



# 基于电子鼻的 不同去势猪肉风味品质评价

王 曼, 王振宇, 马长伟

(中国农业大学食品科学与营养工程学院, 北京 100083)

**摘要:** 实验分别对免疫去势公猪肉、手术去势公猪肉和完全公猪肉进行电子鼻检测, 并采用主成分分析、线性判别式分析和交互验证判别分析分别对电子鼻15s、30s和60s响应值进行统计处理。结果表明, 主成分分析效果不好, 三个处理组几乎完全重叠; 线性判别式分析结果显示, 采用15s响应值其区分效果及聚类效果最好, 完全公猪组的气味显著地区别于免疫去势和手术去势组, 且免疫去势组的气味与手术去势组相似; 对15s、30s和60s响应值进行交互验证判别分析, 总体正确率依次为90.0%、83.3%、66.7%, 由各组的正确率可知, 完全公猪组的正确率最高, 正确率稍低的30s和60s响应值的分析结果显示, 手术去势组和免疫去势组较易混淆, 说明这两组气味相似。综上所述, 电子鼻的检测结果显示, 手术去势组和免疫去势组的气味相似, 且均与完全公猪组有较大差异。

**关键词:** 猪肉风味; 电子鼻; 主成分分析; 线性判别式分析; 交互验证判别分析

## Evaluation of Aroma Quality of Pork from Different Castrated Pigs Using an Electronic Nose

WANG Man, WANG Zhenyu, MA Changwei

(College of Food Science and Nutritional Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083)

**Abstract:** Immuno-castrated pigs (IC), surgically castrated pigs (SC) and entire male pigs (EM) were detected by an electronic nose (PEN3). 15s, 30s and 60s response values of electronic nose were analyzed by principal component analysis (PCA), linear discriminant analysis (LDA) and cross-validated discriminant analysis (CDA). The results showed that PCA was poorly discriminable due to the three groups almost overlapped. The odour of EM was significantly different from IC or SC and the odour of IC was similar to SC, so distinguishing and clustering effect of 15s response value obtained by LDA was better than others. CDA showed that the total accurate rate of 15s, 30s and 60s response values were 90.0%, 83.3%, 66.7%, respectively, EM always had the highest accurate rate and IC was easily-confused with SC when the total accurate rate was low, moreover, the results showed that the IC and SC were similar. In a word, the results based on an electronic nose showed that the odour of IC and SC were similar, and both of

收稿日期: 2009-11-02

基金项目: Improvac效力试验的感官和胴体评价试验

作者简介: 王曼 (1985-), 女, 河北省唐山人, 硕士研究生, 研究方向为肉品科学。

通讯作者: 马长伟 联系方式: chwma@cau.edu.cn

them were different from EM.

Key words: pork flavor; electronic nose; principal component analysis; linear discriminant analysis; cross-validated discriminant analysis

中图分类号: TS201.1 文献标识码: A 文章编号: 1001-8123(2009)12-0045-05

## 0 前言

饲养完全公猪有诸多优势,但最主要的缺点是公猪膻味,国内长期以来一直采用小公猪外科阉割去势的方法,以期避免出现公猪膻味。对小公猪实行外科阉割去势,可以消除公猪膻味,但同时存在很多弊端,如引起动物高度应激反应,外科伤口易感染,增加动物的发病率和死亡率。另外,外科阉割对动物非常残忍,尤其在非麻醉状态下更是如此。20世纪70年代以来,国内外许多学者对免疫去势进行了深入的研究,研究表明免疫去势既能保证去势的益处,不降低生长优势,又免除了动物的痛苦,符合当今发展动物福利保护的世界潮流。

