

基于电子舌技术的豉香型白酒分类识别研究

孙文佳¹, 方毅斐², 汪廷彩¹, 何松贵², 刘嘉飞¹, 余剑霞², 黎伟刚², 雷毅^{1*}

(1.广东省食品检验所 国家白兰地、威士忌、伏特加和葡萄酒质量监督检测中心, 广东 广州 510435;

2.广东省九江酒厂有限公司, 广东 佛山 528203)

摘要: 豉香型白酒作为广东地产酒, 是中国白酒十二大主流香型之一, 深受粤港澳地区和东南亚地区群众的喜爱。该研究采用电子舌技术和多变量统计学方法相结合, 对广东地产豉香型白酒的滋味品质评价分析。结果表明, 电子舌对同一产地不同品牌的豉香型白酒做出了较好的分类判别。从味觉雷达图发现三个品牌的酸味、涩味、苦味指标存在一定差异, 而在三个品牌的分类判别结果表明, 线性判别分析法优于主成分分析法, 9个批次的未知样品均能准确识别, 表明该模型能够较好区分不同品牌的豉香型白酒。

关键词: 电子舌; 豉香型白酒; 多变量统计分析; 分类识别

中图分类号: TS261

文章编号: 0254-5071(2020)09-0182-04

doi:10.11882/j.issn.0254-5071.2020.09.034

引文格式: 孙文佳, 方毅斐, 汪廷彩, 等. 基于电子舌技术的豉香型白酒分类识别研究[J]. 中国酿造, 2020, 39(9): 182-185.

Classification and recognition of Chi-flavor Baijiu based on electronic tongue technology

SUN Wenjia¹, FANG Yifei², WANG Tingcai¹, HE Songgui², LIU Jiafei¹, YU Jianxia², LI Weigang², LEI Yi^{1*}

(1.National Product Quality Supervision and Inspection Center of Brandy, Whisky, Vodka and Wine, Guangdong Institute of Food Inspection, Guangzhou 510435, China; 2.Guangdong Jiujiang Distillery Co., Ltd., Foshan 528203, China)

Abstract: Chi-flavor Baijiu (Chinese liquor), as one of the twelve major flavor types of Chinese Baijiu, is mainly produced in Guangdong province. It is deeply loved by the people in Guangdong, Hong Kong, Macao regions and Southeast Asia. In this study, electronic tongue technology and multivariate statistical methods were used to evaluate and analyze the taste quality of Chi-flavor Baijiu produced in Guangdong province. The results showed that electronic tongue was able to distinguish the different brands of Chi-flavor Baijiu from the same origin. According to the taste radar map, it was found that the differences among the three brands were caused by acidity, astringency and bitterness. The results of classification and discrimination of three brands Baijiu showed that the linear discriminant analysis method was superior to the principal component analysis method. The unknown samples of nine batches could be identified accurately, which indicated that the model could distinguish different brands of Chi-flavor Baijiu.

Key words: electronic tongue; Chi-flavor Baijiu; multivariate statistical analysis; classification and recognition

电子舌作为近10年内一种检测味觉品质的新技术, 利用了低选择性、非特异性、交互敏感的多传感阵列为基础, 能够获取液体样本味觉特征的总体信息, 具有感受阈值、感知味强度与人保持一致、对味觉物质有高选择性且对一类味觉物质具有整体选择性、可体现味觉物质间的相互作用特性并建立味觉标尺等特点, 同时样品无须进行复杂的前处理, 可以实现快速的检测。是一种不依赖于感官人员的客观感受系统, 具有高灵敏度、可靠性、重复性的特点^[1-3]。因此, 电子舌技术在食品领域的应用研究开展的越来越广泛。目前已经广泛应用于饮料^[4-6]、肉^[7-8]、调味品^[9-10]、茶叶^[11-12]、酒^[13-14]等食品的滋味品质评价和分类。

豉香型白酒是中国十二大主流香型白酒之一, 因其具有突出的豉香味而得名^[15-17]。豉香型白酒也叫“斋酒”, 酿造工艺独特, 以大米为原料, 采用小曲大酒饼半固态半液态

边糖化边发酵, 液态蒸馏得到基础酒, 然后再加入肥肉浸泡、贮存、勾兑而成^[18-21]。酒中的“豉香”是米香型白酒香气与后熟浸泡肥肉工艺产生的特殊气味所组成的复合香气。豉香型白酒是广东省地产特色酒, 深受珠三角地区和东南亚地区群众的喜爱, 居我国白酒出口量之首^[22-24]。佛山是豉香型白酒原产地、岭南酒文化发源地和中国豉香型白酒产业基地^[25]。

