

# 基于电子舌技术的农家自酿葡萄酒滋味品质的比较研究

孙永林<sup>1</sup>, 李运书<sup>2</sup>, 徐馨<sup>1</sup>, 柯亚捷<sup>1</sup>, 魏冬<sup>1</sup>, 王启会<sup>1</sup>

(1. 湖北文理学院 化学工程与食品科学学院, 湖北 襄阳 441053;

2. 湖北文理学院附属中学, 湖北 襄阳 441053)

**摘要:**通过电子舌技术对农家自酿葡萄酒的滋味品质进行了比较研究,利用主成分分析、非加权组平均法和多元方差分析方法对电子舌传感电极阵列捕捉到的信号进行分析和识别.结果表明,6组自酿的葡萄酒样品在滋味品质的整体结构上存在差异,尤其在酸味、苦味、鲜味和丰度上的差异较大.葡萄产地、成熟度、酿造方法和发酵环境的不同可能是自酿葡萄酒在滋味上存在差异的原因.

**关键词:**电子舌;多元统计;农家自酿葡萄酒;滋味;品质

**中图分类号:**TS261 **文献标志码:**A **文章编号:**2095-4476(2017)05-0020-04

葡萄酒是以新鲜葡萄或葡萄汁为原料,经全部或部分发酵酿制而成的酒精饮品,含有多酚、氨基酸、矿物质和维生素等,能直接被人体吸收,具有抗氧化、助消化、促进血液循环等功效,深受大众喜爱.随着人们生活水平的提高和对生活品质的追求,对葡萄酒的消费需求日益增大,越来越多的人更愿意亲自动手酿造葡萄酒,并且已经逐渐成为一种时尚.与商业葡萄酒相比,农家自酿葡萄酒因葡萄品种、产地、成熟度、发酵温度、发酵环境、酿造方法等因素,往往造成酿出的葡萄酒在滋味和品质方面存在差异.

电子舌是近年来模仿哺乳动物的味觉机理发展起来的一种味觉传感器技术,主要由味觉传感器阵列、信号采集器和模式识别系统组成,其工作原理为传感器中的阵列感受不同的化学物质,将采集到的信号输入电脑,通过软件对检测信号进行分析处理,从而对不同的物质进行识别,以获得各物质的感官信息<sup>[1]</sup>.与传统的人工感官法、化学检测法相比,电子舌具有客观性、快捷无损、准确、重复性好等优点,已成功应用于白酒<sup>[2-3]</sup>、黄酒<sup>[4-5]</sup>、葡萄酒<sup>[6-8]</sup>、果酒<sup>[9]</sup>以及饮料<sup>[10-11]</sup>等产品的质量检测中.农家自酿葡萄酒因原料来源、加工方式等因素,与商业葡萄酒在滋味和品质上存在明显差异.本研究从湖北襄阳地区采集了6组农家自酿的葡萄酒样品,结合电子舌和多元统计方法对农家自酿葡萄酒在滋味和品质上的差异进行了检测,为智能感官技术在食品中的应用提供理论依据.

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料与仪器

分别从襄阳市所辖的枣阳、宜城、老河口、南漳、保康、保康6个县采集农家自酿的葡萄酒样品6组,每组6个重复.6组样品的葡萄品种要求均为完全成熟的巨峰葡萄(产地为山东省沂水县),果穗上果粒大小一致,果皮紫黑色,无病虫害、无破损.利用附着在葡萄表皮上的酵母进行自然发酵,葡萄破碎后按照1L葡萄汁添加80g蔗糖的比例添加蔗糖,分两次添加,主发酵前添加一半,后期发酵时再添加一半.温度控制在20-25℃,相对湿度控制在85%左右,经80d发酵结束.同时购买一款市售的干红葡萄酒(瑞贝卡,葡萄品种:梅洛、赤霞珠,酒精度:12% vol)作为对照.