免疫去势疫苗是一种抗促性腺激素释放激素(GnRH)疫苗,它能刺激猪的免疫系统产生抗GnRH抗体,因此给公猪注射疫苗后能暂时抑制睾丸功能,阻止公猪膻味物质的产生,且已存在的膻味物质可逐渐被代谢掉<sup>[1]</sup>。公猪的膻味主要源于雄烯酮和粪臭素,两种物质都是亲脂物质,主要存储于猪体的脂肪中<sup>[2]</sup>。公猪经免疫去势后,其风味品质会不会达到手术去势的效果,是免疫去势能否被广泛应用的关键所在。目前,对于免疫去势公猪肉的品质评价主要采用客观的胴体评价指标的测定<sup>[3-4]</sup>和感官评价<sup>[5-6]</sup>的方法,其中,在感官评价中,“气味”评价效果不是很理想,实验结果表明完全公猪肉、手术去势公猪肉和免疫去势公猪肉的气味没有明显的差异<sup>[5]</sup>,这可能是由于感官评价受很多主观因素的影响,另外,人的阈值较高导致对样品中低浓度的膻味物质并不敏感,因此,无法充分体现不同处理组之间的差异。

为了解决上述问题,本研究采用了一种分析、识别和检测复杂气味和大多数挥发性成分的仪器——电子鼻。电子鼻与普通的化学分析仪器,如色谱仪、光谱仪等不同,分析得到的不是被测样品中某种或某几种成分的定性定量结果,而是给出样品中挥发性成分的整体信息,也称“指纹”数据<sup>[7]</sup>,所以电子鼻的测试结果能够与人的感官评价进行系统化和科学化的对照,同时又能克服感官评价的很多弊端。此外,电子鼻技术是一种无损检测技术,具有客观、灵敏、准确、快捷、重复性好的特点,在食品、医疗和环境监测等方面的应用越来越广泛。

本研究采用电子鼻技术对经免疫去势产品

Improvac去势的公猪、手术去势公猪和完全公猪的煮制样品进行检测,进一步考察免疫去势的猪肉与手术去势的猪肉、完全公猪肉风味品质的异同性。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

实验采用来自同一养殖场的60只杜长大杂交小公猪,随机平均分为3组,第1组为完全公猪对照组(不进行去势处理),第2组作为Improvac去势组,第3组采用传统手术去势,饲养条件控制一致。第2组公猪于8周龄时进行皮下2mL Improvac疫苗注射,4周后给予第二次同剂量的皮下注射。所有60头猪同时于16周龄时进行屠宰,屠宰在广东省温氏瑞昌食品有限公司进行。屠宰后的胴体在4℃条件下进行分割,选取第12-13肋骨处眼肌作为实验样品,且保证每个样品一边保留约5mm厚的皮下脂肪层,于-80℃条件下冷冻保存。

### 1.2 实验仪器

实验采用的电子鼻系统是德国Airsense公司的PEN3(Portable Electronic Nose 3)便携式电子鼻。PEN3电子鼻包含有10个金属氧化物传感器。根据传感器接触到样品挥发物后的电导率G与传感器经过标准活性炭过滤后气体的电导率G0的比值进行数据处理和模式识别<sup>[8]</sup>。其工作过程为:样品密封一段时间后,将其顶空气体经采样通道泵入到电子鼻中,传感器因吸附了一定量的挥发性物质,电导率发生变化,该信号被数据采集系统获取并存储于计算机中。采样完成后,经活性炭过滤后的洁净空气(zero gas)被泵入电子鼻,对传感器进行清洗并使其恢复到初始状态<sup>[7]</sup>,为下一次的测量做好准备。

该电子鼻系统主要包含下面几个部分:传感器通道、采样通道和计算机,其结构如图1所示。系统采用的是10个金属氧化物传感器,各个传感器的名称及性能描述见表1<sup>[9]</sup>。

### 1.3 实验方法

为了便于电子鼻检测,需要预先对样品进行分割,具体操作如下:将-80℃条件下保存的样品放在4℃条件下缓慢解冻,分割的条件为每个样品重约25g,7mm厚,包含一部分脂肪且样品间肥瘦比例相似。分割后每片样品单独放在标记好的自封袋中,于-80℃条件下冷冻保存备用。

