

基于虚拟仪器的鱼粉新鲜度电子鼻测量系统*

刘 辉 牛智有**

华中农业大学工学院, 武汉 430070

摘要 为寻求方便快捷的鱼粉新鲜度测量手段,根据鱼粉腐败过程中产生的气体成分,选择 TGS822 醇类及有机溶剂型传感器、TGS825 硫化氢型传感器、TGS826 氨气和胺类传感器及 TGS832 卤烃型传感器作为电子鼻的气体传感器阵列,设计了基于 USB 总线标准的便携式采集装置和基于虚拟仪器开发平台 LabVIEW 的鱼粉新鲜度电子鼻测量系统。利用该系统对鱼粉样本进行气味信号采集,同时对鱼粉样本中的 TVB-N 的含量采用半微量凯式定氮法进行检测,通过主成分分析(PCA)法对鱼粉样本的电子鼻数据进行聚类分析,并与化学分析结果进行对比,验证系统的有效性。结果表明,基于虚拟仪器鱼粉新鲜度电子鼻测量能够区别不同新鲜度的鱼粉样本,证明了该电子鼻测量系统的有效性。

关键词 电子鼻; 虚拟仪器; 主成分分析; 鱼粉

中图分类号 S 126; TP 216 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2010)06-0794-04

电子鼻也称人工嗅觉系统,是模仿生物鼻的一种电子系统,主要根据气味来识别物质的类别和成分。目前,电子鼻技术已广泛应用于食品、烟草、医学、环境监测等领域^[1-5]。

虚拟仪器技术是以计算机为基础,以高性能的模块化硬件作为信号的输入输出接口,并利用高效灵活的虚拟仪器开发平台编写程序驱动硬件来完成各种测试和自动化功能^[6]。利用虚拟仪器可以实现测量仪器的多样化、智能化、模块化,便于各仪器之间信息的传递,体现出性能高、扩展性强、开发快速以及出色的集成性等优势^[7]。

鱼粉新鲜度是评价鱼粉品质的重要理化指标之一,关系到动物养殖、动物源性食品安全和人类的健康,但目前鱼粉新鲜度指标的测量方法过程较繁琐,不利于鱼粉新鲜度的快速测定。

笔者针对鱼粉腐败过程中产生的气体成分选择相应的气体传感器作为电子鼻的气体传感器阵列,以基于通用串行总线标准(universal serial bus, USB)的采集设备作为信号的输入接口,在虚拟仪器开发平台 LabVIEW 下,建立了针对识别鱼粉腐败程度的电子鼻系统,旨在为研究新鲜度的快速检测方法提供科学依据。

1 电子鼻测量系统的组成

电子鼻测量系统由硬件和软件两大部分组成。硬件包括气味收集器、气体传感器阵列、信号拾取电路、数据采集设备和计算机;软件部分采用虚拟仪器开发平台 LabVIEW 进行开发,包括数据采集、分析与处理以及保存等。

1.1 气体传感器阵列及信号拾取电路

鱼粉在腐败过程中主要产生含氮产物、组胺、氨、醛和酮以及含硫产物。根据这些气体成分,选用 TGS826 氨气及胺类型传感器、TGS825 硫化氢传感器、TGS822 有机溶剂气体传感器以及 TGS832 卤烃型气体传感器组成传感器阵列。TGS 系列传感器在工作时温度在 300 ℃ 以上,可避免环境温度造成的影响。

传感器信号拾取电路如图 1 所示,TGS 系列传感器具有 6 个引脚,其中引脚 2 和 5 为加热引脚,接加热电源 V_H , V_H 为传感器提供加热源;引脚 1 和 3 为工作电压 V_C 引线, V_C 为传感器提供稳定的工作电压;引脚 4 和 6 为负载引线,连接负载 R_L 。在实际工作中,当传感器接触到目标气体后,传感器的阻值随着气体浓度的增加而逐渐变小,则负载 R_L 两端的电压值 V_{RL} 会随着气体浓度的增加而增加,实际