SA402B电子舌(Electronic tongue, E-tongue):日本Insent公司,主要由味觉传感器、Ag/AgCl参比电极,分析软件和进样装置组成.可检测待测样品的酸、甜、咸、苦、涩、鲜味,同时还可以对鲜、苦和涩的回味进行检测.

### 1.2 实验方法

1.2.1 葡萄酒的检测 分别对市售和自酿葡萄酒样品进行取样,每组样品取80 mL倒入烧杯,静置20 min,

收稿日期:2016-11-21;修订日期:2017-02-22

基金项目:湖北文理学院教师科研能力培育基金(2016zk017)

作者简介:孙永林(1973-),女,湖北襄阳人,湖北文理学院化学工程与食品科学学院副教授.

每组样品重复测定 6 次. 同时将市售的干红葡萄酒作为对照溶液.

1.2.2 数据采集 采用 SA402B 电子舌检测系统对葡萄酒样品进行测定. 传感器经活化和自平衡后, 参照 Kobayashi<sup>[12]</sup> 和郭壮等<sup>[13]</sup> 的方法对样品进行测定. 即: 传感器在阳离子和阴离子溶液中洗涤 90 s 后, 在参比溶液中浸泡 30s, 读取电势值  $V_r$ ; 再将传感器在待测样品溶液中浸泡 30 s, 读取样品电势值  $V_s$ ,  $V_s$  与  $V_r$  的差值即为鲜、酸、咸、苦和涩味等 5 个基本味相对强度值; 然后将传感器在参比溶液中洗涤 3s. 再将传感器在参比溶液中浸泡 30 s, 读取电势值  $V_r'$ ,  $V_r'$  与  $V_r$  的差值即为苦、鲜和涩味等 3 个基本味的回味相对强度值.

1.2.3 统计分析 使用方差分析 (analysis of variance, ANOVA) 对各滋味指标的差异性进行分析; 使用主成分分析 (principal component analysis, PCA)、聚类分析 (cluster analysis, CA) 和多元方差分析 (multivariate analysis of variance, MANOVA) 对葡萄酒样品滋味品质整体结构的差异进行分析; 分析均采用 Matlab 2010b 软件 (The MathWorks, Natick, MA, USA). 使用 Origin 8.5 软件 (OriginLab Corp, MA, USA) 画图.

## 2 结果与讨论

### 2.1 农家自酿葡萄酒样品各滋味差异性分析

由表 1 可知, 纳入本研究的 6 组农家自酿葡萄酒样品其酸味、苦味、涩味、咸味和鲜味等 5 个基本味觉指标及后味 A (涩味回味)、后味 B (苦味回味) 和丰度等三个回味指标差异显著 ( $P < 0.05$ ). 其中, 样品 A 的后味 A 较强, 样品 B 和样品 F 具有较强的酸味, 酸味强度分别达 2.97 和 3.38. 而样品 C 的丰度则比较突出, 丰度为 0.55. 可见这 6 组自酿葡萄酒在滋味上存在明显差异, 经调查可知, 农家所采购的葡萄在成熟度、产地及酿造方法等方面存在一定的差异, 可能造成了自酿葡萄酒在滋味上的不同.

