Archive of SID

طبقه‌بندی هوشمند گوشت مرغ تازه از نوع منجمد یخ‌زدایی شده به کمک ماشین بویایی

امین طاهری گراوند[a]، اسماعیل میرزائی قلعه [*b]، فردین ایاری[c]

[a] استادیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران
[b] استادیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران
[c] دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۴/۲۰ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۹/۴

چکیده

مقدمه: گوشت منبع اصلی تأمین پروتئین حیوانی مورد نیاز بدن انسان است. گوشت مرغ مصرف بالایی در جوامع بشری دارد و تازگی مهم‌ترین مشخصه کیفی گوشت مرغ محسوب می‌شود. با توجه به اهمیت تشخیص گوشت مرغ تازه از نوع منجمد یخ زدایی شده در بازار، به دستگاهی نیاز است که بتواند گوشت مرغ تازه از نوع منجمد یخزدایی شده و به نوعی تقلب و فساد را تشخیص دهد.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش، یک سامانه‌ی قابل حمل ماشین بویایی بر پایه هشت حسگر نیمه‌هادی اکسید فلزی برای تشخیص گوشت مرغ تازه از نوع منجمد یخزدایی شده مورد بررسی قرار گرفت. برای هر آزمایش مقدار ۱۰ گرم گوشت مورد آزمایش قرار گرفت. داده‌های حاصل از حسگرها، پس از پیش پردازش توسط روش‌های PCA و الگوریتم K نزدیک‌ترین همسایه (KNN) مورد تحلیل قرار گرفت.

یافته‌ها: بر اساس نتایج روش‌های PCA و الگوریتم K نزدیک‌ترین همسایه (KNN)، سامانه ماشین بویایی عملکرد مناسبی برای بررسی تازگی گوشت مرغ داشت. همچنین نتایج نمودارهای رادار و لودینگ نشان داد که بوی گوشت مرغ بیش‌ترین و کم‌ترین تأثیر را به ترتیب بر روی حسگر MQ136 و حسگر TGS822 داشت.

نتیجه‌گیری: سامانه ماشین بویایی روشی بسیار مؤثر برای شناسایی تازگی گوشت مرغ می‌باشد که دلیل اصلی آن میتنی بر سرعت، هزینه کم و قابل اطمینان بودن حسگرها است.

واژه‌های کلیدی: *تازگی، حسگر، گوشت مرغ، ماشین بویایی*

[*] نویسنده مسئول مکاتبات email: e.mirzaee@razi.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

گوشت طیور یکی از منابع مهم پروتئینی در تغذیه انسان است. در کشور ایران گوشت مرغ نسبت به گوشت‌های دیگر طیور بیشترین مصرف را دارد و به دلیل خصوصیاتی از قبیل قیمت پایین تولید، چربی کم‌تر، طبخ آسان و سریع، کامپذیری، سهل الهضم بودن و امکان تولید بیشتر و آسان‌تر نسبت به سایر گوشت‌ها ارجحیت یافته است (Fraizer and Vesthof, 2010). ترکیبات اصلی گوشت شامل آب، چربی، پروتئین و عناصر ریز مغذی بوده و به‌طور کلی گوشت نقش مهمی در رژیم غذایی انسان ایفا می‌کند (شیبانی تذرجی، ۱۳۹۴). مصرف سرانه گوشت مرغ در کشور سالانه ۸۷ کیلوگرم است. هم‌چنین از لحاظ سهم هزینه‌ای، ۲۷ درصد از هزینه‌های گروه گوشت‌های سبد خانوارها را تشکیل می‌دهد (Beygzadeh and chizaree, 2007). همچنین گوشت مرغ دارای معایبی مانند عمر مفید نسبتاً کوتاه و وجود باکتری که از میکروفلور اصلی و شرایط آماده کردن گوشت به دست آمده است، می‌باشد.

کهنگی گوشت، علاوه بر تولید سطوح بالای بیوژنیک آمین‌ها، اغلب همراه با سموم میکروبی و متابولیسم‌ها است (Salinas *et al*., 2012). مهم‌ترین فاکتور کیفی برای فرآورده‌های گوشت مرغ، مربوط به تازگی است، که تولیدکنندگان و مصرف کنندگان توجه ویژه‌ای به آن دارند و این فاکتور به طور مستقیم با فروش و مصرف محصول ارتباط دارد (Xiong *et al*., 2015). روش‌های سنتی که برای تخمین تازگی گوشت مرغ به کار رفته می‌روند عبارت‌اند از اندازه‌گیری‌های فیزیکی، شیمیایی و میکروبیولوژیکی که غالبا بسیار وقت‌گیر، پرزحمت و مخرب هستند. بنابراین بکارگیری روش‌هایی که عیوب مطرح شده در روش‌های فوق را نداشته باشد برای ارزیابی تازگی گوشت مرغ بسیار ضروری است (Chen *et al*., 2014).

بو یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های حسی مواد غذایی به حساب می‌آید. سنجش بو روشی پیشرفته و به ویژه مؤثر در کسب پارامترهای تأثیرگذار بر کیفیت مواد غذایی می‌باشد زیرا بوی ساطع شده از آن‌ها بسیار حساس به تغییر ترکیبات تشکیل دهنده آن می‌باشد (Ghasemi-Varnamkhasti *et al*., 2011). روش‌های تحلیلی رایج مانند فناوری‌های گاز کروماتوگرافی (GC[1]) و کروماتوگرافی مایع عملکرد بالا (HPLC[2]) که خصوصیات بوی هر ماده را تعیین می‌کنند دارای مشکلاتی مانند هزینه بالا، تخصص، آماده سازی پرزحمت نمونه‌ها و زمان طولانی برای تحلیل می‌باشند. این معایب منجر به توسعه سامانه بینی الکترونیکی[3] یا ماشین بویایی[4] شده است (Gram *et al*., 2002). در سال‌های اخیر پژوهش‌هایی در زمینه کاربرد ماشین بویایی در صنایع غذایی گزارش شده است. در تحقیقی از روش بینی الکترونیکی مبتنی بر حسگرهای نیمه هادی برای بررسی تازگی گوشت استفاده شد. آن‌ها گوشت را به دو دسته تازه و فاسد تقسیم کردند. در این تحقیق مذکور از روش ماشین بردار پشتیبان به‌عنوان الگوریتم طبقه‌بندی استفاده شد (Balasubramanian *et al*., 2009).

