

# A Review of Meat Quality Based on Electronic Nose

Aiping Gong<sup>1</sup>, Yongni Shao<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Intelligent Manufacturing and Equipment, Shenzhen Institute of Information Technology, Shenzhen Guangdong

<sup>2</sup>Shanghai Key Lab of Modern Optical System, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai  
Email: gongap@szit.edu.cn

Received: Jun. 6<sup>th</sup>, 2018; accepted: Jun. 20<sup>th</sup>, 2018; published: Jun. 27<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

Electronic nose is a kind of detection device for simulating animal olfactory organs. It is widely used in the field of food quality testing because of its advantages of fast, nondestructive and so on. The work of electronic nose can be simply summarized as: Sensor array, signal preprocessing, neural network and various algorithms, computer recognition (gas qualitative and quantitative analysis). Functionally speaking, gas sensor array is equivalent to a large number of olfactory receptor cells in biological olfactory system. Neural network and computer recognize biological equivalent brain, and the rest part is equivalent to olfactory nerve signal transmission system. With the increasing proportion of meat products in the national consumption food, people's demand for meat quality is higher and higher. Electronic nose can distinguish meat freshness, meat harmful substances and meat adulteration. The composition, working principle of the electronic nose and the problems faced by the present electronic nose technology and the research results are introduced, and the future development of the electronic nose is also prospected.

## Keywords

Electronic Nose, Meat, Identification

---

# 电子鼻在肉类品质检测中的研究进展

龚爱平<sup>1</sup>, 邵咏妮<sup>2</sup>

<sup>1</sup>深圳信息职业技术学院智能制造与装备学院, 广东 深圳

<sup>2</sup>上海理工大学上海现代光学系统重点实验室, 上海  
Email: gongap@szit.edu.cn

收稿日期: 2018年6月6日; 录用日期: 2018年6月20日; 发布日期: 2018年6月27日

## 摘要

电子鼻通过模仿哺乳动物嗅觉系统的主要构件来检测和识别复杂的气味, 由于其快速、无损等优点被应用于食品生产链早期污染和缺陷检测。作为一种分析仪器, 电子鼻利用传感器阵列对气体信号采集, 电子鼻系统再通过信号预处理、神经网络和各种算法对气体定性定量分析。伴随着肉类食品在我国国民消费所占的比例越来越高, 人们对肉类品质的要求也越来越高, 研究人员已采用电子鼻对肉类新鲜度、肉类有害物质、肉类掺假等进行鉴别, 研究表明电子鼻的准确识别率能达到87.5%以上。本文介绍了电子鼻的组成、工作原理和电子鼻技术在检测肉类新鲜度、肉类有害物质、肉类掺假问题的典型研究成果以及存在的问题, 并提及了电子鼻的未来发展趋势和应用领域。

## 关键词

电子鼻, 肉类, 鉴别

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

目前, 我国是世界上肉制品生产的第一大国, 也是肉制品消费总量最多的国家, 我国的肉制品大体上分为中国传统风味的中式肉制品(如金华火腿)和中国特色的西式肉制品(如广式腊肠)。2015年, 我国全年肉类总产量8625万t, 肉与肉制品的进口量达268.4万t, 到2020年, 我国肉与肉制品的需求总量预计将达1亿t, 将是肉制品生产与消费最大国家之一[1]。党的十八大提出了全面建成小康社会, 随着全面建成小康社会时间的到来, 人们的生活水平的提高, 肉类食品的质量安全问题越来越受到人们的重视。

电子鼻又称气味扫描仪, 是基于人类鼻子感知和识别气味的工作原理开发出来的一种气味检测的智能设备。风味物质的挥发性成分存在差异是电子鼻应用的物质基础[2], 电子鼻通过采集样品挥发性成分如酯类、醇类、醛类、酮类、烷及其他烃类、酸类、含N、S化合物、醚及环氧类等整体信息来评估食物品质的新测量方法。电子鼻通过一组气体传感器阵列的响应图案来识别多种气味。电子鼻检测技术具有响应时间短、检测速度快、评估范围广、重复性好等特点, 可以检测多种不同类型的气味, 还能检测一些人鼻不能够检测的气体。近年来, 电子鼻技术得到广泛的研究和应用, 尤其是在食品品质检测领域具有巨大的应用前景[3][4]。