实验步骤为：将贮存在-80℃冰箱中的样品取出后，在4℃条件下缓慢解冻，样品解冻后放入约300mL沸水中煮制2min，每个样品均是用洁净的小锅单独煮制，之后将样品取出，切碎后迅速将其平铺于500mL的烧杯底部，并随即用双层保鲜膜密封，3min后开始测量。每组样品20个重复，分别来自20头猪，共测量60次。电子鼻测量时，清洗时间和检测时间均是60s。

#### 1.4 数据分析方法

本文采用电子鼻自带的WinMuster1.6.2 软件进行主成分分析(PCA)和线性判别式分析(LDA)，之后采用 SPSS16.0进行交互验证判别分析 (CDA)。

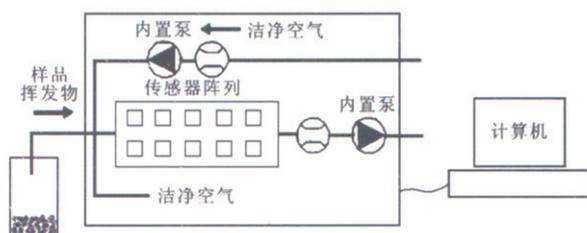


图1 PEN3原理图

Fig.1 Schematic diagram of PEN3 system

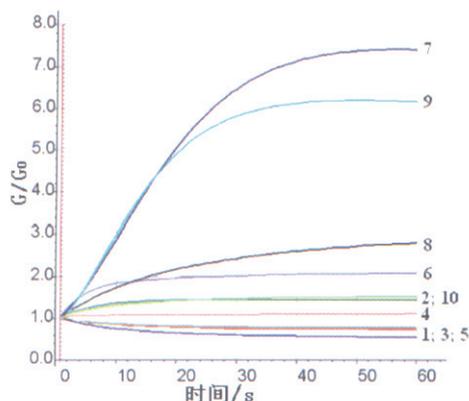


图2 完全公猪组某一样品传感器响应曲线

Fig.2 Sensors response curve of one of entire male pigs

#### 1.4.1 主成分分析

主成分分析是将所提取的传感器多指标的信息进行数据转换，并用较少的主成分代替原来的多维向量，从而消除样品数据中的冗余成份，达到数据降维的目的。将前两个或三个主成分在两维或三维图上表示出来，可直观地进行分析。本文选取前两个主成分进行分析，PCA1和PCA2上包含了在PCA转换中得到的第一主成分和第二主成分的贡献率。贡献率越大，说明主要成分越能较好地反映原来多指标的信息<sup>[10]</sup>。一般情况下，总贡献率超过70%~85%的方法即可使用<sup>[11]</sup>。

#### 1.4.2 线性判别式分析

线性判别式分析是研究样品所属类型的一种统计方法。LDA分析利用了所有传感器的信号以提高分类

表1 PEN3所用传感器及其性能描述

Table 1 Sensors used and their main applications in PEN3

传感器序号	传感器名称	性能描述
1	W1C	芳香成分
2	W5S	灵敏度大，对氮氧化合物很灵敏
3	W3C	氨水，对芳香成分灵敏
4	W6S	主要对氢气有选择性
5	W5C	烷烃，芳香成分
6	W1S	对甲烷灵敏
7	W1W	对硫化物灵敏
8	W2S	对乙醇灵敏
9	W2W	芳香成分，对有机硫化物灵敏
10	W3S	对烷烃灵敏

的准确性。所构造的判别函数由原始变量经线性组合得出，能够最大限度地区分不同的样本集，在降低数据空间维数的同时最大限度地减少信息丢失。此外，这种计算判别函数的方法可以使组间变异与组内变异的比率达到最大，因此，一般情况LDA分析较PCA分析效果好<sup>[12]</sup>。由于LDA分析具有分类效果好、易实现等优点，现已成为电子鼻系统中应用十分广泛的方法，并都取得了良好的效果。