本实验选取广东省佛山地区按照传统工艺酿造的不同品牌的豉香型白酒为研究对象, 采用电子舌进行味觉检测, 对豉香型白酒的苦味、涩味、酸味、咸味、鲜味等基本味觉感官指标, 以及苦的回味、涩的回味和丰富度进行数字化评价, 通过多变量统计学方法研究各滋味指标与各样品之间的关系, 为豉香型白酒质量品质评价和分类鉴别体系的建立提供依据。

收稿日期: 2020-02-26

修回日期: 2020-04-11

基金项目: 广东省食品药品监督管理局科技创新项目(2018JDZ02)

作者简介: 孙文佳(1987-), 女, 工程师, 硕士, 研究方向为食品质量与安全。

*通讯作者: 雷毅(1977-), 男, 主任药师, 博士, 研究方向为食品安全与质量分析。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

酒样[36个,其中1~12号样品为品牌1号酒(酒精度29%vol),13~24号样品为品牌2号酒(酒精度29%vol),25~36号样品为品牌3号酒(酒精度29.5%vol)];广东佛山某3个酒厂。

咸、酸、鲜、苦和涩味的味觉标准溶液:日本Insent公司;氯化钾、酒石酸、氢氧化钾、浓盐酸和无水乙醇(均为分析纯):广州化学试剂厂。

1.2 仪器与设备

SA 402B 味觉分析系统(配备5个测试传感器和2个参比传感器,其中AAE、CT0、CA0、AE1和C00测试传感器分别用于测试鲜味、咸味、酸味、涩味还有苦味):日本Insent公司;M293986纯水机:美国Millipore公司。

1.3 方法

1.3.1 试剂配制

参比溶液:称取2.24 g氯化钾、0.05 g酒石酸,用超纯水定容至1 L,混匀,静置1 d后备用;

清洗溶液A:取8.3 mL浓盐酸置于500 mL超纯水中,加入300 mL无水乙醇,用超纯水定容至1 L,混匀,静置1 d后备用;

清洗溶液B:称取7.46 g氯化钾、0.56 g氢氧化钾,用适量超纯水溶解后,加入300 mL无水乙醇,用超纯水定容至1 L,混匀,静置1 d后备用。

1.3.2 样品的预处理

准确量取40 mL酒样加入20 mL超纯水,混合均匀后,静置3 min后上机。

1.3.3 仪器方法

使用电子舌对酒样进行测定,将60 mL酒稀释液均匀倒在两个样品杯中,传感器在待测样品中浸泡30 s进行测试。每个米酒样品重复测4次,选取后3次测量的数据平均值作为本研究分析的原始数据。

1.3.4 模式识别方法

采用Origin pro 2017软件对数据进行主成分分析(principal component analysis, PCA)、线性判别分析(linear discriminant analysis, LDA)。

2 结果与分析

2.1 传感器响应信号处理

测试时选取参比溶液为校准溶液,每次采样时间为30 s,每秒钟采样一次,电子舌系统软件每秒钟自动记录一次数据。待测样品的化学分子与传感器膜的之间的相互作用会影响膜的电势,最后达到动态平衡。随着采样时间的延长,传感器的响应信号也逐渐趋于平稳。本实验采取电子舌传感器响应信号相对平稳的第30秒的数据进行分析讨论。通过电子舌自带的分析软件将传感器响应信号转化为相应的味觉强度。详见表1。

表1 电子舌传感器与基本味觉对应情况

Table 1 Electronic tongue sensor corresponds to the basic taste sensation

传感器	对应的基本味觉	呈味物质	阈值/%
CT0	咸(saltiness)	氯化钠	0.05
CA0	酸(sourness)	柠檬酸	0.002 5
C00	苦(bitterness)	硫酸奎宁	0.000 1
AAE	鲜(umami)	L-谷氨酸钠	0.03
AE1	涩(astringency)	单宁	

备注:表中味觉阈值是指室温下的阈值。

2.2 不同品牌豉香型白酒的味觉区分

为了探究电子舌对豉香型白酒的鉴别能力,试验中选取佛山地区不同品牌按照传统工艺酿造的同等档次豉香型白酒作为检测对象。三款酒的味觉信号雷达图分别对应为图1a、1b、1c。

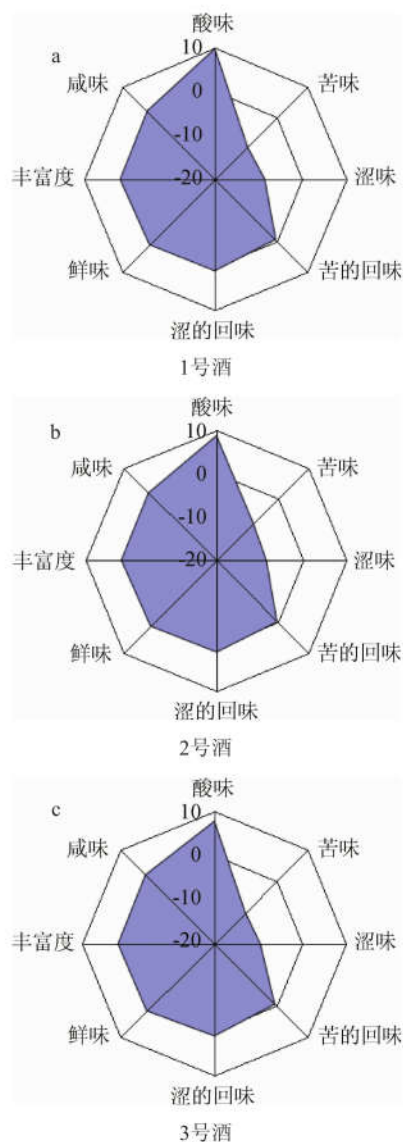


图1 不同品牌豉香型白酒味觉雷达图

Fig. 1 Taste radar map of different brands of Chi-flavor Baijiu

对比图1a、b、c可以发现,在酸味、苦味、涩味方面三款酒有较明显区别,其中1号酒样酸度偏高,2号酒样苦味较高,3号酒样酸味、苦味、涩味均较低。在咸味、鲜味、丰富度、苦的回味、涩的回味方面三款酒无明显区别。选用酸味、苦味、涩味做3D图,详见图2。

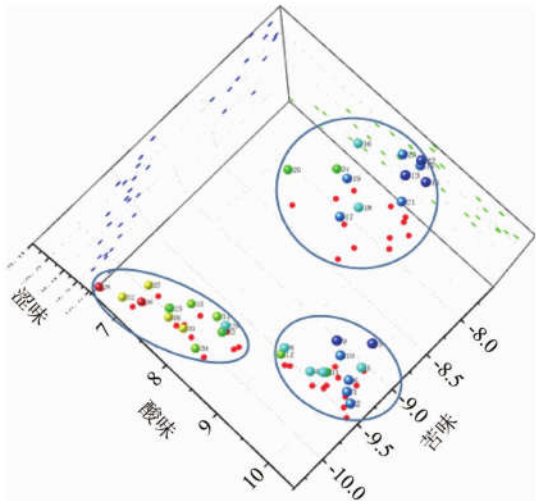


图2 豉香型白酒的味觉三维图(酸味、苦味、涩味)
Fig. 2 Three dimensional map of taste of Chi-flavor Baijiu (sourness, bitterness, astringency)

由图2可以看出,1号酒、2号酒、3号酒有一定的聚集效应,且2号酒与1号酒、3号酒能够明显区别开,但1号酒和3号酒区别不明显。

2.3 不同品牌豉香型白酒的化学计量学区分

采用统计学软件对数据进行主成分分析(PCA)、线性判别分析(LDA)。对不同品牌豉香型白酒进行PCA分析(图3)可知,主成分分析中主成分1的方差贡献率为53.6%、主成分2方差贡献率为26.3%、主成分3方差贡献率为17.2%,前2维主成分的累计方差贡献率为79.9%,前3维主成分的累计方差贡献率达到了97.1%,说明保留了原始数据绝大部分的信息量。由图3可以看出,2号酒与1号酒、3号酒可以较好的区分,但1号酒和3号酒在PCA区分图中有一部分的重叠。

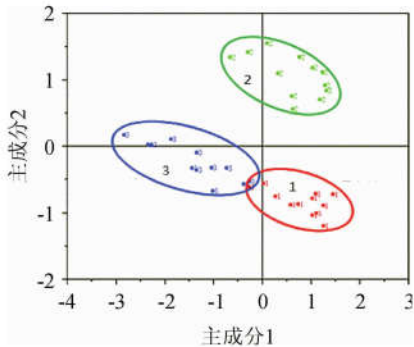


图3 不同品牌豉香型白酒主成分分析结果
Fig. 3 Principal component analysis results of different brands of Chi-flavor Baijiu

由LDA分析(图4)可知,典型变量1、典型变量2的方差贡献率分别为67.8%、32.2%,前2维主成分的累计方差贡献率达到了99.9%,可以得到较好的区分效果。对比图3和图4,可以发现LDA区分图的离散程度较PCA区分图小,区分效果也更好,这主要是二者的理论依据不同造成的。

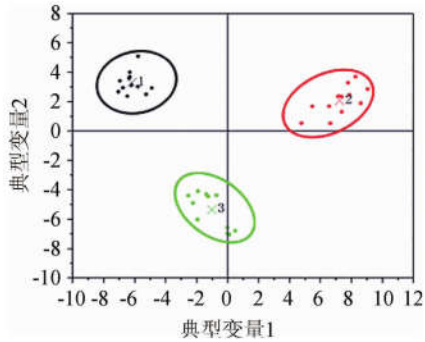


图4 不同品牌豉香型白酒线性判别分析结果
Fig. 4 Linear discriminant analysis results of different brands of Chi-flavor Baijiu

2.4 豉香型白酒风味分析模型区分未知样品的情况

选择8种味觉指标作为变量,使用贝叶斯判别函数模拟识别9批次未知样品。根据表2、表3中sig.=0.000小于显著性水平0.05,表明函数达到了显著性水平。未知样品预测结果见表4,个案分类结果汇总见表5。由表4、表5可知,9个未知样品都能够进行识别,个案分类结果汇总显示判别函数回判正确率为100%>85%,表明该模型有效。对9批次未知样品的模拟判别结果全部正确,表明该模型能够较好识别不同品牌的豉香型白酒。未知样品的预测结果分布情况见图5。

表2 模型特征值结果				
Table 2 Eigenvalues results of the model				
函数	特征值	方差百分比/%	累积方差百分比/%	典型相关系数
1	33.323	67.78	67.78	0.985
2	15.842	32.22	100.00	0.970

表3 判别函数显著性检验结果				
Table 3 Significance test results of discriminant function				
函数	Wilks' Lambda	卡方	自由度	显著性
1 to 2	0.002	187.611	16	0.000
2 to 2	0.059	83.305	7	0.000

表4 判别分析模拟识别未知样品预测结果		
Table 4 Prediction results of unknown samples identified by discriminant analysis simulation		
样品编号	预测结果	是否识别
37	1	是
38	1	是
39	1	是

续表

样品编号	预测结果	是否识别
40	2	是
41	2	是
42	2	是
43	3	是
44	3	是
45	3	是

表5 样品分类结果汇总

Table 5 Summary of case classification results

分类	分组			总计	
	1	2	3		
原始	1	12	0	0	12
	2	0	12	0	12
	3	0	0	12	12
	未知样品	3	3	3	9
正确率	1	100%	/	/	100%
	2	/	100%	/	100%
	3	/	/	100%	100%
	未知样品	100%	100%	100%	100%

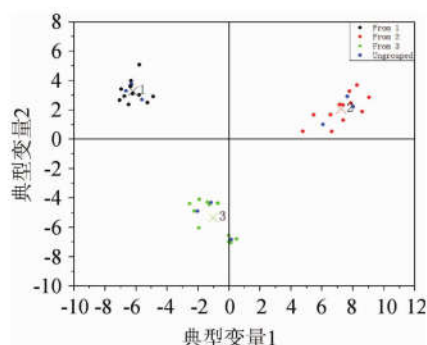


图5 预测结果分布

Fig. 5 Distribution of prediction results

3 结论

电子舌技术能够获取豉香型白酒样本的整体味觉信息,同时避免了主观因素及其他的人为误差,测定结果更客观、可靠、可重复。

电子舌对于同一产地不同品牌的豉香型白酒能较好地地区分。模式识别分析中,主成分分析和线性判别分析均能得到较好的结果。线性判别分析法分析效果要优于主成分分析的结果。

通过电子舌采集的味觉信息构建的分析模型能够较好的区分未知样品。

参考文献:

- [1] 胡洁,李蓉,王平.人工味觉系统——电子舌的研究[J].传感技术学报,2001,14(2):169-179.
- [2] 王俊,胡桂仙,于勇.电子鼻与电子舌在食品检测中的应用研究进展[J].农业工程学报,2004,20(2):292-295.
- [3] PERIS M, ESCUDER-GILABERT L. A 21st century technique for food

control: electronic noses[J]. *Anal Chim Acta*, 2009, 638(1): 1-15.