肉类新鲜度、肉类有害物质、肉类掺假等问题急需一个有效便捷的检测手段去解决。电子鼻是由选择性的电化学传感器阵列和适当的识别方法组成的仪器, 能识别简单和复杂的气味, 可得到与人的感官品评相一致的结果, 而且具有评价方法客观、重现性好、检测速度快等优点, 使得电子鼻技术在肉类及肉制品品质检测方面得到了国内外学者的关注[4][5][6][7][8]。国外对电子鼻技术研究较早, 技术也较成熟, 已经实现商品化。而我国对电子鼻技术研究起步较晚, 电子鼻技术处于研究阶段, 因此研究意义重大。

本文对最近几年电子鼻在肉类新鲜度、肉类有害物质、肉类掺假等问题中的应用研究成果做个概述, 并分析了电子鼻检测肉类制品存在的问题, 对今后的发展提出几点看法。

## 2. 电子鼻的组成及工作原理

电子鼻主要由气敏传感器阵列、信号预处理和模式识别三部分组成, 作为一种分析仪器, 这些组成部分必须能长期工作并保证可靠性和测试结果可重复性。如图 1 是电子鼻信号处理的典型工作原理, 它的工作过程一般为: 气味信息获取→数据预处理→模式识别分析→气味鉴别。电子鼻工作原理是: 当被测样品散发的某种气味呈现在气相型、光传感型以及金属氧化物型等常见的活性材料传感器面前, 传感器将化学输入转换成电信号, 不同活性材料的传感器检测气体的数据响应不一样, 例如样品的某种气味在特定的传感器上, 反应非常敏感, 产生强烈的电信号, 而在其他传感器上, 反应迟缓, 只有微弱的电信号产生。从而, 由多个传感器对一种气味的响应便构成了传感器阵列对该气味的响应谱, 而系统以此作为依据, 对不同气味进行有效区分。显然, 气味中的各种化学成分均会与敏感材料发生作用, 所以采集的数据是复杂气味的混合数据, 为实现对气味的定性或定量分析, 必须将采集到的传感器数据进行适当的预处理(消除噪声、特征提取、信号放大等)后, 采用合适的数据挖掘方法(如模式识别)对数据进行适当的分析, 然后实现混合气味分析。

图 2 是电子鼻数据分析多元模式分析技术的常用方法, 电子鼻的传感器阵列识别某种范围内独特的气味信息, 即所谓的气味指纹, 与检测对象挥发性成分分子相互拟合而进一步对样品进行识别。表 1 是

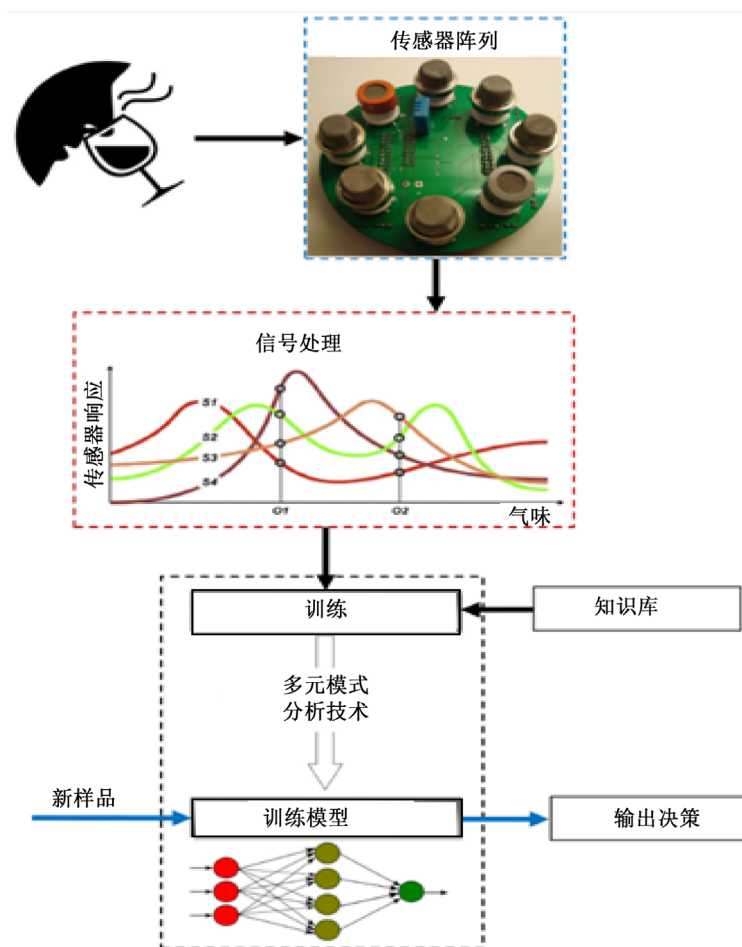
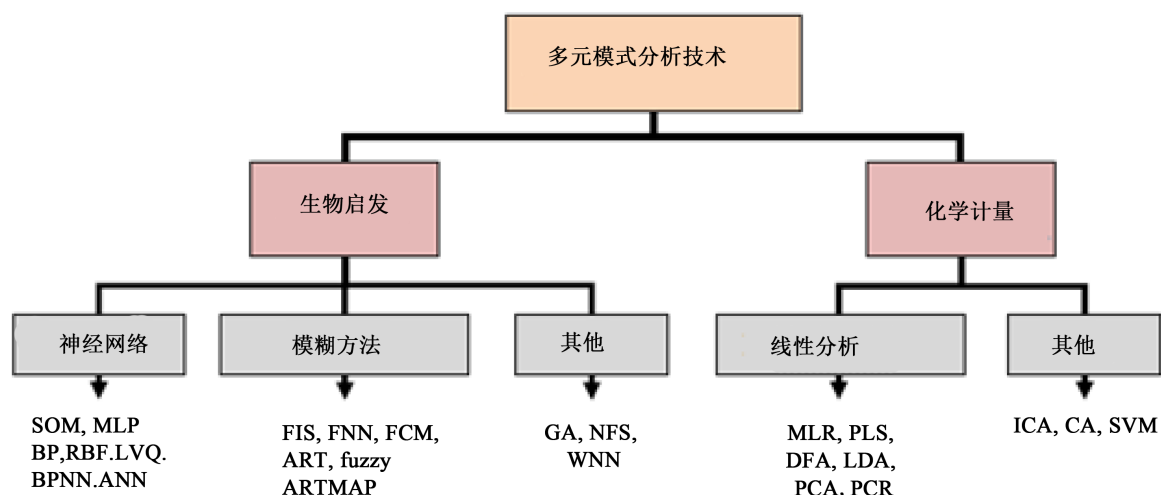


Figure 1. Analog voltage adjustable circuit and Pulse width modulation circuit  
图 1. 电子鼻信号处理的典型工作原理



**Figure 2.** Classification scheme of the multivariate pattern analysis techniques applied to e-nose data  
**图 2.** 电子鼻数据分析的多元模式分析技术常用方法

电子鼻数据分析多元模式分析技术在肉类品质检测中最常用的方法简介。

### 3. 电子鼻检测肉类问题研究成果

#### 3.1. 肉品新鲜程度的检测研究

随着气敏传感器和数据挖掘技术的发展, 利用电子鼻技术检测肉品新鲜度引起人们的持续关注。孙钟雷[7]利用电子鼻研究了猪肉气味随保存时期的变化, 该团队根据猪肉的气味特征, 合理选择了气敏传感器阵列, 采用遗传优化的组合径 RBF 神经网络作为模式识别方法分析传感器阵列获得的数据, 实验结果表明电子鼻系统对猪肉新鲜度的识别率达 95%。李刚等[8]利用电子鼻构建了一套检测识别肉类新鲜程度的测量系统, 该系统由氨类气味和硫化氢气味传感器阵列、NI 数据采集方案、BP 神经网络构成。识别 6 种新鲜等级, 研究表明该方法识别肉类新鲜度的准确率可达 90%以上。Tian 等[11]采用基于锡氧化物的 MOS 气体传感器阵列、多通道放大器、数据采集系统、A/D 转换器、微控器和运行在 PC 上的软件, 自制了电子鼻测量系统, 对贮藏在 15℃、10℃和 5℃下的带鱼和猪肉的新鲜度进行了研究, 以挥发性盐基氮(TVBN)和菌落总数作为对比检测, 利用主成分分析方法(PCA)对数据结果进行处理分析, 当实验带鱼样品的 TVBN ≤ 25 g 且菌落总数 ≤ 10<sup>6</sup> cfu/g 时, 认为该带鱼是新鲜的, 当实验猪肉样品的 TVBN ≤ 15 g 且菌落总数 ≤ 10<sup>6</sup> cfu/g 时, 认为该带猪肉是新鲜的, 研究表明自制电子鼻对不同货架期的带鱼新鲜度判别准确率达到 87.5%, 对猪肉的准确率则达到 91.7%。Li 等[12]为了快速无损检测猪肉新鲜程度, 采用比色传感器阵列自制了便携式电子鼻, 分别利用线性判别分析(LDA)模型和前向多层人工神经网络(BP-ANN)模型对采集数据进行了分析, 实验结果表明 BP-ANN 模型和 LDA 模型的正确率分别达到了 100%和 97.5%。

#### 3.2. 肉制品有害物质的检测研究

我国肉制品存在有害物质, 主要是微生物超标严重、食品添加剂、亚硝酸盐残留严重。Wang 等[14]利用电子鼻结合支持向量机(SVM)数据挖掘技术对 10 天内存储在 4℃条件下的猪肉活菌数量变化进行监测, 采用 PCA 分析法分析电子鼻的检测结果, 实验表明训练模型和验证模型的相关性达到 0.94 和 0.88, 同时表明电子鼻能够快速监测猪肉中菌落数的变化。Lippolis [15]等利用电子鼻在实验室和大规模生产制

**Table 1.** Summary of the classification scheme of the multivariate pattern analysis techniques applied to e-nose data in meat quality testing