收稿日期:2009-09-10; 修回日期:2010-04-23

* 国家“十一五”科技支撑计划项目(2006BAD14B03)资助

** 通讯作者. E-mail: nzhy@mail. hzau. edu. cn

刘 辉,男,1984 年生,硕士研究生. 研究方向:农产品智能检测. E-mail:liuyang2007307@yahoo. cn

测量中使用 V_{RL} 作为数据采集卡的输入。负载两端电压值为

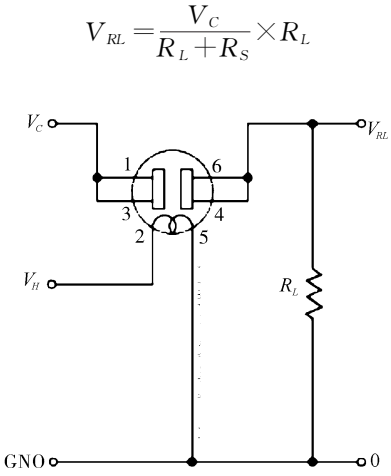


图 1 传感器信号拾取电路

Fig. 1 Signal pick-up circuit of gas sensor

1.2 数据采集设备

数据采集设备是连接传感器调理电路和电脑之间十分重要的设备,关系到能否顺利进行数据采集并将数据保存到电脑中,因此采集设备的选择十分关键。数据采集设备的选择基于以下考虑:价格是否合理,采集卡的采集频率和测量精度能否满足要求,采集通道数能否满足要求,计算机连接是否方便和编程软件能否兼容等。本试验选择 NI 公司的 USB6008 型号的数据采集卡,其参数如下:8 路模拟输入,2 路模拟输出;10 kS/s 采样速率,12 位分辨率;12 路数字 I/O;1 个 32 位计数器;最大输入范围 $\pm 10\text{ V}$;支持 USB2.0,无需外部电源。模拟信号输入端接线采用单端输入接线法;采集卡和电脑之间用 USB 数据线连接,由数据线将数据采集卡采集到的数据上传到电脑进行保存。

采用基于 USB 总线标准的数据采集设备使得采集卡与电脑之间的连接变得方便简单,易于操作,可随时拔插,有利于整个系统的携带。

1.3 基于 LabVIEW 的测量程序

基于上述采集设备,在 LabVIEW 虚拟仪器开发平台下建立了气体传感器阵列的信号采集、数据分析与处理以及数据自动保存程序。程序流程图如图 2 所示。信号采集包括传感器阵列解吸附监测即传感器阵列在空气中阻值测定以及鱼粉气味信号采集。鱼粉气味信号采集部分程序框图如图 3 所示。程序为四通道,单端输入,连续采集模式,采用采集卡内置时钟源。

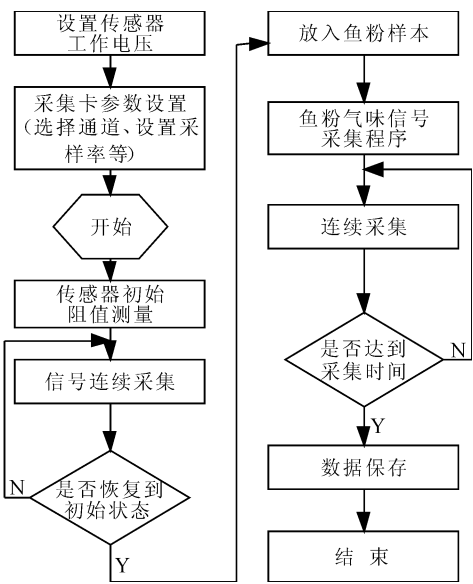


图 2 电子鼻系统程序流程图

Fig. 2 Flow chart of electronic nose system

2 电子鼻系统试验的验证

2.1 供试材料

取新鲜的秘鲁红鱼粉,放在高温、高湿环境中,每隔 1 d 取出 2 份鱼粉,1 份用于挥发性盐基氮的化学分析,1 份用于电子鼻数据采集。总共采集了 7 个储藏时间的鱼粉样本,对应编号为 1~7。

2.2 电子鼻数据采集

在进行电子鼻采集之前,将鱼粉从高温高湿的环境中取出,待其恢复到室温状态减少因鱼粉本身温度的不同而带来的测量误差。测试时,将鱼粉样本置于气体收集器中,并进行 5 min 的数据采集(采集频率为 15 Hz),使得气味信号能够与气体传感器充分接触反应,通过信号拾取电路将负载电压信号读入数据采集卡,再通过 USB 数据线将采集卡中的数据读取到电脑中保存。每次测量之后要进行传感器解吸附,使传感器阻值恢复初始状态。