در تحقیقی دیگر مکانیسمی برای نظارت بر زمان فساد گوشت نگهداری شده داخل یخچال پیشنهاد شد. در این روش از بینی الکترونیکی با چهار حسگر نیمه‌هادی استفاده شد. گوشت‌های مورد استفاده در این آزمایش شامل نمونه‌هایی ازگوشت گاو و خوک و الگوریتم پیش‌بینی مورد استفاده شبکه عصبی مصنوعی بود (Winquist *et al*., 1993). Bothe و Arnold (۲۰۰۲) امکان استفاده از بینی‌های الکترونیکی در صنعت طیور را مورد بررسی قرار دادند. همچنین تخمین تازگی ماهی با استفاده از روش بینی الکترونیکی توسط محققین دیگری گزارش شده است (Connell *et al*., 2001).

پژوهشگرانی 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 بسته‌بندی مختلف طی ۲۰ روز نگهداری در دمای چهار درجه سلسیوس، به منظور تعیین سریع فساد برحسب مدت زمان نگهداری و شرایط بسته‌بندی استفاده گردید. از روش تحلیل مؤلفه اصلی جهت تشخیص الگو و دسته بندی بانک داده از لحاظ درجه

[1] Gas Chromatography [2] High Performance Liquid Chromatography [3] Electronic Nose
[4] Machine Olfaction

www.SID.ir

Archive of SID

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). در تحقیقی برای نشان دادن تازگی گوشت شتر از سامانه بینی الکترونیکی استفاده شد (Varidi *et al*., 2018). بر اساس نتایج آن‌ها نمونه‌های گوشت به دو دسته تازه و فاسد قابل دسته‌بندی بود. (El Barbri *et al*., 2009) از سامانه بینی الکترونیکی با چهار حسگر اکسید فلزی، برای بررسی تازگی نمونه‌های ماهی ساردین به مدت یک هفته در دمای چهار درجه سلسیوس استفاده کردند. آنالیز مؤلفه اصلی روی پاسخ حسگرها نشان داد که می‌توان نمونه‌های ساردین را برحسب تازگی به سه گروه دسته‌بندی کرد.

با توجه به اهمیت تشخیص گوشت مرغ تازه از نوع منجمد یخ زدایی شده در بازار، به دستگاهی نیاز است که بتواند گوشت مرغ تازه از نوع منجمد یخزدایی شده و به نوعی تقلب و فساد را تشخیص دهد و مصرف کنندگان باید اطمینان حاصل کنند که از گوشت مرغ تازه و مرغوب استفاده می‌کنند. با توجه به بررسی منابع انجام شده تاکنون تحقیقی مبنی بر طبقه‌بندی گوشت مرغ تازه و گوشت مرغ منجمد یخزدایی شده با استفاده از ماشین بویایی صورت نگرفته است، لذا در تحقیق حاضر از روش مذکور برای تعیین تازگی گوشت مرغ استفاده شده است.

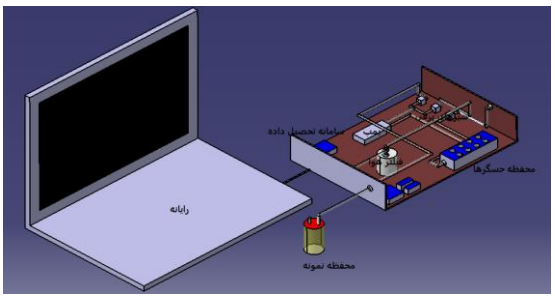
مواد و روش‌ها

- تهیه نمونه‌ها

در این پژوهش مرغ کشتار روز (گرم) از کشتارگاه و مرغ منجمد از بازار تهیه و در درون فیبرهای حاوی یخ، به آزمایشگاه گروه مکانیک بیوسیستم دانشگاه رازی کرمانشاه انتقال یافت. مرغ‌های منجمد به مدت ۲۴ ساعت قبل از داده برداری با قرار گرفتن در داخل یخچال با دمای ۴ درجه سلسیوس یخ زدایی گردید. مرغ‌ها پس از شست‌وشو با آب، جهت آبکشی به مدت ۲۰ دقیقه بر روی آبکش‌های پلاستیکی قرار داده تا آب اضافی خارج شود. سپس هر مرغ داخل زیپ پک‌های جداگانه قرار گرفت و نام گذاری شد. برای هر نمونه آزمایش مقدار ۱۰ گرم گوشت و در مجموع تعداد ۱۲۰ نمونه شامل ۶۰ نمونه گوشت مرغ تازه و ۶۰ نمونه گوشت مرغ منجمد تهیه و مورد آزمایش قرار گرفت.

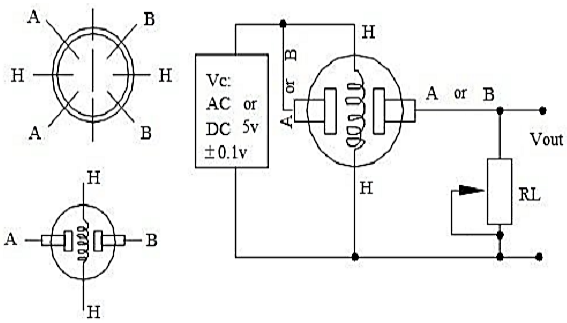
- سامانه بینی الکترونیک

اساس سامانه بینی الکترونیک برپایه‌ی حسگرهای گازی است (Ghasemi- Varnamkhasti *et al*., 2011) در سامانه ارائه شده در این تحقیق از حسگرهای نیمه هادی اکسید فلزی استفاده شد. سامانه مورد نظر شامل حسگرها، محفظه حسگرها و نمونه، سامانه تحصیل داده، منبع تغذیه، شیرهای برقی، پمپ ، فیلتر هوا و اتصالات و لوازم جانبی بود. شکل ۱ طرحواره سامانه ماشین بویایی مورد نظر را نشان می‌دهد.



