

# 电子鼻技术在香菇甲醛识别中的应用

## Application of electronic nose technology in formaldehyde recognition in *Lentinus edodes*

庞林江<sup>1</sup> 王允祥<sup>1</sup> 王 俊<sup>2</sup> 杨虎清<sup>1</sup>

PANG Lin-jiang<sup>1</sup> WANG Yun-xiang<sup>1</sup> WANG Jun<sup>2</sup> YANG Hu-qing<sup>1</sup>

(1. 浙江林学院农业与食品科学学院, 浙江 杭州 311300;

2. 浙江大学生物系统工程与食品科学学院, 浙江 杭州 310029)

(1. School of Agriculture and Food Science, Zhejiang Forestry University, Hangzhou, Zhejiang 311300, China;

2. College of Biosystems Engineering and Food Science, Zhejiang University, Hangzhou, Zhejiang 310029, China)

**摘要:** 尝试采用电子鼻检测手段,对两种不同甲醛含量的香菇进行快速检测与识别。以两种不同甲醛含量的香菇为研究对象,利用主成分分析(PCA)、BP神经网络对电子鼻采集的数据进行分析识别。结果表明,主成分分析(PCA)能够很好的进行识别区分,用BP神经网络进行分析,训练样本回判率达到100%,测试样本识别率达到90%以上。电子鼻可以识别两种不同甲醛含量的香菇。

**关键词:** 香菇;甲醛;电子鼻技术

**Abstract:** A rapid detection was made to determine two *Lentinus edodes* with different formaldehyde concentrations using an electronic nose (E-nose). Two *Lentinus edodes* with different formaldehyde concentrations were studied in the experiment. The data obtained by electronic nose (E-nose) were analyzed by the method of principle components analysis (PCA) and article neural network (ANN). Experimental result showed that the two shiitake mushrooms could be distinguished well by the method of principle components analysis (PCA). Then the data were processed using article neural network (ANN), in which the 100% correct classification from training samples and more than 90% identification ratio from testing samples were achieved; E-nose could rapidly detect two *Lentinus edodes* with different formaldehyde concentrations.

**Keywords:** *Lentinus edodes*; Fomaldehyde; Electronic nose technology

随着对香菇保健养生价值的开发和认识,国内外对香菇的需求有很大的增长趋势,但随之而来的问题也是让人应接不暇。主要原因还在于我国食用菌在农药残留、甲醛含量超标等方面达不到出口检测标准。杨雪娇等<sup>[1]</sup>对东莞市 32 个

镇区 35 个农贸市场进行抽查,在干香菇中甲醛检出率 100%,平均值 164 mg/kg。

电子鼻技术是一项基于传感器技术和计算机识别以及信号处理技术的结合体。近几年来,电子鼻技术得到了广泛的研究和应用,尤其在食品物料和饮料方面,如粮食、饮料、水果、茶叶,主要是进行等级划分和新鲜度的判断<sup>[2~5]</sup>。但由于香菇气味的复杂性,国内外对香菇中甲醛的检测还是基于常规的理化检测,尚未见采用电子鼻技术对此研究的报道。

本试验用电子鼻对不同甲醛含量的香菇进行检验和区分,用主成分分析方法和 BP神经网络对试验数据进行分析。

### 1 材料与方法

#### 1.1 材料与仪器

香菇:庆元香菇(符合《原产地域产品 庆元香菇》);

电子鼻:德国 ARSENSE公司的 PEN2 便携式电子鼻。

#### 1.2 方法

1.2.1 材料处理 按 NY/T 1283—2007 方法测定未做处理的香菇,甲醛含量为 51.3 mg/kg—63 mg/kg,符合 FAO 标准<sup>[6]</sup>,为样品 L1。对部分样品置于含有 0.5 mL 甲醛溶液的密闭环境中静置 30 min,经测定香菇中甲醛含量为 86.5 mg/kg,为样品 L2。

1.2.2 测定方法 采用静态顶空采样系统,取香菇 100 g 置于 1 000 mL 烧杯内,用无味封口膜将其密封一定时间,积累一定的挥发性物质。然后通过针头将挥发性气体吸到电子鼻的传感器通道里,将尾气排出后,再进行第二轮顶空采样。每测完 1 次,都要对样品通道进行清零。

#### 1.3 信号处理方法

用主成分分析(Principal Component Analysis, PCA)、BP神经网络对试验数据进行分析识别。

基金项目:浙江省教育厅高校优秀青年教师资助项目;浙江林学院基金项目(编号:2005FR039)。

作者简介:庞林江(1977-),男,浙江林学院农业与食品科学学院讲师。E-mail:lpang@zjfc.edu.cn

通讯作者:王允祥

收稿日期:2009-02-28

## 2 结果与分析

### 2.1 甲醛含量香菇的 PCA 分析模型

电子鼻采集的样品数据如图 1 所示,横轴为采样时间,纵轴是电子鼻传感器的响应值 ( $G/G_0$ ,初始电阻  $G_0$ ,最后电阻  $G$ ),各条曲线分别代表组成电子鼻阵列的各个传感器对香菇挥发性气味的响应。稳定的时间段在 80~90 s 之间,所以取中间值第 85 秒作为分析的采样时间。PCA 分析结果如图 2 所示,它显示的是从十维空间降维为由第一主成分 (PC1) 和第二主成分 (PC2) 组成的二维空间图。由图 2 可知,在所建模型中,不同甲醛含量的香菇分别位于右上角和左下角,没有重叠,并且它们之间的距离较大。这说明随着甲醛含量的变化,香菇挥发的气味会发生变化,电子鼻能够准确的识别出这 2 种样品的特征气味,并能对其进行区分。PC1 和 PC2 两主成分的贡献率分别是 99.73% 和 0.16%,总的贡献率为 99.89%,两个主成分涵盖了香菇样品信息的绝大部分,可以用来代表香菇样品的信息。也即表明采用 PCA 分析方法对不同甲醛含量的香菇的区分是有效的。