总共 7 个编号的鱼粉样本,每个编号的鱼粉样本重复 10 次电子鼻采集试验,以 50 g 为测试样本质量,共进行 70 次电子鼻测试试验。

不同挥发性盐基氮的鱼粉样本在一定的质量和容器中其挥发的气体浓度是不同的,因此传感器的电压响应值不同,根据电压值的不同从而区分不同新鲜度的鱼粉样本。

2.3 样本 TVB-N 含量的化学分析

挥发性盐基氮(total volatile basic nitrogen,简称 TVB-N)的测定按 GB/T 5009.44—1996 中 4.1

的

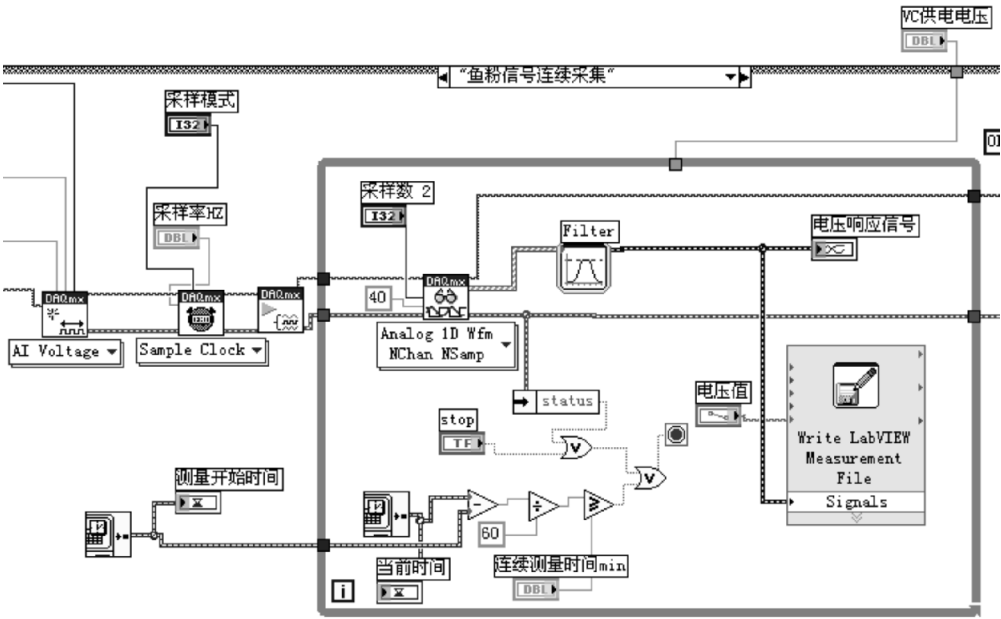


图 3 鱼粉气味信号采集程序

Fig.3 Program of odor signal acquisition

半微量凯式定氮法进行测定。每个编号的鱼粉样本进行 3 次重复试验,取 3 次重复平均值作为 TVB-N 的化学测定值。

3 结果与分析

3.1 鱼粉样本 TVB-N 测量结果

样本编号为 1~7 的鱼粉样本中,TVB-N 含量分别为 132.3、142.9、139.0、136.9、141.6、138.6、141.1 mg(每 100 g 鱼粉样本,下同)。样本编号为 2、5、7 的鱼粉 TVB-N 含量都在 140 mg 以上,样本编号为 3、4、6 的鱼粉 TVB-N 含量为 135~139 mg,样本编号为 1 的鱼粉 TVB-N 含量在 133 mg 以下。

3.2 传感器响应

电子鼻测量系统中气体传感器阵列对鱼粉样本的响应曲线如图 4 所示。从图上可以看出,传感器的响应值在经过 3 min 之后趋于稳定,因此选择第 5 分钟第 1 秒的电压值平均值作为后续的分析数据。对每个编号的鱼粉样本的 10 次重复电子鼻采集数据求均值和标准偏差,测试结果表明,传感器 TGS832 的标准偏差相对其他三者较大一些。这说明传感器 TGS832 的波动较大,重复性没有其他三者好。

3.3 电子鼻数据主成分分析

利用主成分分析对电子鼻数据进行聚类分析,并选取第 5 分钟第 1 秒的电压平均值作为主成分聚

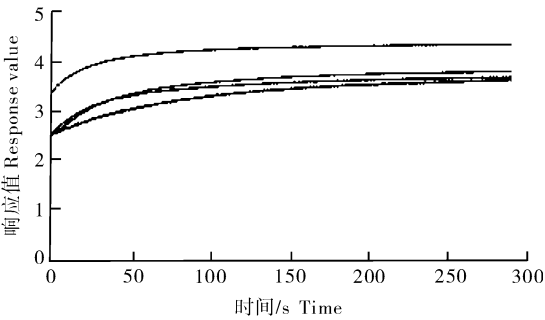


图 4 传感器响应曲线

Fig.4 Response curve of gas sensor

类分析的数据。4 个主成分能够解释的原始自变量的变异信息分别为 95.86%、2.03%、1.51% 和 0.61%,其中前 2 个主成分所能解释的变异信息为 97.89%,能够充分表达 4 个传感器的信息,因此选择第 1、第 2 主成分做主成分分析,其得分情况如图 5 所示。