表 1 不同葡萄酒样品各滋味指标的相对强度分析

	样品 A	样品 B	样品 C	样品 D	样品 E	样品 F
酸味	0.72 ± 0.03 <sup>c</sup>	2.97 ± 0.01 <sup>b</sup>	-0.34 ± 0.07 <sup>d</sup>	-4.76 ± 0.07 <sup>f</sup>	-3.98 ± 0.07 <sup>e</sup>	3.38 ± 0.02 <sup>a</sup>
苦味	-1.78 ± 0.06 <sup>c</sup>	-2.58 ± 0.1 <sup>d</sup>	-2.66 ± 0.14 <sup>d</sup>	-0.3 ± 0.11 <sup>b</sup>	1.12 ± 0.06 <sup>a</sup>	-4.04 ± 0.05 <sup>e</sup>
涩味	-0.44 ± 0.1 <sup>a</sup>	-1.73 ± 0.2 <sup>b</sup>	-3.17 ± 0.19 <sup>e</sup>	-2.4 ± 0.21 <sup>d</sup>	-2.02 ± 0.15 <sup>c</sup>	-1.64 ± 0.07 <sup>b</sup>
咸味	2.27 ± 0.15 <sup>a</sup>	-0.46 ± 0.26 <sup>d</sup>	-1.67 ± 0.31 <sup>c</sup>	0.32 ± 0.32 <sup>b</sup>	0.18 ± 0.37 <sup>b,c</sup>	-0.07 ± 0.23 <sup>c</sup>
鲜味	-1.23 ± 0.04 <sup>f</sup>	-1.07 ± 0.05 <sup>e</sup>	0.52 ± 0.04 <sup>c</sup>	2.24 ± 0.05 <sup>a</sup>	2.16 ± 0.06 <sup>b</sup>	-0.96 ± 0.05 <sup>d</sup>
后味 A	3.05 ± 0.12 <sup>a</sup>	-1.9 ± 0.03 <sup>d</sup>	-1.71 ± 0.05 <sup>c</sup>	-1.5 ± 0.06 <sup>b</sup>	-1.5 ± 0.08 <sup>b</sup>	-1.93 ± 0.09 <sup>d</sup>
后味 <sup>b</sup>	1.23 ± 0.06 <sup>b</sup>	0.27 ± 0.05 <sup>d</sup>	0.21 ± 0.04 <sup>d</sup>	1.11 ± 0.03 <sup>c</sup>	2.77 ± 0.05 <sup>a</sup>	-0.66 ± 0.05 <sup>e</sup>
丰度	-0.31 ± 0.33 <sup>d</sup>	-0.91 ± 0.34 <sup>e</sup>	0.55 ± 0.1 <sup>c</sup>	2.12 ± 0.23 <sup>a</sup>	1.73 ± 0.09 <sup>b</sup>	-0.75 ± 0.28 <sup>e</sup>

注: 含有不同字母的同一行数据差异显著 ( $P < 0.05$ )

### 2.2 市售和农家自酿葡萄酒滋味品质差异性分析

主成分分析法 (principal component analysis, PCA) 即主分量分析法, 是电子舌模式识别算法中最基本的多元统计方法. 其实质是从多个变量之间的相互关系入手, 将原来多个指标利用降维和简化的处理技术转化为少数几个综合指标, 从而减少信息维数. 将原始变量转换到新的坐标系统得到新的变量即为主成分, 可用得分图和载荷因子图表示主成分分析的结果, 在分析过程中, 第一主成分是将数据的最大方差投影到第一个坐标轴上, 第二主成分是将数据的次大方差投影到第二个坐标轴上, 以此类推<sup>[14-16]</sup>. 本试验以两个权重最高的主成分 PC1 和 PC2 作图可得主成分因子得分图 (图 1), 从图 1 中可以看出, 前 2 维主成分即第一主成分 (PC1) 和第二主成分 (PC2) 总贡献率达 91.71%, 较好地反映了葡萄酒样品的绝大部分信息, 其中 PC1 和 PC2 的贡献率分别为 56.37% 和 35.34%, 且 6 组自酿的葡萄酒样品 (A-F) 在 PCA 区分图中呈现出明显的聚类趋势, 可能因为各农家在进行葡萄酒酿造时所购买的葡萄产地及酿造方法不同, 从而导致 6 组自酿的葡萄酒样品在滋味品质上存在一定的差异.