#### 1.4.3 判别分析

判别分析也是一种常用的模式识别方法。本文采用SPSS 16.0进行交互验证判别分析，其具体做法是：每次在全部样品中留下一个样品视为未知样品，利用其余样品建立判别函数，将留下的样品代入判别函数判断其归属<sup>[7]</sup>。

## 2 结果与分析

图2 是电子鼻系统对完全公猪组某一样品的响应曲线，另外两组与之类似，由图分析可知电子鼻对煮制猪肉的芳香成分有明显的响应，从而表明利用电子鼻评价不同处理组的猪肉是可行的。

#### 2.1 特征提取

电子鼻系统在测量过程中，每次检测时间为60s，每秒获取一组(10个)数据，因此，对于每个样品，所获得的数据为一个10×60维的矩阵。为便于分析，分别选取上升阶段的15s和30s及稳定阶段的60s响应值(见图2)组成10×1的矩阵进行下一步的模式识别。

#### 2.2 主成分分析(PCA)

采用电子鼻自带的WinMuster软件进行主成分分析。结果表明，15s、30s和60s响应值的分析结果都显示三个处理组几乎完全重叠(见图3)。文中只列出了15s响应值的PCA分析结果，其它两组类似。这说明主成分分析对于本实验效果很不理想。此外，三个处理

组的聚类效果均较差, 影响因素很多, 主要原因可能是实验所用的公猪个体存在一定的差异, 以及样品的前处理包括厚度、肥瘦比例等很难完全一致。

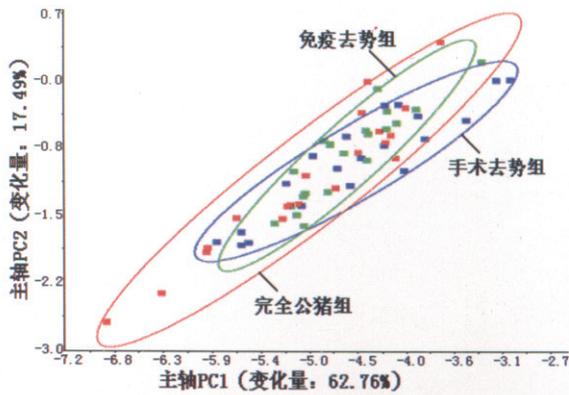


图3 15s响应值的PCA分析图

Fig.3 PCA plot at 15s

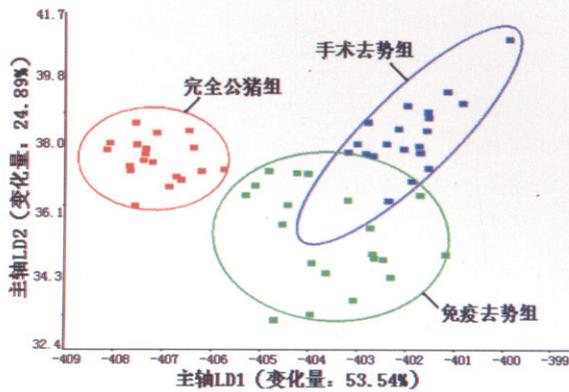


图4 15s响应值的LDA分析图

Fig.4 LDA plot at 15s

### 2.3 线性判别式分析 (LDA)

线性判别式分析同样是采用WinMuster软件进行的。对于三个时间点的LDA分析, 15s响应值的聚类效果及区分效果最好, 其次是30s响应值, 60s响应值的效果最差。分析原因可能是因为引起公猪膻味的主要物质雄烯酮和粪臭素量较少, Walstra (1999)等对六个欧洲国家的完全公猪脂肪中雄烯酮和粪臭素的浓度进行检测, 结果显示雄烯酮的平均浓度为0.79 ~ 1.27  $\mu\text{g/g}$ , 粪臭素的平均浓度为0.10 ~ 0.17  $\mu\text{g/g}$ <sup>[13]</sup>。此外, 样品逐渐冷却, 不利于膻味物质的挥发, 膻味物质随着检测时间的延长不断减少, 所以检测时间越长, 三个处理组越相近, 因此15s可以作为以后实验中电子鼻数据分析的采集点。由效果较好的15s和30s响应值的LDA分析结果可知手术去势组与免疫去势组有部分重叠, 说明这两组气味较相似, 且均与完全公猪组有一定的差异, 差异不大原因可能是并非所有的完全公猪肉都会出现膻味, 在正

