification of beef using an electronic nose system. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers, 47(5):1625–1633.

Bothe, D. D. H., Arnold, J.W. (2002). Electronic nose analysis of volatile compounds from poultry meat samples, fresh and after refrigerated storage. J. Sci. Food. Agric., 82, 315–322.

El Barbri, N. E., Mirhisse. J., Ionescu, R., El Bari, N., Correig. X., Bouchikhi, B., Llobet, E. (2009). An electronic nose system based on a micro-machined gas sensor array to assess the freshness of sardines. Sensors and Actuators B: Chemical. 141(2): 538-543.

Gram, L., Ravn, L.L., Rasch, M., Bruhn, J.B., Christensen, A.B., Givskov, M. (2002). Food spoilage-interactions between food spoilage bacteria. Int. J. Food Microbiol., 78, 79–97.

Heidarbeigi, K., S. S. Mohtasebi, A. Foroughirad, M. Ghasemi-Varnamkhasti, S. Rafiee and K. Rezaei. (2015). Detection of adulteration in saffron samples using electronic nose. International Journal of Food Properties 18: 1391-1401.

Li, Changying. Heinemannb, Paul. & Sherry, Richard. (2007). Neural network and Bayesian network fusion models to fuse electronic nose and surface acoustic wave sensor data for apple defect detection. Sensors and Actuators, B 125, 301–310.

Mahmoudi, A., Omid, M., Aghagolzadeh, A. and Borghayee, A. M. (2006). Grading of Iranian's export pistachio nuts based on artificial neural networks. Int. J. Agric. Biology. 8(3): 371-376.

O'Connell, M., Valdora, G., Peltzer, G., Negri, R.M. (2001). A practical approach for fish freshness determinations using a portable electronic nose. Sens. Actuators B Chem. 80, 149–154.

Panigrahi S, Logue CM,. Marchello M, Doetkott C, Gu H, Sherwood J, and. Nolan L. (2004). Spoilage identification of beef using an electronic nose system. Transactions of the. ASAE 47:1625–1633. 13.

Salinas, Y., Ros-Lis, J. V., Vivancos, J. –L., Dolores Marcos, M., Aucejo, S., Herranz, N & Lorente, I. (2012). Monitoring of chicken meat freshness by means of a colorimetric sensor array. Analyst, 137(16), 3635–3643.

Sanaeifar, A., S. S. Mohtasebi, M. Ghasemi-Varnamkhasti and H. Ahmadi. (2015). Designing, manufacturing and evaluating the function of the olfactory machine (electronic nose) based on metal oxide semiconductor (MOS) sensors to monitor banana. Journal of Agricultural Machinery 5 (1): 111-121.

Winquist, F., Hornsten, E.G., Sundgren, H., Lundstrom, I. (1993). Performance of an electronic nose for quality estimation of ground meat. Meas. Sci. Technol., 4, 1493–1500.

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران