

电子舌对鸡汤和人工勾兑高汤及其混合样品的识别

Discrimination of soup-stock by electronic tongue

曹仲文 张晓燕 周晓燕

CAO Zhong-wen ZHANG Xiao-yan ZHOU Xiao-yan

(扬州大学旅游烹饪学院, 江苏 扬州 225127)

(School of Tourism and Culinary Science, Yangzhou University, Yangzhou, Jiangsu 225127, China)

摘要:运用电子舌对鸡汤与人工勾兑高汤及其混合样品进行识别,对所获得的数据进行主成分分析、判别因子分析和偏最小二乘回归分析。结果表明:电子舌能够有效识别鸡汤与各种人工勾兑的汤,以及其混合样品;对不同混合比例的鸡汤建立了偏最小二乘回归分析预测模型,电子舌响应信号和鸡汤混合比例之间有很好的相关性(相关系数为 0.958 71),偏最小二乘回归分析模型预测误差在 15% 以内。证明电子舌可用于鸡汤与人工勾兑汤的识别。

关键词:电子舌;鸡汤;主成分分析;判别因子分析;偏最小二乘回归分析

Abstract: Chicken soup and mixed samples with artificial blending were tested by electronic tongue and the response signals were analyzed by principal component analysis (PCA), discriminant factor analysis (DFA) and partial least-squares analysis (PLS). Chicken soup and artificial blended soup were successfully identified by electronic tongue. Moreover, a high regression coefficient, $R^2 = 0.958 71$, between instrumental response signal and mixed ratio of chicken soup and artificial blended soup was found for the established PLS model with a prediction error below 15%. This study demonstrates that electronic tongue is applicable for soup discrimination.

Keywords: electronic tongue; chicken soup; principal component analysis (PCA); discriminant factor analysis (DFA); partial least-squares analysis (PLS)

根据相关资料^[1,2]保守估算,当前家庭和商业烹饪的消费金额在 3.0 万亿元以上,但在中式菜肴烹饪过程中,包括原料的安全和品质检验乃至最后菜肴的评价,主要通过感官评定,缺乏定量的标准,其科学化程度还不高。究其原因,与中国烹饪悠久的历史传统和总体的科学水平落后有一定的关系^[3]。因此如何运用各种手段,包括新技术、新设备及新方法,如电子舌等仿生技术,提高中式餐饮生产的水平,就显

得尤为必要。

电子舌是由具有高度交叉敏感特性的传感器单元组成的传感器阵列,结合适当的模式识别算法和多变量分析方法对阵列数据进行处理,从而获得溶液样本定性定量信息的一种分析仪器^[4]。贾洪峰等^[5]采用电子舌对不同品牌的啤酒及其混合样品进行识别,结果表明:电子舌能够有效识别不同品牌的啤酒及不同品牌啤酒的混合样品;对不同品牌啤酒的混合样品建立了偏最小二乘回归分析预测模型,电子舌响应信号和啤酒混合比例之间有很好的相关性。李阳等^[6]利用电子舌结合理化指标对 6 种不同口感啤酒样品检测,结果表明:电子舌技术可以从综合口感方面对样品作区分,同时通过对理化指标和传感器信号分析发现二者具有较强相关性。张浩玉等^[7]利用电子舌对不同类型和产地的 9 个品种的醋在 5 种不同的稀释浓度下进行检测和分析,得到良好的辨别效果。此外,相关学者运用电子舌技术,并结合各种模式识别方法,对白酒^[8]、果蔬汁^[9]、面酱^[10]、醋^[11-13]、鸡蛋^[14]、花椒^[15-16]、中药^[17,18]、茶叶^[19]等诸多食品,尤其是液体的区分识别的研究,都取得了较好的结果。

在烹饪过程中,涉及到各种各样的液体原料,但近年来,中国连锁餐饮行业不断遭遇信任危机,诸多知名餐饮品牌纷纷陷入“勾兑门”。先是味千拉面身陷“勾兑骨汤门”,接着肯德基又被爆出了“勾兑豆浆”,其后山西爆出 95% 的老陈醋均为“勾兑醋”,“海底捞”火锅也因“勾兑汤料”而引发消费者对于餐饮企业原料安全卫生的关注^[20]。因此有必要对烹饪过程中所涉及的这些液体原料进行快速检测,以确定其是否进行了勾兑或混合。为此,本试验利用电子舌,针对餐饮业中常用的鸡汤^[21]及调味料勾兑的汤进行区分识别研究。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 试验材料

本试验所选用的鸡精以及浓汤宝均是在扬州市场占有率较高的品牌,在当地比较具有代表性。

基金项目:国家自然科学基金项目(编号:60975056/F030511)

作者简介:曹仲文(1973—),男,扬州大学食旅烹饪学院副教授,博士。E-mail:caozhongwen@126.com

收稿日期:2014-11-16

表1 样品名及生产厂家
Table 1 Samples and manufactures

样品名	包装规格	生产日期	生产厂家
参照样(清水)	—	20130316	本实验自制
鸡汤	—	20130316	本实验自制
太太乐鸡精	100 g/袋	20130102	上海太太乐食品有限公司
大桥鸡精	200 g/袋	20120625	武汉亚太调味食品有限公司
铃兰鸡精	200 g/袋	20121201	山东铃兰味精有限公司
太太乐浓汤宝	32 g/杯	20120820	上海太太乐食品有限公司
家乐浓汤宝	32 g/杯	20121204	联合利华食品(中国)有限公司北京第二分公司
凤球唛浓汤宝	250 g/瓶	20120911	东莞市永益食品有限公司

1.1.2 试验仪器

试验所采用的电子舌系统为上海昂申智能科技有限公司的智舌系统,其组成如图1所示,主要是将传感器阵列产生的基于不同产品的相应信号,通过模式识别的方法进行区分识别。该系统目前已在酒、饮料及奶粉^[22-25]等方面取得了良好的应用效果。

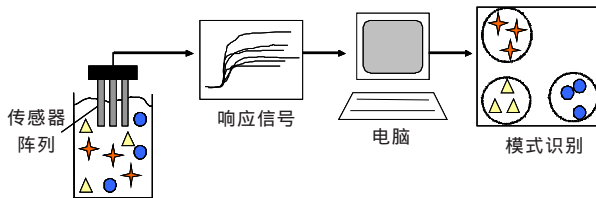


图1 智舌系统示意图

Figure 1 Schematic diagram of smart tongue

1.2 试验方法

(1) 取电子舌检测专用量杯若干,洗净后待用。

(2) 熬制鸡汤。试验所用鸡汤自制,熬制原料为市售老母鸡,宰杀后净重1.2 kg,加入水2 000 mL,精盐5 g,料酒10 g,葱段10 g,姜片10 g,小火熬制两小时制得,鸡汤取出后备用。

(3) 配制鸡精及浓汤宝。试验所用鸡精和浓汤宝配制浓度为0.05 g/mL,所用水为沸水,搅拌均匀冷却后备用,共得6份样品。

(4) 配制浓汤宝与鸡汤混合液。浓汤宝品牌选取市场占有率较高的家乐浓汤宝和鸡汤配制的比例及编号见表2。

(5) 另取清水样本测定作为参照样。

(6) 打开电源开关,并且在其相应的软件上设置好本次试验所用技术及相关参数。

(7) 每个样本测3次用于电子舌检测分析,3次检测结果为一组,共测量14组样本,得到42个数据。

(8) 每次测量前后,对传感器都会进行电化学清洗,再用滤纸擦干用于下一次检测。提取响应电流信号的物理化学特征值,利用电子舌自带的数据处理软件对数据进行采

表2 浓汤宝和鸡汤混合的样品比例及编号

Table 2 Samples of soup-stocks with different mixing ratios

编号	浓汤宝与鸡汤的混合比例(V:V)
1	0:100
2	2.5:97.5
3	5:95
4	10:90
5	15:85
6	20:80

集、分析和模式识别。

1.3 数据处理

分别采用主成分分析(PCA)、判别函数分析(DFA)、偏最小二乘分析(PLS)的处理方法,对不同品牌鸡精和浓汤宝与鸡汤,以及不同混合比例的浓汤宝与鸡汤进行区分识别。

2 结果与分析

2.1 鸡精和浓汤宝与鸡汤对比

2.1.1 主成分分析 分别用6个电极3个频率段对8种样品进行检测,对检测所得数据进行主成分分析。在10 Hz频率段下区分效果最好,得到各样品的主成分1和主成分2的主成分分析(图2),结果发现:第一主成分(PC1)与第二主成分(PC2)的贡献率分别为66.1%和8.7%,两者之和达到了74.8%,所以两个主成分对应的特征向量所决定的两维子空间就能够较充分保存原始数据的信息。图中每3个记号点代表此样品的3个重复样品。不同样品间的品质差异可以通过主成分得分图上的距离表征,样品的距离说明其品质特性相似的程度。

由图2可知,鸡精与浓汤宝在主成分图上可以与鸡汤很好地区分开来,说明电子舌可以区分鸡汤与鸡精或浓汤宝调制的汤,且鸡精与浓汤宝呈现一定的聚类分布,同时同类别的各样品间又相互区分,说明鸡精或浓汤宝具有相似的特

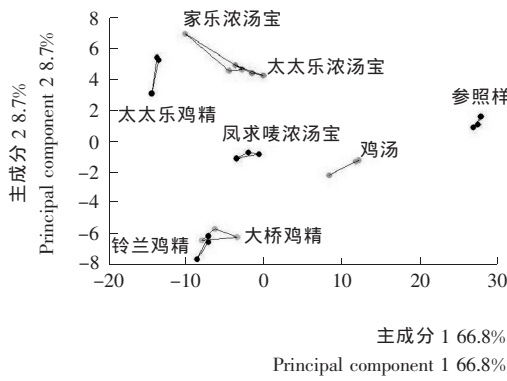


图 2 不同品牌鸡精与浓汤宝以及鸡汤的 PCA 图

Figure 2 PCA chart of different soup-stocks

征,而不同品牌的鸡精或浓汤宝之间又有一定的区别。且不同的鸡精或者浓汤宝之间,相互距离越远,差异性越大。从图 2 中可以看出:凤球唛浓汤宝与鸡汤的区别较小,铃兰与大桥两种鸡精样品与鸡汤的区别较大。因此电子舌可区分不同的鸡精与浓汤宝及鸡汤。

2.1.2 判别函数分析 在 PCA 分析的基础上对样品进行 DFA 分析(图 3)。结果发现,在电子舌传感器的 DFA 响应数据的各个区域内,点的离散度较小,这一点与 PCA 图的表现相似,说明利用判别函数分析可以使样品更好地被区分,鸡精或浓汤宝配制的鸡汤与真正的鸡汤在 DFA 图上会有差别,对样品的鉴定具有借鉴意义。

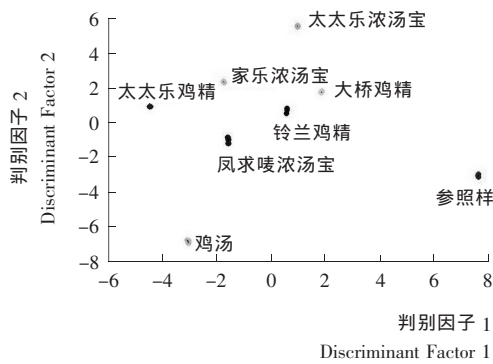


图 3 不同品牌鸡精与浓汤宝以及鸡汤的 DFA 图

Figure 3 DFA chart of different soup-stocks

2.2 不同混合比例的浓汤宝与鸡汤的主成分分析和判别函数分析

在图 4 中各个样品(如表 2 所述)之间都能较为明显地被区分开来,由于 DFA 比 PCA 的区分效果更好,所以对不同混合比例的浓汤宝与鸡汤进行 DFA 分析,从图 4 和图 5 可以看出,电子舌可以区分浓汤宝与鸡汤的混合样本,且区分效果良好,区分精度较高。