**表 1.** 电子鼻数据分析多元模式分析技术在肉类品质检测中常用方法简介

算法缩写	简介
<b>RBF</b>	RBF 神经网络即径向基函数神经网络(Radical Basis Function)。径向基函数神经网络是一种高效的前馈式神经网络, 它具有其他前向网络所不具有的最佳逼近性能和全局最优特性, 结构简单, 训练速度快。
<b>BP</b>	BP(back propagation)神经网络是一种按照误差逆向传播算法训练的多层前馈神经网络[9]。基本 BP 算法包括信号的前向传播和误差的反向传播两个过程。即计算误差输出时按从输入到输出的方向进行, 而调整权值和阈值则从输出到输入的方向进行。正向传播时, 输入信号通过隐含层作用于输出节点, 经过非线性变换, 产生输出信号, 若实际输出与期望输出不相符, 则转入误差的反向传播过程。误差反传是将输出误差通过隐含层向输入层逐层反传, 并将误差分摊给各层所有单元, 以从各层获得的误差信号作为调整各单元权值的依据。通过调整输入节点与隐层节点的联接强度和隐层节点与输出节点的联接强度以及阈值, 使误差沿梯度方向下降, 经过反复学习训练, 确定与最小误差相对应的网络参数(权值和阈值) [10]。
<b>PCA</b>	PCA(principal Component Analysis), 即主成分分析方法, 是一种使用最广泛的数据压缩算法。在 PCA 中, 数据从原来的坐标系转换到新的坐标系, 由数据本身决定。转换坐标系时, 以方差最大的方向作为坐标轴方向。第一个新坐标轴选择的是原始数据中方差最大的方法, 第二个新坐标轴选择的是与第一个新坐标轴正交且方差次大的方向。重复该过程, 重复次数为原始数据的特征维数。
<b>LDA</b>	线性判别式分析(Linear Discriminant Analysis, LDA), 也叫做 Fisher 线性判别(Fisher Linear Discriminant, FLD), 是模式识别的经典算法, 线性鉴别分析的基本思想是将高维的模式样本投影到最佳鉴别矢量空间, 以达到抽取分类信息和压缩特征空间维数的效果, 投影后保证模式样本在新的子空间有最大的类间距离和最小的类内距离, 即模式在该空间中有最佳的可分离性。因此, 它是一种有效的特征抽取方法。使用这种方法能够使投影后模式样本的类间散布矩阵最大, 并且同时类内散布矩阵最小。它能够保证投影后模式样本在新的空间中有最小的类内距离和最大的类间距离, 即模式在该空间中有最佳的可分离性。
<b>BPNN</b>	BPNN 全称 Back Propagation Neural Network, 后向传播神经网络。它属于前馈型神经网络的一种。BP 神经网络就是在前馈型网络的结构上增加了后向传播算法(Back Propagation)。
<b>PLS</b>	偏最小二乘回归法(PLS: partial least squares): 是一种新型的多元统计数据分析方法, 它主要研究的是多因变量对多自变量的回归建模, 特别当各变量内部高度线性相关时, 用偏最小二乘回归法更有效。偏最小二乘回归较好地解决了样本个数少于变量个数等问题。偏最小二乘法是集主成分分析、典型相关分析和多元线性回归分析 3 种分析方法的优点于一身。
<b>SVM</b>	SVM(Support Vector Machine)指的是支持向量机。通常用来进行模式识别、分类以及回归分析。SVM 的主要思想可以概括为两点: 1) 它是针对线性可分情况进行分析, 对于线性不可分的情况, 通过使用非线性映射算法将低维输入空间线性不可分的样本转化为高维特征空间使其线性可分, 从而使得高维特征空间采用线性算法对样本的非线性特征进行线性分析成为可能。2) 它基于结构风险最小化理论之上在特征空间中构建最优超平面, 使得学习器得到全局最优解, 并且在整个样本空间的期望以某个概率满足一定上界。
<b>DFA</b>	DFA 全称为: Deterministic Finite Automaton, 即确定有穷自动机。其特征为: 有一个有限状态集合和一些从一个状态通向另一个状态的边, 每条边上标记有一个符号, 其中一个状态是初态, 某些状态是终态。但不同于不确定的有限自动机, DFA 中不会有从同一状态出发的两条边标志有相同的符号。它是通过 event 和当前的 state 得到下一个 state, 即 event + state = nextstate。理解为系统中有多节点, 通过传递进入的 event, 来确定走哪个路由至另一个节点, 而节点是有限的。
<b>Loadings</b>	Loadings 是 PCA 的一个函数, 主要显示主成分分析或者因子分析当中的 loadings 的内容, 在主成分分析中, 实际上是对主成分对应的各列, 即正交矩阵。在因子分析中, 其内容就是载荷因子矩阵。
<b>MLR</b>	多元线性回归(MLR)(multiple linear regression)是分析一个随机变量与多个变量之间线性关系的统计方法。

品中, 研究了干腌肉制品早期赭曲霉毒素 A、青霉菌的产生, 利用 DFA 分析法识别率达到 73%。Wang 等[13]借助电子鼻, 利用 SVM 和 PLS 方法研究猪肉中菌落总数, 实验表明电子鼻信号与菌落总数间的相关系数达到 0.88。Zhang 等[15]采用电子鼻配置甲醛气体传感器检测毒章鱼, 采用 PCA 技术正确识别率达到 93.1%。