常的屠宰体重时, 公猪膻味的发生率变化非常大, 在10% ~ 75%之间波动<sup>[2]</sup>。

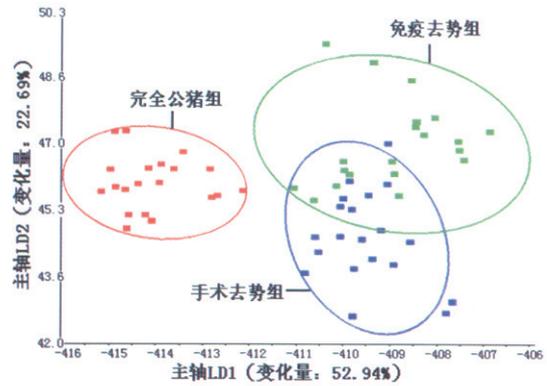


图5 30s响应值的LDA分析图

Fig.5 LDA plot at 30s

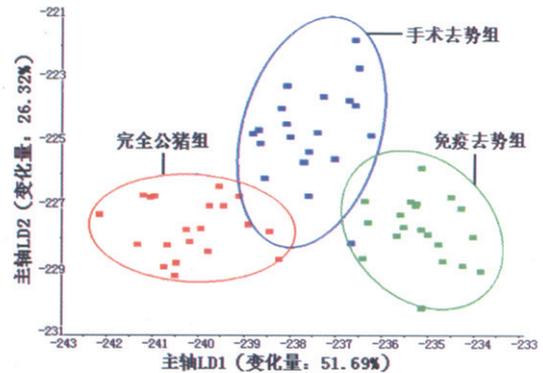


图6 60s响应值的LDA分析图

Fig.6 LDA plot at 60s

### 2.4 交互验证判别分析 (CDA)

本文采用SPSS16.0分别对15s、30s和60s响应值进行交互验证判别分析, 结果如表2-4所示。15s、30s和60s响应值经分析后总体正确率依次为90.0%、83.3%、66.7%, 其中采用15s响应值进行判别分析效果较好, 手术去势组和完全公猪组的正确率均达95.0%, 只有一个样品误判。30s响应值的判别分析结果稍差, 但是由于完全公猪组特有的膻味, 该组只有一个样品误判; 而手术去势组和免疫去势组误判率较高, 但是误判只发生在这两个组之间, 说明手术去势组和免疫去势组气味较相似。60s响应值的判别分析结果很差, 各组的误判率均较高。整体可知, 无论是采用15s、30s还是60s响应值进行的判别分析, 完全公猪组的正确率都是最高的, 这主要取决于未去势公猪特有的膻味。此外, 结合LDA分析结果综合来看, CDA分析与LDA分析的结果是一致的。

### 3 结论

本文采用PEN3型电子鼻对三个处理组的公猪肉进行检测。LDA分析的结果表明, 15s响应值的聚类效

果及区分效果最好,因此15s可以作为以后实验电子鼻数据分析的采集点。此外,由LDA分析结果可知手术去势组与免疫去势组有部分重叠,说明这两组气味较

表2 15s响应值的交互验证判别分析结果

Table 2 Result of CDA at 15s

所属类	预测类			总计	
	手术去势组	免疫去势组	完全公猪组		
样	手术去势组	19	0	1	20
品	免疫去势组	2	16	2	20
数	完全公猪组	0	1	19	20
百	手术去势组	95.0	0.0	5.0	100.0
分	免疫去势组	10.0	80.0	10.0	100.0
率	完全公猪组	0.0	5.0	95.0	100.0