شکل۱- طرحواره سامانه ماشین بویایی استفاده شده (ایاری، ۱۳۹۶)

یک آرایه حسگری شامل هشت حسگر نیمه‌هادی اکسید فلزی نوع MQ و TGS در سامانه بینی الکترونیک تعبیه شده بود. شکل ۲ مدار یکی از حسگرها را نشان می‌دهد. پاسخ هشت حسگر (سیگنال الکتریکی) به وسیله یک سامانه تحصیل داده به یک رایانه شخصی برنامه‌ریزی شده با نرم‌افزار 2012 Lab View، دریافت گردید. نمونه‌ها در داخل محفظه نمونه گذاشته شده و اجازه داده می‌شد که محفظه با گاز نمونه پر شود. سپس این فضای نمونه به محفظه حسگری انتقال می‌یافت.



شکل ۲- مدار بندی (راست) و نحوه قرارگیری پایه‌های یکی از حسگرها (چپ)

www.SID.ir

Archive of SID

سامانه ماشین 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 می‌باشد روش‌های 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 (ایاری، ۱۳۹۶). در این پژوهش از روش آنالیز مؤلفه اصلی (PCA)[3] و الگوریتم K نزدیک‌ترین همسایه (KNN[4]) استفاده شده است.

- فرآیند داده‌برداری

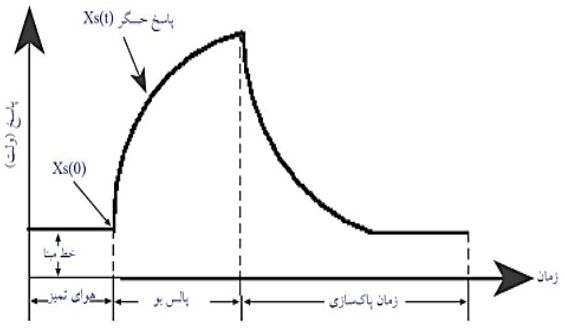
در این پژوهش نحوه‌ی انجام آزمایش بدین صورت بود که ابتدا نمونه در داخل محفظه نمونه قرار داده و درب آن بسته می‌شد. قبل از شروع آزمایش‌ها و فرایند داده برداری و به منظور اختلاط هوای داخل محفظه با بوی نمونه و پر شدن فضای بالای نمونه، به مدت ۱۸۰ ثانیه منتظر مانده و این عمل بدین منظور انجام شد که بوی محصول، 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 شد. در مرحله پاک کردن حسگرها و محفظه، هوای تمیز شده به منظور رساندن پاسخ آرایهٔ حسگرها به حالت پایدار از روی حسگرها عبور 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 (Ayari *et al*., 2018a; Sanaeefar *et al*., 2014; Tohidi *et al*., 2017; Heidarbeigi *et al*., 2015). پاسخ ولتاژی حسگرها در این ۵۰۰ ثانیه توسط سامانه تحصیل داده جمع آوری می‌شد. هر تیمار، با ۶۰ تکرار مورد آزمایش قرار گرفت.

- پیش‌پردازش سیگنال‌ها

سیگنال‌های به دست آمده از حسگرها ابتدا به صورت داده‌های خام ثبت و ذخیره شدند. در مرحله بعدی، سیگنال‌های حسگرها پیش پردازش شدند. پیش پردازش اطلاعات، تأثیر زیادی بر روی عملکرد روش‌های تشخیص الگو دارد و نیز تا حدودی وابسته به نوع حسگرها بوده و معمولاً متفاوت است. پیش‌پردازش شامل سه مرحله تصحیح خط مبنا، فشرده‌سازی و نرمال‌سازی داده‌ها بود. هدف از تصحیح خط مبنا جبران رانش[5] و افزایش کیفیت پاسخ حسگرها است. برای استخراج ویژگی‌ها از سیگنال‌های به‌دست آمده، زمان‌بندی شکل ۳ مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این پژوهش، از روش تفاضلی برای تصحیح خط مبنا استفاده شد (Arshak, 2004):

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

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 PCA و الگوریتم K مورد استفاده قرار گرفت.



شکل ۳- پاسخ حسگر بینی الکترونیک به بوی نمونه

[1] Oder Pattern [2] Pattern Recognition Techniques [3] Principal Component Analysis
[4] K – Nearest Neighbors [5] Drift

www.SID.ir

Archive of SID

- طبقه‌بندی

الگوریتم K نزدیک‌ترین همسایه (KNN) از دسته الگوریتم‌های یادگیری بر پایه مثال بوده و جزء ۱۰ الگوریتم برتر داده کاوی محسوب می‌شود (Wu *et al*., 2008). در روش‌های یادگیری بر پایه مثال، فقط مثال‌ها ذخیره می‌شوند و هرگونه تعمیم تا مشاهده مثال جدید به تعویق می‌افتد. در این روش فرض می‌شود که تمام مثال‌ها نقاطی در فضای n بعدی حقیقی هستند و همسایه‌ها برمبنای فواصل اقلیدسی استاندارد تعیین می‌گردند. منظور ازK ، تعداد همسایه‌های در نظر گرفته شده برای تعیین همسایگی مثال جدید است (Darzi *et al*., 2016).

