

信阳毛尖茶品质等级的电子鼻检测

张红梅, 李 燕, 王 玲, 刘 伟, 何玉静, 焦国涛
(河南农业大学 机电工程学院, 河南 郑州 450002)

摘要: 采用由 6 个金属氧化物气敏传感器组成阵列的电子鼻对 2 个等级的信阳毛尖茶进行检测, 并通过主成分分析(PCA)、判别分析(LDA)和 BP 神经网络对数据进行分析 and 识别。PCA 和 LDA 结果显示, 可以将 2 个等级的茶叶完全区分开。采用 3 层 BP 神经网络对数据矩阵进行茶叶等级的定量预测, 预测结果平均相对误差为 1.16, 最大相对误差为 13.32。研究结果表明, 供试气敏传感器阵列对信阳毛尖茶等级的检测具有很高的定量分析精度。

关键词: 传感器阵列; 信阳毛尖茶; 等级

中图分类号: TS272.7 S571.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-3268(2010)04-0036-03

Detection of Xinyang Maojian Tea Quality Grade by Electronic Nose

ZHANG Hong-mei, LI Yan, WANG Ling, LIU Wei, HE Yu-jing, JIAO Guo-tao

(College of Mechanical and Electrical Engineering, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: Xinyang Maojian tea grade were measured by the gas sensor s array which was composed of six metal oxide semiconductor gas sensors. Principal component analysis (PCA), linear-discriminant analysis (LDA) and BP network were used in the data analysis and pattern recognition. The results obtained prove that the electronic nose can discriminate successfully different grade of tea using PCA and LDA analysis. A feed forward artificial neural (BP) network with three layers to predict the tea grade achieving average relative error of 1.16 with max relative error of 13.32. The results show that gas sensor array could predict the tea grade with a high accuracy.

Key words: Gas sensor array; Xinyang Maojian tea; Grade

信阳毛尖茶于 1959 年被列为我国十大名茶之一, 1982 年再次被评为国家部级优质名茶, 目前已销往国内 20 个省区以及日本、德国、美国、新加坡、马来西亚等 10 多个国家。信阳毛尖茶是信阳地区的重要经济支柱。目前, 茶叶品质鉴定主要是感官评审和常规的化学分析方法。茶叶品质的感官评审主要是依靠人的嗅觉、味觉、视觉、触觉和大脑来综合分析判断。感官评审往往受评审者的个人经验、心理与生理等因素的影响, 难以获得一致的评审结果。为了使茶叶在生产、流通过程中有一个严格、一致的评价标准, 进一步体现茶叶审评的公正性和准确性, 需要应用一些新技术、新仪器进行茶叶品质辅助检测。

电子鼻是一种由具备部分专一性的气敏传感器

构成的阵列和适当的模式识别系统组成的仪器, 用来识别简单和复杂气味。电子鼻在饮料、食品、谷物、果蔬、化妆品、环境检测等行业均有着广阔的应用前景。因此, 目前各发达国家都把电子鼻的开发与应用列为跨世纪的关键技术, 并给予特别的重视和支持。电子鼻技术也是应用于茶叶品质评价的新技术之一, 但目前国内外只有少数学者对其进行研究。于慧春等^[1-3]采用电子鼻技术对不同等级的西湖龙井茶进行研究, 结果显示, 电子鼻技术可以用来检测不同等级的西湖龙井茶。Bhattacharyya 等^[4,5]用电子鼻技术检测黑茶加工过程中的最佳发酵时间, 结果表明, 电子鼻技术可以监测黑茶发酵过程中气味的变化, 可靠性和重复性都很好。Dutta 等^[6,7]

收稿日期: 2009-10-29

基金项目: 河南省教育厅自然科学研究计划项目(2009B210017)

作者简介: 张红梅(1977-), 女, 河南驻马店人, 讲师, 博士, 主要从事农产品品质检测技术研究。

对 5 种不同加工工艺的茶叶进行电子鼻分析和评价,对电子鼻代替传统的茶叶感官评审方法的可行性进行了分析。本试验运用电子鼻对不同等级的信阳毛尖茶叶香气进行检测,并结合适当的模式识别技术实现对信阳毛尖茶等级的评定。

1 材料和方法

1.1 试验材料和气敏传感器阵列

虽然茶叶香气成分种类繁多,但总的含量却极低,仅占茶叶本身质量的十万分之一到万分之几。由于总量非常低,香气构成成分在含量、组成比例上

极细微的变化就会导致人们完全不同的香气感受。而电子鼻比人类的鼻子还要灵敏,可以完全检测到不同品质茶叶香气挥发物成分的差异。本研究只对 2 个等级的信阳毛尖茶进行检测。