表3 30s响应值的交互验证判别分析结果

Table 3 Result of CDA at 30s

所属类	预测类			总计	
	手术去势组	免疫去势组	完全公猪组		
样	手术去势组	15	5	0	20
品	免疫去势组	4	16	0	20
数	完全公猪组	1	0	19	20
百	手术去势组	75.0	25.0	0.0	100.0
分	免疫去势组	20.0	80.0	0.0	100.0
率	完全公猪组	5.0	0.0	95.0	100.0

表4 60s响应值的交互验证判别分析结果

Table 4 Result of CDA at 60s

所属类	预测类			总计	
	手术去势组	免疫去势组	完全公猪组		
样	手术去势组	11	7	2	20
品	免疫去势组	5	12	3	20
数	完全公猪组	0	3	17	20
百	手术去势组	55.0	35.0	10.0	100.0
分	免疫去势组	25.0	60.0	15.0	100.0
率	完全公猪组	0.0	15.0	85.0	100.0

相似。CDA分析与LDA分析的结果相一致,15s响应值的总体正确率最高为90.0%,由正确率稍低的30s和60s响应值的结果可知手术去势组和免疫去势组较易混淆,这同样说明这两组气味较相似。整体来看,完全公猪组的正确率均是最高,这主要取决于完全公猪特有的膻味。分析结果表明,手术去势猪肉和免疫去势猪肉气味相似,且均与完全公猪肉有较大差异。

参考文献

- [1] 牧信.肥育公猪的免疫去势[J].Pig News and Information,2002,23(4):109-112.
- [2] 代兵,陈安国.公猪膻味的研究进展[J].养猪,2005,(3):17-20.
- [3] Dunshea FR, Colantoni C, Howard K, et al. Vaccination of boars with a GnRH vaccine (Improvac) eliminates boar taint and increases growth performance[J]. Journal of Animal Science, 2001, 79, 2524 - 2535.
- [4] Oliver WT, et al. A gonadotropin-releasing factor vaccine (Improvac) and porcine somatotropin have synergistic and additive effects on growth performance in group-housed boars and gilts[J]. Journal of Animal Science, 2003, 81:1959 - 1966.
- [5] D' Souza DN, Warner RD, Dunshea FR, et al. Comparison of different dietary magnesium supplements on pork quality[J]. Meat Science, 1999, 51:221 - 225.
- [6] Dunshea FR, D' Souza DN, Pethick DW, et al. Effects of dietary factors and other metabolic modifiers on quality and nutritional value of meat[J]. Meat Science, 2005, 71: 8 - 38.
- [7] 鲁小利,海铮,王俊.可乐饮料的电子鼻检测研究[J].浙江大学学报(农业与生命科学版),2006,32(6):677-682.
- [8] 张红梅,王俊.电子鼻传感器阵列优化及其在小麦储藏年限检测中的应用[J].农业工程学报,2006,22(12):164-167.
- [9] Antihus HG, Wang Jun, Hu Guixian, et al. Electronic nose technique potential monitoring mandarin maturity[J]. Sensors and Actuators B, 2006, 113:347-353.
- [10] 周亦斌,王俊.基于电子鼻的番茄成熟度及贮藏时间评价的研究[J].农业工程学报,2005,21(4):113-117.
- [11] 徐亚丹,王俊,赵国军.基于电子鼻的对掺假的“伊利”牛奶的检测[J].中国食品学报,2006,6(5):111-118.
- [12] 海铮.基于电子鼻的牛肉新鲜度检测[D].浙江省杭州市;浙江大学,2006.
- [13] Walstra P, Claudi-Magnussen C, Chevillon P, et al. An international study on the importance of androstenone and skatole for boar taint: levels of androstenone and skatole by country and season[J]. Livestock Production Science, 1999, 62:15 - 28.