

# 电子鼻结合主成分分析法快速鉴别掺假牛肉

许文娟<sup>1\*</sup> 韩芳<sup>2</sup> 赵晗<sup>1</sup> 丁葵英<sup>1</sup> 刘文鹏<sup>1</sup> 田国宁<sup>1</sup>

1. 潍坊海关 山东潍坊 261041

2. 合肥海关 安徽合肥 230000

**摘要** 建立了基于电子鼻和主成分分析法鉴别掺假牛肉的方法。按照不同掺假比例,制备了掺混猪肉的牛肉样品,采集了掺假牛肉样品的电子鼻信号,提取第 70s 的响应值数据进行均值分析,并进行主成分分析。结果表明,不同掺假比例的牛肉样品,在 10 个传感器上的响应规律不同,主成分分析法可将掺假牛肉分为 3 大类:纯牛肉样品、掺假牛肉和纯猪肉样品,两个主成分的累计贡献率为 96.73%,区分度良好。通过检测验证,表明该方法的识别准确度达 97.5%。应用此方法,可以实现检测掺混猪肉的假牛肉的快速、无损筛查鉴别。

**关键词** 电子鼻 主成分分析 掺假 牛肉 鉴别

## Quick identification of adulterated beef by electronic nose and principal component analysis

XU Wenjuan, HAN Fang, ZHAO Han, DING Kuiying, LIU Wenpeng, TIAN Guoning

**Abstract** A method to identify adulterated beef based on electronic nose and principal component analysis was established. The beef samples mixed with pork were prepared according to different adulteration ratio, and the electronic nose signals of the adulterated beef samples were collected, and the response value at 70s was extracted for mean analysis, and principal component analysis was conducted. The results showed that beef samples with different adulteration ratio had different responses laws on ten sensors. The adulterated beef could be divided into three categories by principal component analysis, and they were pure beef samples, adulterated beef and pure pork samples, and cumulative contribution rate of the two principal components was 96.73%, and it had good discrimination. Through detection and verification, it showed that the recognition accuracy of this method was 97.5%. When this method was applied, quick and non-destructive screening and identification of adulterated beef mixed with pork could be realized.

**Key words** electronic nose; principal component analysis; adulteration; beef; identification

近年来,食品安全问题频发,人们对于肉类消费安全的关注点也从化学药物残留、微生物含量扩展到肉类掺假问题上。“假肉门”问题、国外冰冻多年的“僵尸肉”的曝光,加剧了人们对于肉类品质安全的担忧。肉类掺假不仅涉及经济利益,更严重损

害消费者权益和身体健康,尤其向清真肉制品中掺杂猪肉会涉及宗教信仰问题,严重影响社会安定<sup>[1,2]</sup>。

目前,国内外对于掺假肉鉴定的传统方法主要有二维聚丙烯酰胺凝胶电泳(2D SDS-PAGE)、聚合酶链式反应(PCR)、酶联免疫吸附测定(Elisa)、质谱(MS)<sup>[3~6]</sup>。SDS-PAGE 技术最先被用来鉴定肉类制品的组分,这种方法的缺陷是无法进行痕量分析,检测限也非常高(不同组分肉类含量在 5% 以上才能被检出)。使用 Elisa 技术很难一次完成多种肉类

收稿日期:2021-09-16

基金项目:海关总署科研项目(2019HK107);安徽省重点研究和开发计划(1804b06020349)

作者简介:许文娟(1986-),女,回族,硕士,高级工程师,研究方向为食品检验的研究,E-mail:281184493@qq.com

\* 通讯作者:许文娟

产品的鉴定,且成本高。PCR 法是目前肉质鉴定的最通用方法,然而其 DNA 检测试剂盒非常昂贵,前处理繁琐耗时,另外肉类加工过程中 DNA 易遭破坏,限制了该方法使用。质谱方法进行肉类鉴别,是基于蛋白或多肽进行的特异性检测,需要复杂的前处理,对检测工作者要求较高。以上传统检测方法虽然都可以实现肉类的真实性鉴别,但样品预处理过程复杂、操作耗时、检测成本高、对操作人员技术要求高,无法实现快速、无损、现场检测。

电子鼻是基于目标物的挥发性成分,采用气体传感器建立响应曲线快速识别气味组成的系统。设备无需对检测对象进行预处理,保留其完整性即可得到样品中挥发成分的整体指纹信息。结合统计分析方法,对指纹数据进行分析,建立数据库,即可实现未知物的快速定性和定量检测<sup>[7~11]</sup>。