در این تحقیق ۷۵ درصد داده‌های حاصل از آزمایش‌ها برای آموزش طبقه‌بندی و ۲۵ درصد برای آزمون و ارزیابی استفاده گردید. با استفاده از این طبقه‌بندی و تشخیص گوشت مرغ تازه از نوع یخزدایی شده، عملکرد سامانه تشخیص تازگی به کمک مدل طبقه‌بندی KNN مورد ارزیابی قرار گرفت. جهت ارزیابی طبقه‌بند از شاخص‌های آماری مستخرج از ماتریس اغتشاش استفاده شد. جدول ۱ عناصر ماتریس اغتشاش یک طبقه‌بند دو کلاسه را نشان می‌دهد، که ستون‌ها نشان دهنده کلاس‌های واقعی و ردیف‌ها کلاس‌های تخمین زده شده توسط طبقه‌بند می‌باشند.

جدول ۱- ماتریس اغتشاش برای طبقه بندی دو کلاسه (صنیعی آباده و همکاران، ۱۳۹۳)

		کلاس‌های واقعی	
		دسته +	دسته −
کلاس‌های پیش‌بینی شده	دسته +	مثبت صحیح (TP)	مثبت ناصحیح (FP)
	دسته −	منفی ناصحیح (FN)	منفی صحیح (TN)

ارزیابی‌های طبقه‌بند شامل حالت‌های زیر بود:

تصمیمات مثبت صحیح (TP): تعداد نمونه‌هایی که واقعا مرغ تازه بودند و مدل هم به درستی آن‌ها رو گوشت تازه معرفی کرده است.

تصمیمات مثبت ناصحیح (FP): تعداد نمونه‌هایی که واقعا مرغ تازه نبودند و مدل به اشتباه آن‌ها رو گوشت تازه معرفی کرده است.

تصمیمات منفی صحیح (TN): تعداد نمونه‌هایی که واقعا مرغ تازه نبودند (نوع یخزدایی شده) و مدل هم به درستی آن‌ها را گوشت غیره تازه (نوع یخزدایی شده) معرفی کرده است.

تصمیمات منفی ناصحیح (FN): تعداد نمونه‌هایی که واقعا مرغ تازه بودند و مدل به اشتباه آن‌ها را گوشت غیر تازه (نوع یخزدایی شده) معرفی کرده است.

در حقیقت TP و TNپیش بینی‌های درست مدل و FP و FN پیش بینی‌های اشتباه مدل را نشان می‌دهند. همچنین از شاخص‌های آماری مستخرج از ماتریس اغتشاش نظیر دقت (Ac)، حساسیت (Se)، اختصاصی بودن (Sp)، صحت (Pr) و سطح زیر منحنی (AUC) برای ارزیابی سامانه طبقه‌بندی پیشنهادی استفاده شد (Sokolova and Lampalme, 2009):

$$Ac = \frac{TP + \mathrm{TN}}{\mathrm{TP} + \mathrm{TN} + \mathrm{FP} + \mathrm{FN}} \quad (۲)$$

$$Se = \frac{TP}{TP + FN} \quad (۳)$$

$$Sp = \frac{TN}{TN + FP} \quad (۴)$$

$$Pr = \frac{TP}{TP + FP} \quad (۵)$$

$$AUC = \frac{1}{2}\left(\frac{TP}{TP + FN} + \frac{TN}{TN + FP}\right) \quad (۶)$$

دقت روی تاثیر کلی طبقه‌بند تمرکز می‌کند. صحت، شرط کلاس برچسب داده‌ها با برچسب‌های مثبت مشخص شده توسط طبقه‌بند را ارزیابی می‌کند. حساسیت تاثیر طبقه‌بند بر برچسب‌های مثبت و چگونگی تاثیر طبقه‌بند با برچسب منفی را تشخیص می‌دهد و سطح زیر منحنی توانایی طبقه‌بند برای اجتناب از طبقه بندی نادرست می‌باشد. در روش KNN که یک الگوریتم یادگیری ماشین با سرپرست می‌باشد، برای طبقه‌بندی الگوی ورودی، فاصله‌ی آن با همه‌ی نمونه‌های آموزشی محاسبه شده و K نمونه که از بقیه‌ی نمونه به الگو نزدیک‌تر هستند پیدا می‌شوند. نمونه‌ی ورودی به کلاسی که بیشترین تعداد را در K همسایه دارد طبقه‌بندی می‌شود. در این روش لازم است تمامی نمونه‌های آموزشی در حافظه دخیره گردد. در

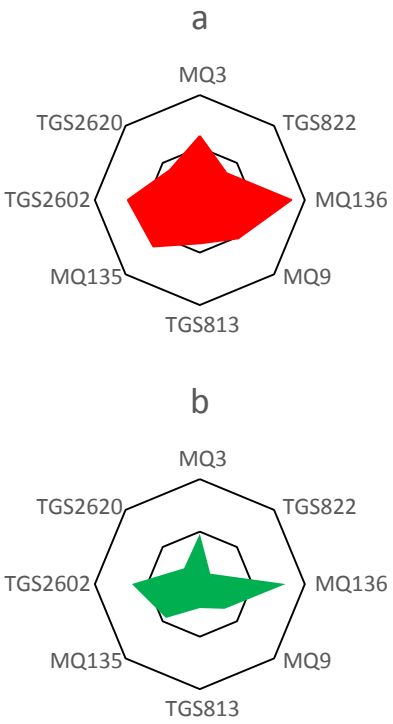
www.SID.ir

Archive of SID

این پژوهش تمام محاسبات و تحلیل‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای Unscrambler x10.4، Matlab 2015 و Excel 2013 انجام شد.