非加权组平均法 (unweighted pair - group method with arithmetic means, UPGMA) 即距离矩阵法, 是一种典型的聚类分析方法, 主要用于解决样品间的分类问题<sup>[17]</sup>. 为进一步验证 PCA 分析的结果, 我们用 UPGMA 对农家自酿葡萄酒的滋味整体结构进行了评价 (图 2). 由图可知, 6 组样品可分成 3 个聚类, 其中, B 样品和 F 样品为第一聚类, A 样品和 C 样品为第二聚类, D 样品和 E 样品为第三聚类. 由此可见, UPGMA 结果与 PCA 结果一致, 即农家自酿葡萄酒样品各自呈现出明显的聚类趋势, 说明这 6 组葡萄酒样品可能具有各自独特的滋味特征.

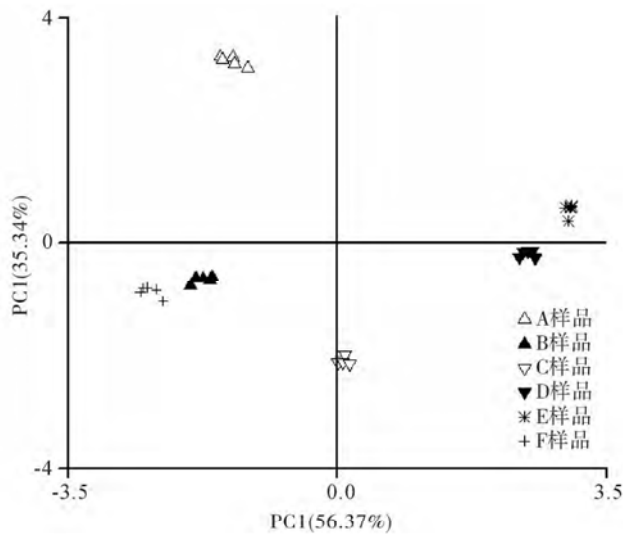


图1 农家自酿葡萄酒滋味品质的主成分1与主成分2因子得分

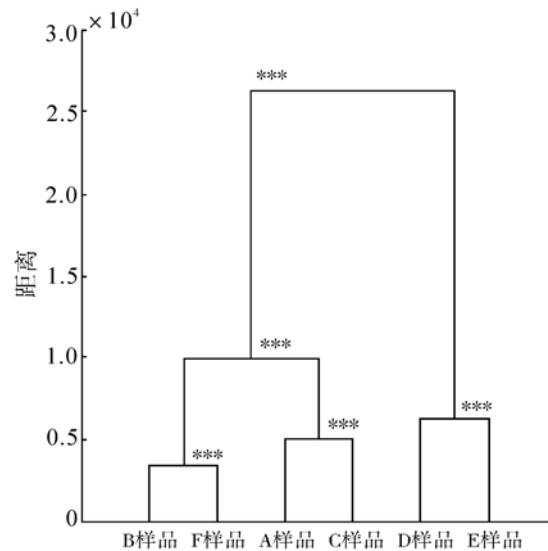


图2 基于UPGMA聚类分析的农家自酿葡萄酒滋味品质评价  
注:A-F代表农家自酿葡萄酒

为进一步验证通过PCA和UPGMA聚类分析得出的农家自酿葡萄酒滋味品质整体结构存在的差异性,我们采用多元方差分析对PC1和PC2所代表的变异度进行了检验,发现当6组葡萄酒样品以其酿造方式为分组依据时,ANOVA检验 $p$ 值显著( $P < 0.001$ ).这说明,葡萄酒样品滋味品质的不同是造成因子得分图中各样本空间排布呈现明显区分的原因.

2.3 农家自酿葡萄酒滋味品质整体结构差异显著相关指标的鉴定

由因子载荷图(图3)可知,第一主成分的贡献率为56.37%,由后味B、苦味、丰度、鲜味和酸味五个指标构成.第二主成分的贡献率为35.34%,由后味A、涩味、咸味和鲜味三个指标构成.由因子得分图(图1)可知,农家自酿葡萄酒中的D和E样品的空间排布较之其他样品整体偏右,结合因子载荷图(图3)我们可以定性的认为这两组样品的后味B、苦味、丰度和鲜味大,而酸味较小.而A、B和F样品整体偏左,说明这三组样品的后味B、苦味、丰度和鲜味小,而酸味较大. C样品居中且在Y轴方向上偏下,说明后味A、涩味和咸味小.