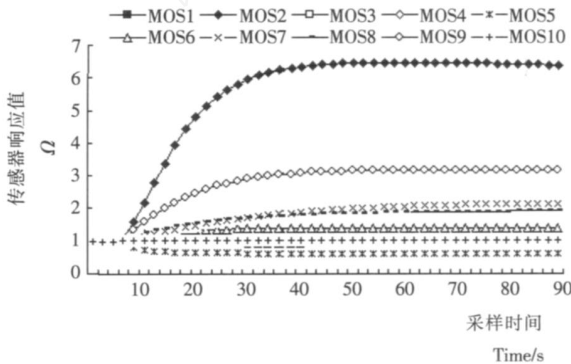


图 1 电子鼻检测数字信号

Figure 1 Individual sensor responses to a *Lentinus edodes* sample

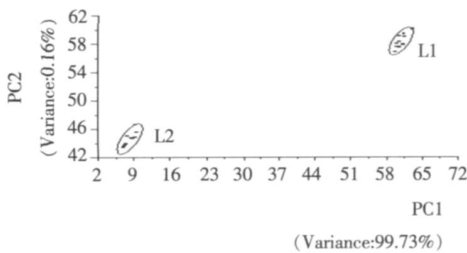


图 2 PCA 分析

Figure 2 Principal component analysis of *Lentinus edodes* samples

### 2.2 BP神经网络分析

根据图 1 所示的电子鼻对香菇的响应信号,从每个传感器的响应曲线上分别提取第 85 秒的数值、信号最大值、全段平均值作为其特征向量。这样每个样本中提取的特征向量包括 30 个特征值,作为神经网络的输入矢量。本试验分析了两种不同甲醛含量的香菇,每种香菇取 50 个样品,共得到

2 × 50 × 30 = 3 000 个特征值。

用 BP 神经网络对两种不同甲醛含量的香菇进行辨别分类。两种香菇各取 50 个样品,共 100 个样品,分成两部分,60 个作为训练集,40 个作为测试集。网络输入层神经元数等于每个样品的特征向量的维数,输出层神经元等于样品的种类数,隐层神经元数通过几次测试结果比较得以确定。选择误差目标为  $err\_goal=0.001$ ,通过对网络训练时间和所需训练步数的比较来确定较合理的隐层神经元数。综合考虑所要达到的精度和网络的训练时间,网络结构设计为:30-12-2,通过测试其训练样本回判率为 100%,测试样本识别率可达到 90% 以上。BP 神经网络分析的结果如表 1 所示。

表 1 人工神经的分析结果

Table 1 Result of the ANN analysis

样品	期望输出	实际结果输出 / %	
		训练样本回判率	测试样本识别率
L1	[0 1]	100	90
L2	[1 0]	100	95

## 3 结论

本研究结果表明,应用 PCA 分析能够将两种不同甲醛含量的香菇很好地进行区分,应用电子鼻系统能够实现对不同甲醛含量的香菇的快速辨别检测,而 BP 神经网络也能够对不同甲醛含量的香菇进行有效的识别,识别正确率达到 90% 以上,可以用来识别两种不同甲醛含量的香菇。

### 参考文献

- 1 杨雪娇,黄伟,温健昌,等. 2005 年东莞市食用菌甲醛含量抽查结果分析 [J]. 中国食品卫生杂志, 2007, 19(2): 150~152  
Yang Xuejiao, Huang Wei, Wen Jianchang, et al. Formaldehyde content in dried edible fungi from dongguan market [J]. Chinese Journal of Food Hygiene, 2007, 19(2): 150~152
- 2 Pang Linjiang, Wang Jun, Lu Xinghua, et al. Discrimination of storage age for wheat by E-nose [J]. Transactions of the ASABE, 2008, 51(5): 1 707~1 712
- 3 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  
Lu Xiaoli, Hai Zheng, Wang Jun. Detection of cola beverage by electronic nose [J]. Journal of Zhejiang University (Agric & Life Sci), 2006, 32(6): 677~682
- 4 Simona Benedetti, Susanna Buratti, Anna Spinardi, et al. Electronic nose as a non-destructive tool to characterise peach cultivars and to monitor their ripening stage during shelf-life [J]. Postharvest Biology and Technology, 2008(47): 181~188.
- 5 Huichun Yu, Jun Wang. Discrimination of long Jing green-tea grade by electronic nose [J]. Sensors and Actuators B, 2007(122): 134~140.
- 6 刁恩杰. 香菇中甲醛影响因素及在加工中控制措施研究 [硕士学位论文] [D]. 重庆: 西南农业大学, 2005.  
Diao Enjie. Study of influence factors of formaldehyde forming in *Lentinus edodes* control measures in processing [D]. Chongqing: Southwest Agricultural University, 2005.