- [4] PERIS M, ESCUDER-GILABERT L. On-line monitoring of food fermentation processes using electronic noses and electronic tongues: A review[J]. *Anal Chim Acta*, 2013, 804: 29-36.
- [5] BLEUBAUM R N, STONE H, TAN T, et al. Comparison of sensory and consumer results with electronic nose and tongue sensors for apple juices[J]. *Food Qual Prefer*, 2002, 13(6): 409-422.
- [6] 张森,贾洪峰,李燮昕,等.电子舌在鲜榨橙汁掺假识别中的应用研究[J].食品与机械,2015(6):92-94.
- [7] 丛艳君,易红,郑福平.基于电子舌技术区分酸奶的滋味[J].食品工业科技,2015,36(4):49-52.
- [8] 姜莎,陈芹芹,胡雪芳.电子舌在红茶饮料区分辨中的应用[J].农业工程学报,2009,25(11):345-349.
- [9] HAN J, HUANG L, GU Z, et al. Evaluation of fish quality and freshness based on the electronic tongue[J]. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*, 2008, 24(12): 141-144.
- [10] 王伟静,张松山,谢鹏,等.电子鼻和电子舌快速检测炖制下牛肉的品质[J].食品研究与开发,2017(17):134-138.
- [11] 曾雪晴,李洪军,王兆明.无损检测技术在掺假肉及肉制品中的应用进展[J].食品与发酵工业,2019,45(1):256-262.
- [12] WEI Z, WANG J, LIAO W. Technique potential for classification of honey by electronic tongue[J]. *J Food Eng*, 2009, 94(3-4): 260-266.
- [13] 王丹丹,凌霞,王念,等.基于电子舌技术对市售生抽酱油滋味品质的评价[J].食品与发酵工业,2017(6):248-253.
- [14] 易宇文,范文教,乔明峰,等.基于模糊数学与智能感官评价的鱼香调味汁配方优化研究[J].中国食品添加剂,2017(11):132-139.
- [15] CHEN Q, ZHAO J, VITTAYAPADUNG S. Identification of the green tea grade level using electronic tongue and pattern recognition[J]. *Food Res Int*, 2008, 41(5): 500-504.
- [16] HE W, HU X, ZHAO L, et al. Evaluation of Chinese tea by the electronic tongue: Correlation with sensory properties and classification according to geographical origin and grade level[J]. *Food Res Int*, 2009, 42(10): 1460-1467.
- [17] WU R, ZHAO J, CHEN Q, et al. Quality assessment of green tea taste by using electronic tongue[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2011, 27(11): 378-381.
- [18] 吴瑞梅,赵杰文,陈全胜.化学仪器与电子舌表征绿茶滋味感官品质的比较[J].江苏大学学报自然科学版,2013,34(2):161-165.
- [19] 潘玉成,叶乃兴,江福英,等.电子舌在茶叶检测识别中的应用[J].茶叶科学,2016(6):621-630.
- [20] 王俊,姚聪.基于电子舌技术的葡萄酒分类识别研究[J].传感技术学报,2009(8):1088-1093.
- [21] 霍丹群,张苗苗,侯长军.基于主成分分析和判别分析的白酒品牌鉴别方法[J].农业工程学报,2011,27(S2):297-301.
- [22] YU H, ZHANG Y, XU C, et al. Discrimination of wine age of Chinese rice wine by electronic tongue based on amino acid profiles[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2017, 33(2): 297-301.
- [23] LEGIN A, RUDNITSKAYA A, LVOVA L, et al. Evaluation of Italian wine by the electric tongue: Recognition, quantitative analysis and correlation with human sensors perception[J]. *Anal Chim Acta*, 2003, 484(1): 33-44.
- [24] RUDNITSKAYA A, DELGADILLO I, LEGIN A, et al. Prediction of the Port wine age using an electronic tongue[J]. *Chemom Intellig Laborat Syst*, 2007, 88(1): 125-131.
- [25] 何静,杨剑锋,王大武.浅析豉香型白酒风味物质[J].中国科技信息,2016(19):37-38.