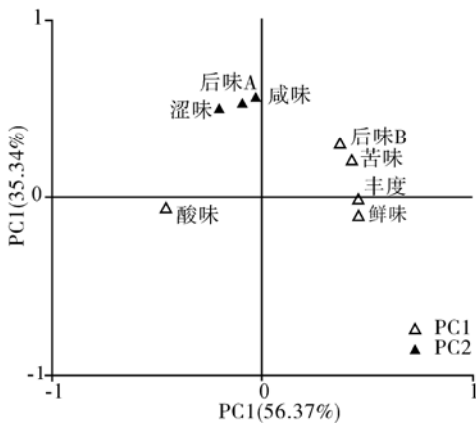


图3 农家自酿葡萄酒滋味品质的主成分1与主成分2因子载荷

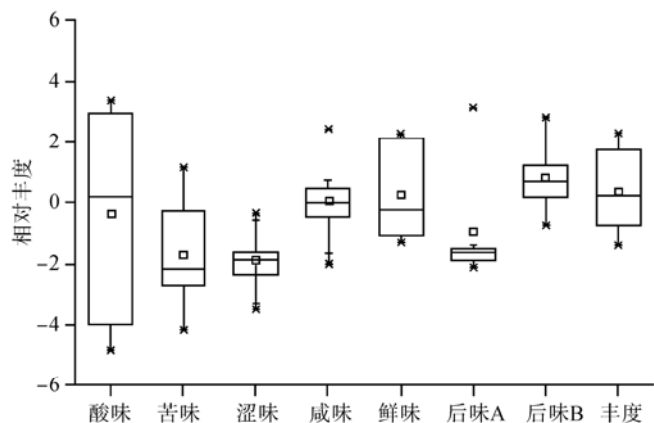


图4 样品各滋味指标相对强度的箱形图

对6组样品各滋味进行相对强度分析可得相对丰度的箱形图(图4),由图可知,农家自酿葡萄酒样品在酸味、苦味、鲜味和丰度上的差异较大.在涩味、咸味和后味A等3个滋味指标上的差异性较小,极差值均小于1.使用电子舌对食品滋味品质进行评价时,当两个样品在某一滋味指标上的差值小于1时,则其差异通过感官鉴评亦不可以区分出来.说明电子舌同感官一样对农家自酿葡萄酒具有很好的判别能力,可区分出各组样品在酸味、苦味、鲜味和丰度上的差异.

### 3 结语

本研究结合电子舌技术和多元统计学方法,首次对农家自酿葡萄酒的滋味品质进行了研究,结果发现,电子舌能够对农家自酿的葡萄酒样品进行区分,并对相同或相似滋味的葡萄酒进行聚类,给出了样品的总体属性指标,也能按照酸、苦、涩、咸和鲜的规律给出辨识结果. 6组葡萄酒样品具有不同的风味,尤其在酸味、苦味、鲜味和丰度上的差异较大,葡萄产地、成熟度、酿造方法和发酵环境的不同可能是自酿葡萄酒在滋味上存在差异的原因.

致谢:感谢化学工程与食品科学学院郭壮老师给予的指导.