### 3.3. 肉制品造假的检测研究

在肉制品的生产加工中, 一些不法企业为了谋取利益, 经常以次充好, 或者将低品质产品添加高品质产品中, 影响商品质量, 对消费者身体健康造成威胁。根据不同原料肉类商品的气味, 电子鼻可以判



断肉品是否掺杂其他成分。李颖康等[16]用电子鼻对滩羊、小尾寒羊和山羊的背最长肌、后腿肌肉和胸部肌肉的挥发性物质进行了测定,采用主成分分析(PCA)、传感器贡献率分析(Loadings)、线性分析(LDA)3种方法进行区别分析,结果表明电子鼻可明显区分3个品种羊的胸部肌肉和背最长肌和胸部肌肉。贾洪峰等[17]利用电子鼻探索了牦牛肉、牛肉和猪肉样品掺假识别的可行性,通过对所获得的数据进行主成分分析(principal component analysis, PCA)、判别因子分析(discriminant factor analysis, DFA)和偏最小二乘回归分析(partial least-squares analysis, PLS),结果表明电子鼻响应信号和猪肉馅掺入比例之间的相关性为0.9762;田晓静[18]用电子鼻检测羊肉中掺入不同比例猪肉和鸡肉,采用主成分分析和 Loading 分析实验数据,对不同掺假羊肉样品的正确识别率高达99.17%。Tian 等[19]用德制 PEN2 电子鼻将猪肉掺杂到羊肉中进行探测,对获取的数据分别采用 CDA、PLS、MLR 和 BPNN 等方法进行分析,实验结果发现 BPNN 的识别准确率达到97%。Santos 等[20]利用电子鼻技术对利比亚火腿进行品质检测,根据原料肉的种类和成熟时间散发的特征风味物质不同,选择合适的传感器阵列,采用主成分分析和人工神经网络方法分析对数据进行分析,结果表明电子鼻可以检测出不合格和假产品。Nurjuliana 等[21]利用电子鼻从猪肉、牛肉、羊肉、鸡肉为原料的香肠中挑出掺有猪肉的香肠,采用主成分分析等方法对电子鼻获得的数据进行分析,采用气相色谱检测结果进行校验,研究发现电子鼻可以检测出掺有猪肉的香肠。

以上研究结果表明,电子鼻技术在肉类新鲜程度、有害成分和掺假等方面的检测,理论和实施上均具有可行性。

#### 4. 电子鼻技术研究过程中存在的问题

本文概述了电子鼻在肉类品质检测中的进展,正如文中所述,电子鼻在食品品质检测领域是潜在的重要仪器。随着科技的发展,电子鼻检测速度将越来越快,检测可重复性高、稳定性强、应用越来越简单等优点。但目前来说,电子鼻的应用也存在一些问题:1) 运营成本相对还比较高。随着电子技术的发展,这问题将得到进一步的解决;2) 对于响应强的电子鼻传感器,目前的数据分析与处理技术还需进一步改善,数据预处理、模式识别算法、多维信息综合分析等与仿生特性存在一定的差距[22]。这需要依托计算机软件技术的发展,现有的模式识别方法还需要改进,深度学习已在人工智能领域日趋成熟,但还没有文献记载在电子鼻应用领域,深度学习将会是解决这一问题的一条途径;3) 传感器阵列专属性及稳定性还达不到广泛应用的标准,易受温度漂移、湿度、振动等环境的影响。这需要研制性能更好的气体传感器,石墨烯化学稳定性好、无电磁干扰和热稳定性好,由石墨烯制成的电子鼻传感器将会被广泛的应用于电子鼻;4) 实验方法的差异获得的气味响应结果不同,研究者对食品的前期预处理(如存放、解冻等)导致食品感染了有害物质,在检测实验样品的微生物种类和化学成分时易产生误判。研究者前期预处理需要标准化,建议研究者在无菌实验室进行样品分析,并结合高光谱图像对样品进行分析,电子鼻结合光谱视觉将更有效进行食品质量检测。