从图 5 可以看出,3 类不同 TVB-N 含量的鱼粉样本能够较好的区分开来。分析结果表明,设计的电子鼻系统可以初步识别不同新鲜度的鱼粉样本,验证了系统的有效性和适用性。但从图 5 还可以看出,有 3 个样本号为 6 的样本和样本号为 2、5、7 的样本聚集在一起,因此可以考虑采用非线性模式识别,如采用人工神经网络、支持向量机等方法进行分析,以提高识别的精度。

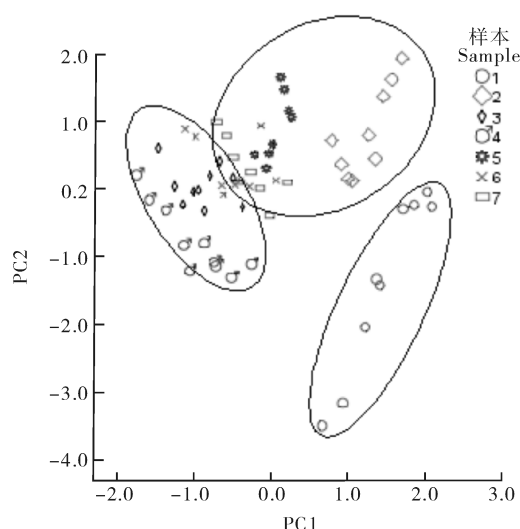


图5 不同鱼粉样本的主成分分析散点图

Fig.5 Principal component analysis result of different fishmeal samples

4 讨论

本设计以仿生动物嗅觉技术为基础,构建了基于虚拟仪器技术的鱼粉新鲜度识别电子鼻系统。采用基于USB总线标准的数据采集设备使得系统具有便携式的特点,减小了系统体积。同时利用虚拟仪器开发平台LabVIEW开发的数据采集程序能够根据用户的要求进行不同采集参数的设置,增加了系统的灵活性。以该系统为试验平台,对不同

TVB-N含量的鱼粉样本进行测试,并采用PCA(主成分分析)进行聚类分析。结果表明,电子鼻系统可以较好的区别不同TVB-N含量的鱼粉样本,验证了该电子鼻系统的有效性,为鱼粉新鲜度无损快速检测提供了一种新的方法。另外,可以尝试选择其他受环境因素影响较小的气体传感器,减小环境因素对测试系统精度的影响,同时选择其他非线性模式识别方法,以进一步提高识别精度。

参考文献

- [1] ZHANG Z, TONG J. Electronic nose with an air sensor matrix for detecting beef freshness[J]. Journal of Bionic Engineering, 2008, 5(1): 67-73.
- [2] 张哲, 佟金. 电子鼻和电子舌在食品检测中的研究和应用[J]. 华中农业大学学报, 2005(增刊): 25-30.
- [3] LUO D H. Application of ANN with extracted parameters from an electronic nose in cigarette brand identification[J]. Sensors and Actuators B, 2004, 99(3): 253-257.
- [4] 黄祖刚, 李建平, 何秀丽, 等. 用电子鼻鉴别卷烟的方法[J]. 传感器技术, 2004, 23(6): 62-65.
- [5] 张勇, 刘君华, 吴浩扬, 等. 基于遗传神经网络的电子鼻在大气环境气体模式识别中的应用[J]. 仪器仪表学报, 2001, 22(3): 225-226.
- [6] 李东升, 李民强, 范林涛. 虚拟仪器技术在电子鼻中的应用[J]. 传感器与微系统, 2008, 27(1): 115-117.
- [7] 夏俊芳, 周勇, 张平华. 基于虚拟仪器技术的排种器漏播检测技术[J]. 华中农业大学学报, 2008, 27(4): 540-544.

Design of Electronic Nose System Based on Virtual Instrument Technology to Determine Fishmeal Freshness

LIU Hui NIU Zhi-you

College of Engineering, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China

Abstract In order to find a convenient and efficient way to measure the freshness of fishmeal, on the basis of volatile odor of storage fishmeal, four-gas sensor arrays (TGS822 for ethanol, TGS825 for H₂S, TGS826 for NH₃ and aime, TGS832 for halocarbon) were selected as the nose of the electronic nose system. An electronic nose system based on portable data acquisition device of USB standard and LabVIEW was constructed. The number of storage days of fishmeal was detected by electronic nose and semimicro-kjeldahl determination. Cluster analysis of fishmeal was studied through principal component analysis (PCA). The results show that different freshness of fishmeal can be clustered well, which proves the applicability of electronic nose measurement system.

Key words electronic nose; virtual instrument; principal component analysis; fishmeal

(责任编辑: 陈红叶)