选择河南信阳产的特级信阳毛尖和一级信阳毛尖茶为鉴别对象,试验用气敏传感器阵列由 MQ2、MQ3、MQ7、MQ9、MQ135 和 MQ138 等 6 个金属氧化物(SnO₂)气敏传感器组成。6 个气敏传感器阵列测试电路如图 1 所示(图 1 中上述 6 个气敏传感器分别由 MQ1—MQ6 来表示)。每个传感器的响应信号由对应的负载电阻 R_L 上的电压来表示。

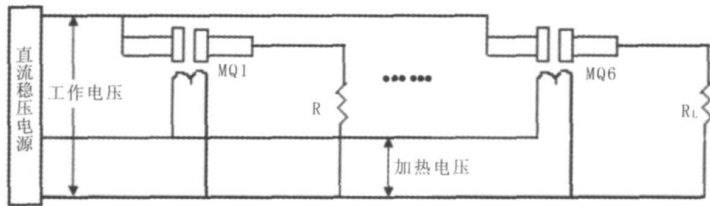


图 1 气敏传感器阵列测试电路

1.2 试验方法

将 2 个等级的信阳毛尖茶各取 15 个样品,每个样品 5 g。测试时把测试样本放入试样瓶中,静置 30 min。通过静态顶空采样进行测量。待测茶叶样本的挥发气味在传感器阵列室内与传感器阵列反应,产生电信号,通过采集电路把数据采集到计算机进行处理。

1.3 分析方法

主成分分析(PCA)是把多个指标化为少数几个综合指标的一种统计方法。由于 PCA 方法总是尽量多地提取样本空间的信息,所以在寻找方向时总是尽量兼顾到差别较大的数据。如果在 PCA 分析过程中,将不同的传感器作为变量,那么传感器的选择性越好,即对不同气体敏感度的差别就越大,在选择投影方向时,这些传感器的贡献就越大,反映到主成分上的分量就越大。

判别分析(LDA)是判别样品所属类型的一种方法,LDA 与聚类分析不同,LDA 是在已知研究对象分成若干类并已取得各类的一批已知样品观测数据的基础上,根据某些准则建立判别函数,再将要进行分类的样品的相应指标代入判别函数,然后对未知样品类型的样品进行判别分类。

反向传播人工神经网络(BP)是在电子鼻领域应用最多的一种算法。该算法功能强大,易于理解,训练简单。BP 算法不仅有输入节点、输出节点。还

可有 1 个或多个隐含层节点。对于输入信号,要先向前传播到隐含层节点,经作用函数后,再把隐含层节点的输出信号传播到输出节点,最后输出结果。节点的作用激励函数通常选取 S 型函数,如:

$$f(x)=\frac{1}{1+e^{-xQ}},$$

式中, Q 为调整激励函数形式的 Sigmoid 参数。该算法的学习过程由正向传播和反向传播组成。在正向传播过程中,输入信息从输入层经隐含层逐层处理,并传向输出层。每一层神经元的状态只影响下一层神经元的状态。如果输出层得不到期望的输出,则转入反向传播,将误差信号沿原来的连接通道返回,通过修改各层神经元的权值,使得误差信号最小。

2 结果与分析

2.1 主成分分析

选取 6 个传感器的平均值作为特征值,共有 30 个样本,组成一个 30 行 6 列的矩阵,对该矩阵进行主成分分析。经主成分分析可得样本矩阵的特征值及其贡献率,如表 1 所示。前 2 个特征值的贡献率占总变量的 83.91%,说明这 2 个特征值代表了所有变量的 80% 以上的信息。可以选用前 2 个特征值所对应的特征向量 PC1 和 PC2 作为第一主轴来构成主成分分析的变换矩阵进行降维分析。

图 2 是以前 2 个主成分的因子得分绘制的茶叶等级识别图。从主成分分析结果中可以看出,特级

茶叶和一级茶叶之间有很明显的界限, 即利用电子鼻技术结合 PCA 识别方法可以区分信阳毛尖特级茶和一级茶。

表 1 各主成分的贡献率

主成分编号	特征值	贡献率/%	累计贡献率/%
1	2.98	49.76	49.76
2	2.05	34.15	83.91
3	0.61	10.22	94.13
4	0.26	4.41	98.54
5	0.08	1.30	99.84
6	0.01	0.16	100.00