本文以混入不同比例猪肉的掺假牛肉为研究对象,研究电子鼻快速检测牛肉中掺杂猪肉的可行性,结合主成分分析(PCA)定性鉴别掺假牛肉,为牛肉掺假快速检测提供技术依据。

## 1 实验部分

### 1.1 材料和仪器、设备、工具

#### 1.1.1 材料

试验用牛肉、猪肉样品均购自山东潍坊佳乐家超市,样品采购后分别单独密封,至实验室后立即进行样品制备。

#### 1.1.2 仪器、设备、工具

电子鼻 PEN3 型,德国 Airsense 公司;

绞肉机 MR9401,摩飞公司;

天平,案板和刀具。

### 1.2 样品制备

#### 1.2.1 建模集样品

以牛肉为基础,制备掺入不同比例猪肉的假牛肉样品,用于建模。将采购的新鲜牛肉、猪肉样品去除筋膜和大部分脂肪后切小块,按质量比 0%、10%、30%、50%、70%、100% 将猪肉块掺入牛肉块中,将混合好的猪肉块和牛肉块放入绞肉机运行 10s,制备成掺假肉糜。每组掺假比例的样品制备平行样 10 个,每个样品平行测定 3 次。

#### 1.2.2 验证集样品

以牛肉为基础,制备掺入不同比例猪肉的假牛肉样品,用于验证鉴别模型的准确性。将采购的新鲜牛肉、猪肉样品去除筋膜和大部分脂肪后切小块,按质量比 0%、5%、15%、20%、30%、60%、80%、100% 制备 8 种掺假比例的假牛肉样品,每组样品平行样 5 个,共制备 40 个样品作为验证集样品。

### 1.3 电子鼻采集

取待分析样品 10g,置于 100mL 烧杯中,用三层保鲜膜密封,静置平衡 20min 后,25℃ 环境下采用顶空吸气法进行电子鼻检测。打开电子鼻系统,将零气针和进样针通过保鲜膜插入烧杯,设置试验参数:清洗时间 60s,传感器归零时间 5s,准备时间 5s,数据采集时间 70s,进样流量 200mL/min。每个样品平行测定 3 次。

### 1.4 数据分析

采用电子鼻自带 WinMuster 软件对采集的传感器响应数据进行主成分分析(principal component analysis,PCA),为提高清晰度,最终图形通过 origin 绘制。采用 Excel 对 10 个传感器的影响规律进行绘图和分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 掺假牛肉的电子鼻传感器响应规律

对每组掺假样品(9 种掺假比例,共 9 组),测定 10 个样品在电子鼻 10 个传感器阵列的响应情况,对每个传感器的响应,提取其第 70s 的数据计算平均值,以每组掺假牛肉糜样品在 10 个传感器的第 70s 特征值均值进行绘图分析。结果如图 1。

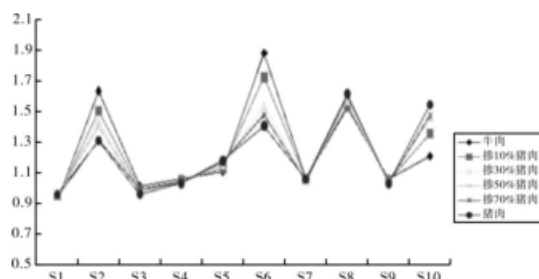


图 1 不同比例掺假牛肉样品在 10 个传感器的响应情况

如图 1 所示,传感器 S2、S6、S8 和 S10 对不同掺假肉的响应较强烈,其它传感器的响应信号相对较

低,且随样品组成变化不大。传感器 S2、S6 的响应呈现相同的规律,即随着掺入猪肉的比例升高,传感器信号的均值呈现下降趋势,而 S8 和 S10 呈现相反的规律。说明不同掺假比例的牛肉样品,在 10 个传感器上的响应规律不同,综合其指纹信息,可以将其有效区分。