یافته‌ها

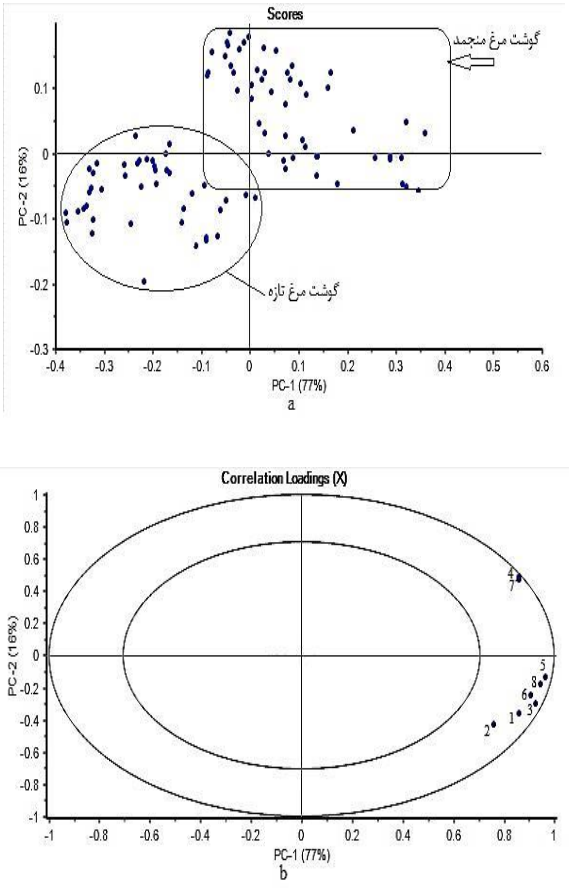
پاسخ حسگرها با استفاده از روش تفاضلی، نرمال شد و پس از استخراج بیشترین پاسخ حسگرها، نمودار رادار[1] آن‌ها رسم گردید. در شکل ۴ نمودار رادار برای گوشت مرغ تازه و منجمد نشان داده شده است. نمودار رادار نشان می‌دهد که بوی‌های گوشت مرغ تازه و منجمد یخ زدایی بیش‌ترین و کم‌ترین تأثیر را به ترتیب بر روی حسگر MQ136 و حسگر TGS822 دارند.



شکل ٤- نمودار رادار پاسخ حسگرها برای گوشت مرغ تازه (a) و گوشت منجمد (b)

- نتایج تحلیل PCA

در این پژوهش از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) برای تشخیص و تفکیک تازگی گوشت مرغ استفاده شد. مولفه‌های اصلی یک روش چند متغیره بدون ناظراست و روشی شناخته شده در فشرده سازی داده‌های خطی و استخراج ویژگی‌ها می‌باشد. تحلیل مؤلفه‌های اصلی می‌تواند برای کاهش ابعاد داده مورد استفاده قرار گیرد، به این ترتیب مؤلفه‌هایی از مجموعه داده را که بیشترین تأثیر در واریانس را دارد حفظ می‌کند (Changying *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 مشخص‌تر شود (Mahmoudi *et al.*, 2006). نمودار اسکور[2] مؤلفه‌های اصلی، واریانس بین داده‌های حاصل از اندازه‌گیری نمونه‌ها را بیان می‌کند. بر اساس نتایج حاصل از تحلیل نمودار اسکور (شکل ۵- a)، نمونه‌های گوشت مرغ تازه و منجمد و در قالب دو مؤلفه‌ی اصلی PC1 و PC2 به ترتیب با مقادیر ۷۷ و ۱۶ درصد واریانس به خوبی تفکیک شده‌اند.

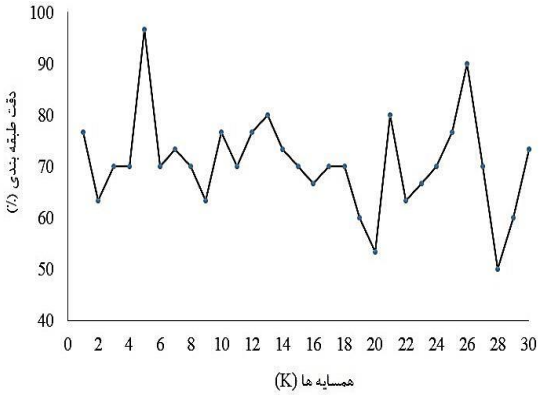


شکل۵- (a) نمودار اسکور و (b) نمودار لودینگ تحلیل PCA برای شناسایی گوشت مرغ تازه و گوشت مرغ منجمد

[1] Radar [2] Score plot [2] Loadings

www.SID.ir

Archive of SID



شکل٦- نمودار مقدار دقت کلی طبقه‌بندی برای مقادیر مختلف K

برای اطلاع از میزان تأثیر هر کدام از حسگرها در تحلیل‌های شناسایی الگو، حسگرها در نموداری به نام نمودار لودینگ[۳] با ضرایب مقادیر ویژه تصویر شدند (شکل ۵- b). هر چه مقدار لودینگ حسگری روی یک مؤلفه‌ی اصلی بزرگ‌تر باشد، بیانگر نقش بیشتر آن حسگر در تشخیص گوشت مرغ تازه و منجمد 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 (Sanaeefar et al., 2014).

- نتایج تحلیل KNN

به منظور اعمال روش KNN بر روی داده‌ها و همچنین برای تعیین بهترین مقدار K در روش KNN، برنامه‌ای در نرم افزار متلب نوشته شد و برای مقادیر K از مقدار ۱ تا ۳۰، برنامه به تعداد ۳۰ بار اجرا گردید و در هر بار اجرای آن، مقدار دقت کلی طبقه‌بندی محاسبه گردید. نمودار دقت کلی طبقه‌بندی به تعداد K در شکل ۶ ارائه شده است. همان‌طور که در شکل دیده می‌شود بالاترین دقت طبقه‌بندی در K=5 رخ داده است.