因此,食品检测的发展趋势是把人工感官组合成质量的评价体系,这种评价体系包括机器视觉、电子鼻、电子舌等设备,即色、香、味的综合评价体系。

#### 5. 结束语

随着国内对电子鼻技术的研究的不断深入,电子鼻将更好的用于肉类检测。表2是文章中介绍的目前采用电子鼻检测肉类新鲜度、肉类有害物质、肉类掺假等问题的相关文献摘要。电子鼻未来的发展是与数据分析相结合并和其他仪器联用,相关研究可在硬件软件的优化、信息融合和网络化方面寻求突破。随着科学技术的快速发展,电子鼻技术近期来取得了一系列可喜的成就,但至今电子鼻走出实验室的应用还不多!与人们的期望还存在着较大距离,因此还有许多研究工作要做。随着传感器、数据挖掘等技

**Table 2.** Summary of the applications of e-nose for detection of contamination and defect in foodstuffs  
**表 2.** 文章中介绍的电子鼻检测肉类品质的相关文献摘要

应用	检测内容	分析技术	评价	参考文献
肉品新鲜程度的检测	猪肉新鲜度	RBF	准确率 95%	孙钟雷[7]
	肉类新鲜度变化	BP	准确率 90%	李刚等[8]
	带鱼和猪肉的新鲜度	PCA	准确率带鱼 87.5%, 猪肉 91.7%	Tian 等[9]
	猪肉新鲜度	LDA、BPNN	准确率 97.5%	Li 等[12]
肉制品有害物质的检测	冷肉在 4℃条件下存储 10 d 内活菌数量变化	PCA、PLS、SVM	可行	Wang 等[13]
	赭曲霉毒素 A、青霉菌	DFA	73%	Lippolis[14]
	菌落总数	SVM、PLS	88%	Wang 等[13]
	毒章鱼	PCA	93.1%	Zhang 等[15]
肉制品造假的检测	区分滩羊、小尾寒羊和山羊肉	PCA、Loadings、LDA	可以明显区分	李颖康等[16]
	检测牦牛肉、牛肉和鸭肉样品	PCA、DFA、PLS	识别率高达 100%	贾洪锋等[17]
	检测羊肉中掺入鸡肉	CDA、PLS、MLR、BPNN	准确率高于 90%	田晓静[18]
	猪肉掺杂到羊肉中进行探测	CDA、PLS、MLR、BPNN	准确率达到 97%	Tian 等[19]
	利比亚火腿风味物质	PCA、ANN	可以区分出不合格和假产品	Santos 等[20]
	清真产品中是否掺有猪肉	PCA	可以检测出掺有猪肉的香肠	Nurjuliana 等[21]