2.3 不同混合比例的浓汤宝与鸡汤的偏最小二乘回归分析

将用 6 个种传感器,在 10 Hz 频率段下检测的不同浓度的浓汤宝—鸡汤溶液所得数据建立 PLS 模型。以传感器响

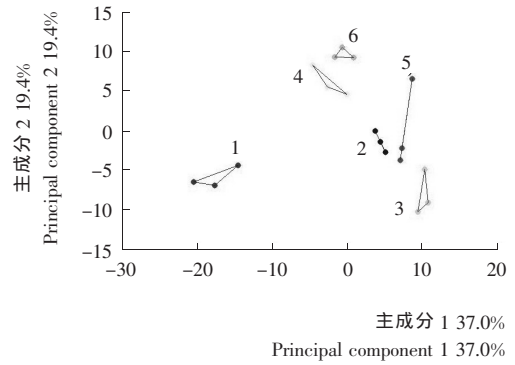


图 4 不同混合比例的浓汤宝与鸡汤的 PCA 图

Figure 4 PCA chart of kinds of soup-stocks with different mixing ratios

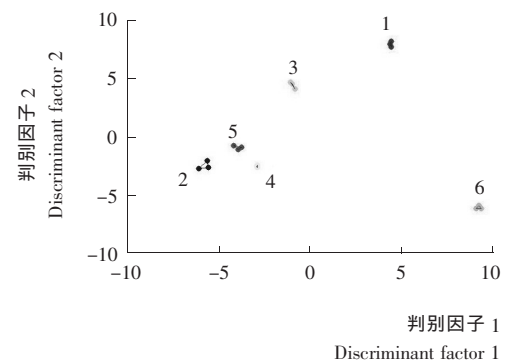


图 5 不同混合比例的浓汤宝与鸡汤的 DFA 图

Figure 5 DFA chart of kinds of soup-stocks with different mixing ratios

应值为自变量,以浓汤宝—鸡汤混合比例为拟合目标值进行曲线拟合,结果见图 6,拟合的相关系数为 0.958 71,拟合效果良好。

建立最优模型后,用最优模型对检测所得数据,在 3~6 号样品的每个样品选取 2 个样本,共计 8 个样本进行 PLS 预测,预测结果及相对误差见表 3。由表 3 可知,样品预测的相对误差均在 15% 以内。结果表明,电子舌的 PLS 模型能够

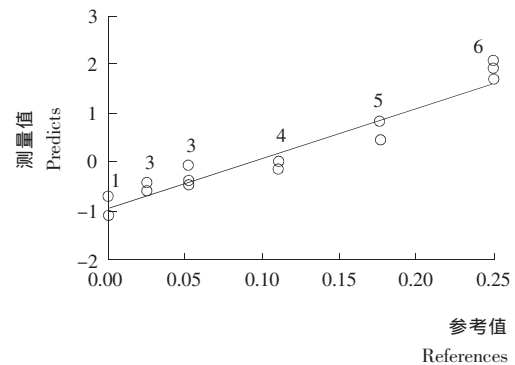


图 6 不同混合比例的浓汤宝和鸡汤 PLS 模型

Figure 6 PLS chart of kinds of soup-stocks with different mixing ratios

表3 不同混合比例的浓汤宝和鸡汤的预测值和实测值

Table 3 Predicted and experimental mixing ratios within different soup-stocks

浓汤宝: 鸡汤 (V: V)	混合比例		相对误差/ %
	实际值	预测值	
5: 95	0.052 6	0.051 7	1.711
5: 95	0.052 6	0.060 4	14.82
10: 90	0.111 1	0.094 6	14.86
10: 90	0.111 1	0.109 3	1.620
15: 85	0.176 5	0.166 1	5.892
15: 85	0.176 5	0.155 2	12.07
20: 80	0.250 0	0.245 6	1.760
20: 80	0.250 0	0.266 1	6.440

较好地预测浓汤宝与鸡汤的不同混合比例。

3 结论

本试验所采用的电子舌系统对不同品牌的浓汤宝、鸡精以及鸡汤,共计8组样本进行了检测试验,研究结果表明主成分分析就可以取得较好的分类效果,而判别函数分析比主成分分析的分类效果更加明显。采用偏最小二乘法对电子舌检测数据的结果建立最优模型,利用已建立的模型对不同混合比例的浓汤宝以及鸡汤进行PLS模型预测,得到的预测值都较为准确。

试验结果表明:应用电子舌能够对烹饪过程中所涉及的鸡汤与人工勾兑的汤及其混合物进行区别,从而拓展了电子舌在食品快速检测,尤其是液体中的应用。

当然,在本试验中未对鸡汤进行火候及调味方面的改变。而且在餐饮生产中所应用的高汤绝不止鸡汤一种,且用调味料勾兑汤的方法也有很多^[21],这方面的研究需要大量的工作和数据。另一方面,实际上,电子舌的不同传感器与不同的味道(酸、甜、苦、咸、鲜)的相关性是不同的^[6],为了更精确地区分各种不同味道的原料,有必要在以后的研究中,首先确定与该味道相关性最强的传感器,得到其特征值,然后选用合适的模式识别方法进行处理。