عملکرد بهینه طبقه‌بند KNN با ۵۰ بار اجرای آن حاصل شد و ماتریس اغتشاش مربوطه در جدول ۲ آورده شده است. با تشکیل ماتریس اغتشاش، مقادیر شاخص‌های آماری برای دو کلاس گوشت مرغ تازه و نوع یخزدایی شده برای داده‌های آزمون محاسبه شدند (جدول ۳).

بحث

با توجه به نتایج بدست آمده از نمودار رادار (شکل ۴) می‌توان نتیجه گرفت که حسگر MQ136 در میان حسگرهای دیگر، بیشترین نقش را در طبقه بندی دارد. همان‌طور که در شکل (۵-a) مشاهده می‌شود، سامانه ماشین بویایی به خوبی توانسته است نسبت به بوی نمونه‌های گوشت مرغ تازه و گوشت مرغ منجمد

جدول ۲- ماتریس اغتشاش به دست آمده دو کلاس گوشت مرغ تازه و نوع منجمد یخزدایی شده با طبقه‌بند KNN برای داده‌های آزمون

		کلاس‌های واقعی گوشت مرغ	
		گوشت مرغ تازه	گوشت مرغ منجمد
کلاس‌های پیش‌بینی شده گوشت مرغ	گوشت مرغ تازه	۱۵[a]	۱[b]
	گوشت مرغ منجمد	۰[a]	۱۳[a]

a: نمونه‌هایی که درست طبقه بندی شده اند، b: نمونه‌هایی که اشتباه طبقه بندی شده اند

جدول ۳- مقادیر شاخص‌های آماری مربوط به ماتریس اغتشاش به دست آمده دو کلاس گوشت مرغ تازه و نوع منحمد یخزدایی شده با طبقه‌بند KNN برای داده‌های آزمون

		شاخصه‌های آماری (٪)				
		دقت طبقه‌بندی	صحت	حساسیت	اختصاصی بودن	سطح زیر منحنی
کلاس‌ها	گوشت مرغ تازه	۹۶/۶۷	۹۳/۷۵	۱۰۰	۹۳/۳۳	۹۶/۶۷
	گوشت مرغ منجمد	۹۶/۶۷	۱۰۰	۹۳/۳۳	۱۰۰	۹۶/۶۷
	میانگین به ازای هر کلاس	۹۶/۶۷	۹۶/۸۷	۹۶/۶۷	۹۶/۶۷	۹۶/۶۷

www.SID.ir

Archive of SID

واکنش نشان دهد و گوشت مرغ تازه را از گوشت مرغ منجمد یخ زدایی به خوبی تفکیک کند. همان‌طور که در نمودار لودینگ (شکل ۵–b) مشاهده می‌شود حسگرهای شماره ۴(MQ136) و ۷ (TGS2602) بالاترین پاسخ‌ها را در مقایسه با دیگر حسگرها دارند. مابقی حسگرها شامل شماره: ۱ (MQ3)، ۲ (MQ9)، ۳ (MQ135)، ۵ (TGS813)، ۶ (TGS822) و ۸ (TGS2620) واکنش کمی در بررسی تازگی گوشت مرغ تازه و منجمد دارند.

عدم تغییرات قابل ملاحظه حسگرهای ذکر شده بیانگر این حقیقت است که بوی این گازها در بررسی تازگی گوشت مرغ تازه و منجمد نقشی ندارند و با توجه به لزوم کاهش هزینه ساخت ماشین بویایی می‌توان این حسگرها را حذف نمود (Ayari *et al*., 2018a; Heydarbeigi *et al*., 2015). نزدیکی برخی از حسگرها به هم، نشان دهنده این مطلب است که این حسگرها نتایج مشابهی در سامانه و در تشخیص ترکیبات مورد نظر را ایجاد می‌کنند و می‌توان از هر کدام آن‌ها فقط یکی را در فرآیند تحلیل داده استفاده کرد. نتایج مشابهی توسط سایر محققین (Sanaeifar *et al*., 2016; Ayari *et al*., 2018b) گزارش شده است.

همان‌طور که از جدول ۲ قابل مشاهده است، طبقه بند تمام نمونه‌ها به جزء یک مورد را به درستی تشخیص داده و طبقه‌بندی نموده است. نمونه‌ای که به درستی طبقه‌بندی نشده، نمونه‌ای است که در واقع متعلق به گوشت منجمد بوده اما مدل (طبقه‌بند) به اشتباه آن را گوشت تازه تشخیص داده است (در کلاس گوشت تازه طبقه‌بندی نموده است). بر اساس جدول ۳ مقادیر شاخص‌های آماری شامل دقت، صحت، حساسیت، اختصاصی بودن و سطح زیر منحنی (AUC) برای کلاس گوشت مرغ تازه به ترتیب برابر با ۹۶/۶۷، ۹۳/۷۵، ۱۰۰، ۹۳/۳۳ و ۹۶/۶۷ درصد بدست آمد. در حالی‌که این مقادیر برای کلاس گوشت مرغ یخ‌زدایی شده به ترتیب برابر با ۹۶/۶۷، ۱۰۰، ۹۳/۳۳، ۱۰۰ و ۹۶/۶۷ درصد بدست آمد. همان‌گونه که از نتایج جداول ۲ و ۳ قابل مشاهده است، طبقه‌بند KNN توانسته است طبقه‌بندی مطلوبی جهت تشخیص گوشت مرغ تازه از نوع منجمد یخ‌زدایی شده داشته باشد. در تحقیقی استفاده از روش NIR به منظور تشخیص گوشت مرغ تازه و مرغ منجمد یخ زدایی شده استفاده شد. نتایج نشان داد که دقت تشخیص برای مرغ تازه و مرغ منجمد یخ‌زدایی شده به ترتیب ۹۴/۴ و ۹۶/۸ درصد به دست آمد (Atanassova *et al*., 2018). همچنین محققین دیگری از روش‌هایی مانند روش آنزیم (Ellerbroek *et al*., 1995) و آکنیتاز (Škorpilová *et al*., 2013) در تشخیص گوشت مرغ منجمد یخ‌زدایی شده از گوشت مرغ تازه استفاده کردند. (Edita *et al*., 2018) در تحقیقی از روش ماشن بویایی به عنوان روشی سریع برای تشخیص کیفیت گوشت مرغ تازه یاد کردند. در تحقیقی کیفیت میگوی سفید با استفاده از مدل پیش‌بینی K و سامانه بویایی مطالعه شد. نتایج نشان داد که مقدار K در اثر افزایش فساد بیولوژی زیاد شد. همچنین نتایج نشان داد که روش PCA نتوانست کیفیت میگو را تشخیص دهد. نهایتا روش بویایی به عنوان روشی سریع برای ارزیابی کیفیت آبزیان پیشنهاد شد (Shao *et al*., 2018). در تحقیقی تشخیص تازگی گوشت مرغ به کمک روش شبکه‌های عصبی مصنوعی و ماشین بویایی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که دقت طبق‌بندی روش شبکه‌های عصبی مصنوعی ۹۷/۹۲ درصد بود (Timsorn *et al*., 2014).