## 2.2 主成分分析

提取各比例掺假牛肉建模样品在电子鼻 10 个传感器阵列的第 70s 稳态值数据,进行主成分分析,研究该时间点信号对不同掺假牛肉的区分效果,其结果见图 2。

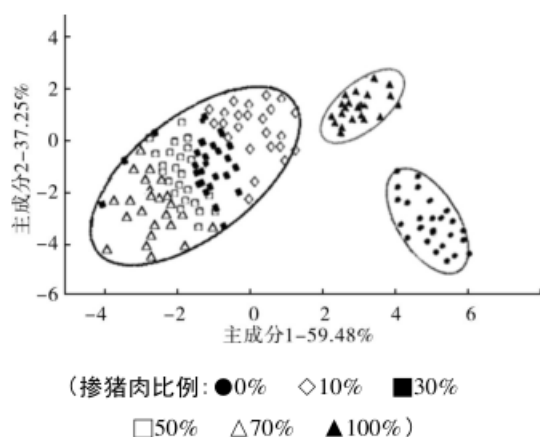


图 2 不同掺猪肉比例的掺假牛肉的 PCA 分析图

主成分分析结果表明,第一主成分的贡献率为 59.48%,第二主成分的贡献率为 37.25%,两者累积贡献率为 96.73%,说明两个主成分能解释大部分数据信息,区分度很好。采用主成分分析方法,可将不同牛肉样品分为 3 大类:纯牛肉样品(掺假比例 0%)、纯猪肉样品(掺假比例 100%)和掺假牛肉样品(掺假比例 10%~70%)。3 大类样品能很好区分,几乎无交叉。对于掺假牛肉样品组,掺假比例接近的样品,其主成分分析中有部分数据有重叠,但重叠情况不影响对掺假情况的定性判别,且不同比例掺假牛肉样品的数据点分布呈现相同规律,即随着第一主成分增加的方向,牛肉样品中掺入猪肉的比例降低。

## 2.3 验证集样品分析

采用 1.2.2 中制备的验证集样品,按照本实验 1.3 方法采集电子鼻数据,与 1.2.1 中建模集样品一起,提取各样品第 70s 的特征值,同时进行主成分分析。参照图 2,根据验证集样品在主成分分析中的位

置,判定其是否掺假。结果表明,经主成分分析,参与验证的 40 个样品中,有 5 个为纯牛肉样品,6 个为纯猪肉样品,29 个为掺假牛肉样品。与验证集样品真实情况(5 个纯牛肉,5 个纯猪肉,30 个掺假牛肉样品)相比,仅有 1 个样品由掺假牛肉样品判别为猪肉样品,39 个样品判断准确,准确率为 97.5%。

## 3 结论

采用电子鼻结合主成分分析法成功实现了纯牛肉、纯猪肉、掺猪肉假牛肉的有效鉴别,2 个主成分的累积贡献率为 97.36%,很好覆盖了 10 个电子鼻传感器的信号数据。通过 40 个验证集样品的验证,该方法建立的模型,判别准确率为 97.5%,可实现掺猪肉比例 5%~80% 的掺假牛肉的鉴别。通过继续完善掺假比例数据,可使模型实用性和准确性更高。

## 参考文献

- 1 许文娟,赵晗,孔彩霞,等.肉及肉制品掺假鉴别技术研究进展[J].肉类工业,2021(7):44-49.
- 2 孙莹,刘延平,赵燕华.探析食品检验对肉制品安全的重要性[J].食品安全导刊,2019(26):74-75.
- 3 刘岑杰,刘彦泓,杨滴,等.肉制品中鸭源性成分的实时荧光 PCR 检测[J].肉类工业,2015(1):51-53.
- 4 苗丽,张秀平,王建昌,等.肉制品中鸡源性成分重组酶介导等温扩增检测方法的建立及应用[J].江苏农业学报,2019,35(4):954-959.
- 5 张秀平,苗丽,黄世英,等.食品中鸭源性成分的微滴数字 PCR 定量检测方法的建立[J].中国兽医杂志,2020,56(6):29-34.
- 6 李莹莹,张颖颖,丁小军,等.液相色谱-串联质谱法对羊肉中鸭肉掺假的鉴别[J].食品科学,2016,37(6):204-209.
- 7 田晓静,王俊,崔绍庆.电子鼻快速检测区分羊肉中的掺杂鸡肉[J].现代食品科技,2013,29(12):2997-3001.
- 8 周秀丽,刘全,查恩辉.电子鼻在掺假牛肉馅识别中的应用[J].食品工业科技,2017,38(4):73-76.
- 9 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.
- 10 田晓静,王俊.电子鼻技术在肉与肉制品检测中的应用进展[J].肉类研究,2012(6):42-45.
- 11 田晓静.基于电子鼻和电子舌的羊肉品质检测[D].杭州:浙江大学,2014.