术的发展, 电子鼻技术作为人工智能的产物必将逐步出现在环境检测、医疗卫生、药品工业、安全保障、公安与军事等实际应用中。

### 基金项目

深圳市战略新兴产业发展专项资金(JCYJ20150417094158023), 国家自然科学基金(31402318, 61605173)。

### 参考文献

- [1] 李江华, 张鹏, 孙晓宇, 等. 我国肉与肉制品标准体系现状研究[J]. 肉类研究, 2017, 31(5): 56-60.
- [2] 余群力, 蒋玉梅, 王存堂, 等. 白牦牛肉成分分析及评价[J]. 中国食品学报, 2005, 5(4): 124-127.
- [3] Miguel, P. and Laura, E.G. (2009) A 21st Century Technique for Food Control: Electronic Noses. *Analytica Chimica Acta*, **638**, 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2009.02.009>
- [4] Ampuero, S. and Bosset, J.O. (2003) The Electronic Nose Applied to Dairy Products: A Review. *Sensors and Actuators B: Chemical*, **94**, 1-12. [https://doi.org/10.1016/S0925-4005\(03\)00321-6](https://doi.org/10.1016/S0925-4005(03)00321-6)
- [5] 王智凝, 郑丽敏, 方雄武, 等. 电子鼻传感器阵列优化对猪肉新鲜度法的检测[J]. 肉类研究, 2015, 29(5): 27-30.
- [6] 吴升刚, 张玉华, 孟一, 等. 鸡肉品质劣变的电子鼻分析[J]. 食品工业科技, 2015, 36(14): 53-56.
- [7] 孙钟雷. 电子鼻技术在猪肉新鲜度识别中的应用[J]. 肉类研究, 2008, 108(2): 50-53.
- [8] 李刚, 曲世海, 郭培源, 等. 基于神经网络的肉类新鲜度辨识技术[J]. 传感器技术, 2005, 24(3): 15-17.
- [9] 闻新, 张兴旺, 朱亚萍, 等. 智能故障诊断技术: MATLAB 应用[M]. 北京航空航天大学出版社, 2015.
- [10] 余敬, 张京, 武剑, 等. 重要矿产资源可持续供给评价与战略研究[M]. 经济日报出版社, 2015.
- [11] Tian, X.Y., Cai, Q. and Zhang, Y.M. (2012) Rapid Classification of Hairtail Fish and Pork Freshness Using an Electronic Nose Based on the PCA Method. *Sensors*, **12**, 260-277. <https://doi.org/10.3390/s120100260>
- [12] Li, H.H., Chen, Q.S., Zhao, J.W., et al. (2014) Non-Destructive Evaluation of Pork Freshness Using Aportable Elec-

- tronic Nose (e-Nose) Based on a Colorimetric Sensor Array. *Analytical Methods*, **6**, 6271-6277. <https://doi.org/10.1039/C4AY00014E>
- [13] Wang, D.F., Wang, X.C., Liu, Y., *et al.* (2012) Prediction of Total Viable Counts on Chilled Pork Using an Electronic Nose Combined with Support Vector Machine. *Meat Science*, **90**, 373-377. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.07.025>
- [14] Lippolis, V., Ferrara, M., Cervellieri, A., *et al.* (2016) Rapid Prediction of Ochratoxin A-Producing Strains of Penicillium on Dry-Cured Meat by MOS-Based Electronic Nose. *International Journal of Food Microbiology*, **218**, 71-77. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2015.11.011>
- [15] Zhang, S.P., Xie, C.S., Bai, Z.K., *et al.* (2009) Spoiling and Formaldehyde Containing Detections in Octopus with an E-Nose. *Food Chemistry*, **113**, 1346-1350. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.08.090>
- [16] 李颖康, 马吉锋, 梁小军, 等. 应用电子鼻鉴别不同绵羊和山羊品种相同部位的羊肉研究[J]. 安徽农业科学, 40, 13392-13396, 13515.
- [17] 贾洪锋, 卢一, 何江红, 等. 电子鼻在牦牛肉和牛肉猪肉识别中的应用[J]. 农业工程学报, 2011, 27(5): 358-363.
- [18] 田晓静. 基于电子鼻和电子舌的羊肉品质检测[D]: [博士学位论文]. 杭州: 浙江大学生物系统工程与食品科学学院, 2014.
- [19] Tian, X.J., Wang, J. and Cui, S.Q. (2013) Analysis of Pork Adulteration in Minced Mutton Using Electronic Nose of Metal Oxide Sensors. *Journal of Food Engineering*, **119**, 744-749. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.07.004>
- [20] Santos, J.P., García, M., Aleixandre, M., *et al.* (2004) Electronic Nose for the Identification of Pig Feeding and Ripening Time in Iberian Hams. *Meat Science*, **66**, 727-732. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2003.07.005>
- [21] Nurjuliana, M., Cheman, Y.B., Mathashim, D., *et al.* (2011) Rapid Identification of Pork for Halal Authentication Using the Electronic Nose and Gas Chromatography Mass Spectrometer with Headspace Analyzer. *Meat Science*, **88**, 638-644. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.02.022>
- [22] 孙钦秀, 董福家, 陈倩, 等. 应用电子鼻技术检测肉与肉品质的风味和品质[J]. 食品研究与开发, 2015, 36(12): 123-126.

#### 知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2161-8801, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [csa@hanspub.org](mailto:csa@hanspub.org)