نتیجه‌گیری

براساس نتایج بدست آمده از این پژوهش، سامانه ماشین بویایی روشی بسیار مؤثر برای شناسایی تازگی گوشت مرغ می‌باشد که دلیل اصلی آن میتنی بر سرعت، هزینه کم و قابل اطمینان بودن حسگرها است. نتایج تحلیل مؤلفه‌های اصلی(PCA) برای بررسی تازگی گوشت مرغ تازه و منجمد یخ‌زدایی در دو مؤلفه‌ی اصلی PC1 و PC2 به ترتیب ۷۷ درصد و ۱۶ درصد واریانس بین نمونه‌ها را توصیف کردند. همچنین با توجه به نتایج ماتریس اغتشاش طبقه‌بند، مقادیر شاخص‌های آماری شامل دقت، صحت، حساسیت، اختصاصی بودن و سطح زیر منحنی (AUC) برای کلاس گوشت مرغ تازه به ترتیب برابر با ۹۶/۶۷، ۹۳/۷۵، ۱۰۰، ۹۳/۳۳ و ۹۶/۶۷ درصد و برای کلاس گوشت مرغ منجمد یخ‌زدایی شده به ترتیب برابر با ۹۶/۶۷، ۱۰۰، ۹۳/۳۳، ۱۰۰ و ۹۶/۶۷ درصد به دست آمد.

www.SID.ir

Archive of SID

سپاسگزاری

از حمایت‌های مادی و معنوی دانشگاه رازی تشکر می‌گردد.

منابع

ایاری، ف. (۱۳۹۶). توسعه و پیاده سازی سامانه بینی الکترونیک به منظور تشخیص روغن حیوانی گاوی از نوع تقلبی. پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک بیوسیستم. دانشگاه رازی. ایران.

شیبانی تذرجی، الف. (۱۳۹۴). تشخیص کیفیت و درجه بندی گوشت شترمرغ با استفاده از تکنیک ماشین بینایی. پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه جیرفت.

صنیعی آباده، م.، محمودی، س. و طاهرپور، م. (۱۳۹۳). داده کاوی کاربردی. انتشارات نیاز دانش.

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, 181- 198.

Atanassova, S., Stoyanchev, T., Yorgov, D. & Nachev, V. (2018). Differentiation of fresh and frozen-thawed poultry breast meat by near infrared spectroscopy. Bulgarian Journal of Agricultural Science, 24, 162-168.

Ayari, F., Mirzaee- Ghaleh, E., Rabbani, H. & Heidarbeigi, K. (2018a). Using an E-nose machine for detection the adulteration of margarine in cow ghee. Journal of Food Process Engineering, e12806.

Ayari, F., Mirzaee- Ghaleh, E., Rabbani, H. & Heidarbeigi, K. (2018b). Detection of the adulteration in pure cow ghee by electronic nose method (case study: sunflower oil and cow body fat). Inernational Journal of Food Properties, 21 (1), 1670- 1679.

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 Engineering, 47(5), 1625–1633.

Beygzadeh, S. & Chizaree, A. (2007). Study of marketing channel and factors affecting marketing margin of potato. Journal of Agricultural Economics and Development, 15 (57), 81-103.

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

Changying, L., Heinemannb, P. & Richard, S. (2007). Neural network and Bayesian networkfusion models to fuse electronic nose and surface acoustic wave sensor data for apple defect detection. Sensors and Actuators B: Chemical, 125, 301–310.

Chen, Q., Hui, Zh., Zhao, J. & Ouyang, Q. (2014). Evaluation of chicken freshness using a low-cost colorimetric sensor array with AdaBooste OLDA classification algorithm. LWT – Food Science and Technology, 57(2), 502-507.

Connell, M., Valdora, G., Peltzer, G. & Negri, R. M. (2001). A practical approach for fish freshness determinations using a portable electronic nose. Sensors and Actuators B: Chemical, 80, 149–154.

Darzi, M., Olfat Bakhsh, A., Gorgin, S., Oveisi, F., Hashemi, A. & Alavi, N. (2016). Classification of unbalanced data in the primary diagnosis of breast diseases with adebast methods, probable neural network and K to the nearest neighbor. Iranian Journal of Breast Diseases, 9 (2), 1-12.

Edita R., Darius G., Vinauskienė R., Eisinaitė V., Balčiūnas G., Dobilienė J. & Tamkutė L. (2018). Rapid evaluation of fresh chicken meat quality by electronic nose. Czech Journal of Food Science, 36, 420-426.

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.

Ellerbroek, L.I., Lichtenberg, G. & Weise, E. (1995). Differentiation between fresh and thawed meat by an enzyme profile test. Meat Science, 40, 203- 209.