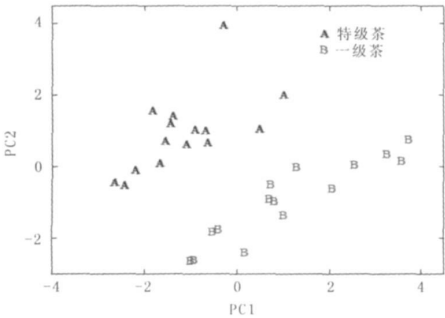


图 2 不同等级信阳毛尖茶的 PCA 识别结果

2.2 判别分析

图 3 是判别分析结果, 在判别分析图中, 特级信阳毛尖茶聚类在图的右上角, 一级信阳毛尖茶聚类在图的左下角, 2 个级别的茶叶距离比较远, 即特级茶和一级茶气味有明显的差异。从图 3 可以看出, 判别分析结果比主成分分析结果更显著。在判别分析中, LD1 和 LD2 的贡献率分别占 89.14% 和 1.36%, 总的贡献率为 90.50%。

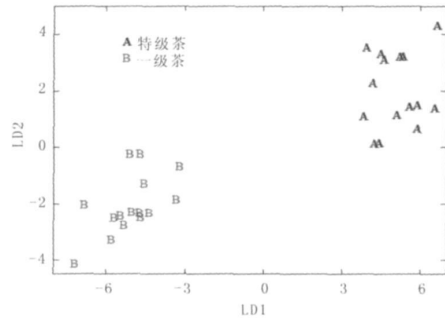


图 3 不同等级信阳毛尖茶的 LDA 识别结果

2.3 BP 神经网络分析

用 BP 神经网络对不同等级的信阳毛尖茶进行定量分析。本试验样品是 2 个等级的信阳毛尖茶叶, 每个样品有 15 个重复 30 组试验数据。网络输

入层神经元数等于每个样品的特征向量的维数, 由于每个传感器只选取了一个特征值, 所以输入层神经元数为 6。输出层神经元数等于样品的种类数, 即 2(2 个等级), 隐层神经元数通过几次测试结果比较确定为 13。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数为 1。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: 6—11—2。最小训练速率取 0.9, 动态参数取 0.6, 允许误差取 0.0001, Sigmoid 参数取 0.9, 该参数调整神经元激励函数形式。最大迭代次数取为 5000。通过对传感器阵列数据的 BP 神经网络训练, 并用训练集带入神经网络进行模拟。利用 30 组样本对茶叶等级的预测结果的平均相对误差为 1.16, 最大相对误差为 13.32。

3 结论

本研究采用 6 个 MQ 系列气敏传感器阵列对特级和一级信阳毛尖茶各 15 个样本进行检测。6 个气敏传感器的信号和 30 个样本组成一个 6 列 30 行的数据矩阵, 对该数据矩阵分别进行主成分分析和判别分析, 结果表明, 上述 2 种分析方法都可以把 2 个等级的信阳毛尖茶叶区分开, 判别分析比主成分分析的分类效果更明显一些。最后采用 3 层 BP 神经网络对数据矩阵进行茶叶等级的定量分析, 利用 30 组样本对信阳毛尖茶叶等级的预测结果平均相对误差为 1.16, 最大相对误差为 13.32。研究结果表明, 该气敏传感器阵列对信阳毛尖茶等级的检测具有很高的定量分析精度。

参考文献:

[1] 于慧春, 王俊. 电子鼻技术在茶叶品质检测中的应用研究[J]. 传感技术学报, 2008, 21(5): 748-752.
[2] 于慧春, 王俊, 张红梅, 等. 龙井茶叶品质的电子鼻检测方法[J]. 农业机械学报, 2007, 38(7): 104-106.
[3] Yu Huichun, Wang Jun. Discrimination of Longjing green-tea grade by electronic nose[J]. Sensors and Actuators B 2007, 122: 134-140.
[4] Bhattacharyya Nabarun, Seth Sohan, Tudu Bipan, et al. Detection of optimum fermentation time for black tea manufacturing using electronic nose[J]. Sensors and Actuators B 2007, 122: 627-634.
[5] Bhattacharyya Nabarun, Seth Sohan, Tudu Bipan, et al. Monitoring of black tea fermentation process using electronic nose[J]. Journal of Food Engineering, 2007, 80: 1146-1156.
[6] Dutta Ritaban, Kashwan K R, Bhuyan M, et al. Electronic nose based tea quality standardization[J]. Neural Networks, 2003, 16: 847-853.
[7] Dutta Ritaban, Hines E L, Gardner J W, et al. Tea quality prediction using a tin oxide-based electronic nose: an artificial intelligence approach[J]. Sensors and Actuators B, 2003, 94: 228-237.