参考文献

- 1 中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴[Z]. 北京:中国统计出版社,2010~2011.
- 2 马冠生,胡小琪,栾德春,等. 中国居民的就餐行为[J]. 营养学报,2005,27(4):272~275.
- 3 曹仲文. 厨房器具与设备[M]. 南京:东南大学出版社,2007.
- 4 孙月娥,陈芬. 电子鼻与电子舌在果蔬质量评价中的应用[J]. 食品工业,2011,32(4):87~89.
- 5 贾洪峰,梁爱华,何江红,等. 电子舌对啤酒的区分识别研究[J]. 食品科学,2011,32(24):252~255.

- 6 李阳,陈芹芹,胡雪芳,等. 电子舌技术在啤酒口感评价中的应用[J]. 食品研究与开发,2008,29(11):122~127.
- 7 张浩玉,张柯,黄星奕,等. 电子舌对不同品种醋的辨别研究[J]. 中国调味品,2011,36(5):1~4.
- 8 王永维,王俊,朱晴红,等. 基于电子舌的白酒检测与区分研究[J]. 包装与食品机械,2009,25(5):57~61.
- 9 C Apetrei, M L Rodriguez-Mendez, J A de Saja. Modified carbon paste electrodes for discrimination of vegetable oils[J]. Sensors and Actuators,2005(8):403~409.
- 10 张玉玉,黄明泉,陈海涛,等. 7种面酱的电子鼻和电子舌辨别分析[J]. 中国食品学报,2012(1):199~205.
- 11 F Winquist, E Rydberg, S Holmin. Flow injection analysis applied to a voltammetric electronic tongue [J]. Analytica Chimica Acta,2002(12):159~172.
- 12 Beullens K, Kirsanov D, Irudayaraj J, et al. The electronic tongue and ATR-FTIR for rapid detection of sugars and acids in tomatoes[J]. Sensors and Actuators B, 2006, 116(1/2):107~115.
- 13 张森,贾洪峰,李樊昕,等. 电子舌对食醋品质鉴定及区分的研究[J]. 中国调味品,2012,37(8):1~3,6.
- 14 白福铭,郑丽敏,朱虹,等. 电子舌对不同储藏期鸡蛋识别的研究[J]. 微计算机信息(测控自动化),2010,26(5):188,192~193.
- 15 王弘,陈山,刘仲明. 农产品安全监测中生物传感器的应用[J]. 生命的化学,2005,25(2):159~160.
- 16 阎红,辛松林,彭德川,等. 花椒的气味指纹分析技术应用与探索[J]. 四川烹饪高等专科学校学报,2010,34(2):21~24.
- 17 陶文沂. 中国食品工业发展及新技术的应用[J]. 食品与机械,2006,22(4):3~9.
- 18 杜瑞超,王俊杰,吴飞,等. 电子舌对中药滋味的区分识别[J]. 中国中药杂志,2013,38(2):154~161.
- 19 陈全胜,江水泉,王新宇. 基于电子舌技术和模式识别方法的茶叶质量等级评判[J]. 食品与机械,2008,24(1):124~126.
- 20 陈玺撼. 餐饮业“勾兑”究竟有无问题[N]. 解放日报,2011—08—25(002).
- 21 梁宇荣. 论烹饪中的汤[J]. 中国食品,2005,28(24):50~51.
- 22 谈国凤,田师一,沈宗根,等. 电子舌检测奶粉中抗生素残留[J]. 农业工程学报,2011,27(4):361~365.
- 23 毛岳忠,田师一,胡晓晖,等. 智舌对奶粉中三聚氰胺的检测研究[J]. 中国食品学报,2011,11(3):158~164.
- 24 周牡艳,郑云峰,张韬,等. 智能电子舌对地理标志产品绍兴黄酒的区判别别研究[J]. 酿酒科技,2012,33(12):23~27.
- 25 张素平,田师一,邓少平. 智舌对基本味物质辨识能力的实验研究[J]. 中国食品学报,2009,9(5):111~117.