Fraizer, V. & Vesthof, D. (2010). Food microbiology (5th ed). Translated by Mortazavi, A. University of ferdowsi press. Mashhad. PP, 29-40.

Ghasemi-Varnamkhasti, M., Mohtasebi, S. S., Siadat, M., Lozano, J., Ahmadi, H., Razavi, S. H. & Dicko, A. (2011). Aging fingerprint characterization of beer using electronic nose. Sensors and Actuators B: Chemical, 159, 51-59.

www.SID.ir

Archive of SID

Gram, L., Ravn, L., Rasch, M., Bruhn, J. B., Christensen, A. B. & Givskov, M. (2002). Food spoilage interactions between food spoilage bacteria. Inernational Journal of Food Microbiology, 78(1-2), 79-97.

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

Mahmoudi, A., Omid, M., Aghagolzadeh, A. & Borghayee, A. M. (2006). Grading of Iranian's export pistachio nuts based on artificial neural networks. International Journal of Agriculture and Biology, 8(3), 371-376.

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

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.

Sanaeefar, A., Mohtasebi, S. S., Ghasemi Varnamkhasti, M. & Ahmadi, H. (2014). Evaluation of machine olfaction system (electronic nose) based on metal oxide semiconductor (MOS) sensors in detecting aroma fingerprint changes of banana storage. Innovative Food Technologies Journal (JIFT), 1(3), 29-38.

Sanaeifar, A., Mohtasebi, S. S., Ghasemi-Varnamkhasti, M. & Ahmadi, H. (2016). Application of MOS based electronic nose for the prediction of banana quality properties. Measurement, 82, 105–114.

Shao, C., Zheng, H., Ahou, Z., Li, J., Lou, X., Hui, G. & Zhao, Z. (2018). Ridgetail white prawn (Exopalaemon carinicauda) K value predicting method by using electronic nose combined with non-linear data analysis model. Food Analytical Methods, 11 (11), 3121-3129.

Škorpilová, T., Šimoniová, A., Rohlík, B. & Pipek, P. (2013). The use of aconitase for the detection of frozen/thawed poultry meat. Maso International Journal of Food Science and Technology, 1, 73-77.

Sokolova, M. & Lapalme, G. (2009). A systematic analysis of performance measures for classification tasks. International Processing & Management, 45(4), 427–437.

Timsorn, K., Wongchoosuk, C., Wattuya, P., Promdaen, S. & Sittichat, S. (2014). Discrimination of chicken freshness using electronic nose combined with PCA and ANN. 11th International conference on electrical engineering/electronics, computer, telecommunications and information technology (ECTI-CON). Nakhon Ratchasima, Thailand.

Tohidi, M., Ghasemi- Varnamkhasti, M., Ghafari Niya, V., Mohtasebi, S. S. & Bonyadiyan, M. (2017). Construction and development of an e- nose machine in combination with pattern recognition methods for detecting formalin cheating in raw milk. Iranian Journal of Biosystem Engineering, 47 (4), 761- 770.

Varidi, M. J., Varidi, M, Vajdi, M. & Sharifpour, A. (2018). Design, development and application of electronic nose instrument to rapidly detect spoilage of air, vacuum and modified atmosphere packaged camel minced meat. Iranian Food Science & Technology Institute - Iran Food Science and Technology Society, 15 (74), 213-225.

Winquist, F., Hornsten, E.G., Sundgren, H. & Lundstrom, I. (1993). Performance of an electronic nose for quality estimation of ground meat. Measurement Science and Technology, 4, 1493–1500.

Wu, X., Kumar, V., Quinlan, J. R., Ghosh, J., Yang. Q., Motoda, H., Mclachlan, G., Ng. A., Liu, B., Yu, P., Zhou, Z., Steinbach, M., Hand, D. & Steinberg, D. (2008). Top 10 algorithms in data mining. Journal of Knowl Information System, 14, 1–37.

Xiong, Z., Sun, D. W., Pu, H., Xie, A., Han, Z. & Luo, M. (2015). Non-destructive prediction of thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) value for freshness evaluation of chicken meat using hyperspectral imaging. Food Chemistry, 179, 175–181.

www.SID.ir

Archive of SID

Food Technology & Nutrition / Spring 2020 / Vol. 17 / No.2

Intelligent Classification of Fresh Chicken Meat from Frozen-Thawed Using Olfactory Machine

A. Taheri -Garavand [a], E. Mirzaee- Ghaleh[b*], F. Ayari [c]

[a] Assistant Professor, Mechanical Engineering of Biosystems Department, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran.

[b] Assistant Professor, Mechanical Engineering of Biosystems Department, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran.

[c] M.Sc. of Mechanical Engineering of Biosystems Department, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran.

Received: 11 July 2019 Accepted: 25 November 2019

Abstract

Intruduction: Meat is one of the main sources of animal protein that is required and used for human consumption. Chicken meat due to the availability and economic reasons has high consumption in human societies and freshness is the most important qualitative feature of chicken meat. A device is required and necessary for detection of fresh-chilled chicken meat from frozen-thawed ones.

Materials and Methods: In this research, a portable olfactory machine based on eight semiconductor metal oxide sensors was used for detecting the freshness of chicken meat. Ten grams of meat was uesd for each test followed by preprocessing and the data were analyzed by PCA and KNN methods.

Results: Based on the results of PCA and KNN analysis, the freshness of chicken meat was detected with high accuracy by e-nose system. The 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.

Conclusion: The olfactory machine system is a very effective way to identify the freshness of chicken meat, which is based on the speed, low cost and reliability of the sensors.

Keywords*: Chicken Meat, Freshness, Olfactory Machine, Sensor.*

* Corresponding Author: e.mirzaee@razi.ac.ir

علوم غذایی و تغذیه / بهار ۱۳۹۹ / سال هفدهم / شماره ۲

www.SID.ir