#### 参考文献:

- [1] 牛海霞. 电子舌在现代食品科学技术中的应用 [J]. 食品科技, 2007(8): 26-30.
- [2] 周红标, 李 珊. 基于电子鼻和电子舌的白酒检测 [J]. 粮油食品科技, 2014, 22(6): 78-82.
- [3] 王永维, 王 俊, 朱晴虹. 基于电子舌的白酒检测与区分研究 [J]. 包装与食品机械, 2009, 27(5): 57-61.
- [4] 鲁小利, 蔡小庆, 刘淑艳. 电子舌在黄酒检测中的应用 [J]. 酿酒科技, 2015(1): 82-85.
- [5] 王玉荣, 张俊英, 胡欣洁, 等. 湖北孝感和四川成都地区来源的酒曲对米酒滋味品质影响的评价 [J]. 食品科学, 2015, 36(16): 207-210.
- [6] 张 平, 江 洁, 胡文忠, 等. 电子舌对冰葡萄酒的区分研究 [J]. 酿酒科技, 2014(10): 41-42, 46.
- [7] 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, 22(8): 1088-1093.
- [8] 李 华, 丁春晖, 尹春丽, 等. 电子舌对昌黎原产地干红葡萄酒的区分研究 [J]. 食品与发酵工业, 2008, 34(3): 130-132.
- [9] 许春华, 肖作兵, 牛云蔚, 等. 电子鼻和电子舌在果酒风味分析中的应用 [J]. 食品与发酵工业, 2011, 37(3): 163-167.
- [10] 张 瑜, 罗 昱, 刘芳舒, 等. 不同脱苦涩处理刺梨果汁风味品质分析 [J]. 食品科学, 2016, 37(4): 115-119.
- [11] 高利萍, 王 俊, 崔绍庆. 不同成熟度草莓鲜榨果汁的电子鼻和电子舌检测 [J]. 浙江大学学报: 农业与生命科学版, 2012, 38(6): 715-724.
- [12] KOBAYASHI Y, HABARA M, IKEZAZKI H, et al. Advanced taste sensors based on artificial lipids with global selectivity to basic taste qualities and high correlation to sensory scores [J]. Sensors, 2010(10): 3411-3443.
- [13] 郭 壮, 汤尚文, 蔡宏宇, 等. 市售与农家自酿孝感米酒滋味品质的比较研究 [J]. 食品工业, 2015(11): 185-188.
- [14] DUCHENE J, LECLERCQ S. An optimal transformation for discriminant and principal component analysis [J]. Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on Pattern, 1988, 10(6): 978-983.
- [15] 高红慧. 味觉仿生系统在中药检测领域的应用 [D]. 吉林: 东北电力大学, 2015.
- [16] DU Z, JIN X, WU L. Fault detection and diagnosis based on improved PCA with JAA method in VAV systems [J]. Building and Environment, 2007, 42(7): 3221-3232.
- [17] 其木格苏都, 郭 壮, 王记成, 等. 益生菌 *Lactobacillus casei* Zhang 对凝固型发酵乳质构和挥发性风味物质的影响 [J]. 中国农业科学, 2013, 46(3): 595-605.

## A Comparative Study on the Taste Profile Characterization of Home – brewed Grape Wine Based on the E – tongue Technology

SUN Yonglin<sup>1</sup>, LI Yunshu<sup>2</sup>, XU Xin<sup>1</sup>, KE Yajie<sup>1</sup>, WEI Dong<sup>1</sup>, WANG QiHui<sup>1</sup>

(1. School of Chemical Engineering and Food Science, Hubei University of Arts and Science, Xiangyang 441053, China; 2. High School Affiliated to Hubei University of Arts and Science, Xiangyang 441053, China)

**Abstract:** The taste profile characterizations of home – brewed grape wine were studied via e – tongue technology. The signals captured by sensing electrode array of electronic tongue were analyzed and identified by principal component analysis (PCA), unweighted pair – group method with arithmetic means (UPGMA) and MANOVA analysis. The results showed that there were significant differences in the overall structure of the taste quality between the 6 home – brewed grape wines, particularly sourness, bitterness, freshness and richness. Grape sources, maturity, brewing method and fermentation conditions could be responsible for the difference in taste between home – brewed grape wine samples.

**Key words:** e – tongue; multivariate statistics; home – brewed grape wine; taste; quality

(责任编辑:徐 杰)