

基于电子鼻和电子舌技术对不同金银花酒的鉴别分析

李建军^{1*}, 董倩倩¹, 赵一¹, 杨梅²

(1. 河南师范大学生命科学学院, 河南新乡 453007) (2. 天津埃文森科技有限公司, 天津 300384)

摘要: 为鉴别不同生产类型的金银花酒, 该研究利用电子鼻和电子舌技术及二者拟合技术结合人工感官评价对金银花酒样品进行检测, 对所测数据进行主成分分析(PCA)、判别因子分析(DFA), 分别从气味和滋味两方面进行评价鉴别。不同生产类型金银花酒样品在电子鼻、电子舌和二者拟合结果的主成分分析中第一主成分(PC1)与第二主成分(PC2)的贡献率之和分别达到了90.97%、90.91%、95.00%; 电子鼻判别因子分析总贡献率为89.72%, 佐证了主成分分析结果; 滋味雷达图显示小曲酿造金银花酒在鲜味上的响应度明显高于大曲酿造和大曲配制的金银花酒, 这与人工感官评价相一致; 以上表明电子鼻、电子舌技术能够准确的鉴别不同生产类型的金银花酒样品, 可用于今后对不同金银花酒的比较分析中。

关键词: 金银花酒; 电子鼻; 电子舌; 感官评价; 主成分分析

文章编号: 1673-9078(2022)11-308-312

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2022.11.0051

Identification and Analysis of Different Honeysuckle Wines Using Electronic Nose and Tongue Technology

LI Jianjun^{1*}, DONG Qianqian¹, ZHAO Yi¹, YANG Mei²

(1. College of Life Sciences, Henan Normal University, Xinxiang 453007, China)

(2. Tianjin Evans Science & Technology Co. Ltd., Tianjin 300384, China)

Abstract: Electronic nose and tongue technology and a combination of both techniques with manual sensory evaluation were used for wine sample testing to identify different types of honeysuckle wines. The obtained data were analyzed using principal component analysis (PCA) and discriminant factor analysis (DFA) of both odor and taste. The sum of the contributions of the first principal component (PC1) and second principal component (PC2) of the PCA for different varieties of honeysuckle wine using the electronic nose, tongue, and a combination of the two was 90.97%, 90.91%, and 95.00%, respectively. According to DFA of the electronic nose, the total contribution was 89.72%, which corroborated the results of PCA. The Xiaoqu brewed honeysuckle wine was fresher than the Daqu brewed and Daqu formulated honeysuckle wines, consistent with the results obtained using the artificial senses. Therefore, electronic nose and tongue technology can accurately identify different types of honeysuckle wine samples and can be used to analyze them.

Key words: honeysuckle wine; electronic nose; electronic tongue; sensory evaluation; principal component analysis

引文格式:

李建军,董倩倩,赵一,等.基于电子鼻和电子舌技术对不同金银花酒的鉴别分析[J].现代食品科技,2022,38(11):308-312

LI Jianjun, DONG Qianqian, ZHAO Yi, et al. Identification and analysis of different honeysuckle wines using electronic nose and tongue technology [J]. Modern Food Science and Technology, 2022, 38(11): 308-312

金银花 (*Lonicera japonica* Thunb.) 为忍冬属植物忍冬初开的花或经干燥的花蕾, 具有凉散风热、清热解毒的功效^[1]。金银花中含有绿原酸、木犀草苷、酚类物质、黄酮类等生物活性物质, 其中以绿原酸为主, 研究发现绿原酸具有显著的抗菌抗氧化作用并且对心血管有保护作用^[2]。以金银花为原料制作金银花酒可将

收稿日期: 2022-01-15

基金项目: 新乡市重大科技专项 (ZD2020002)

作者简介: 李建军 (1964-), 男, 硕士研究生, 副教授, 研究方向: 药用植物育种及资源开发, E-mail: 043081@htu.cn

金银花中的活性成分转移到酒中, 达到保健的效果, 马宇等^[3]对金银花固态发酵酒中的活性成分进行检测结果发现在金银花酒中含有大量绿原酸, 且槲皮素、木犀草苷等活性物质也有较高含量。目前市场中主要的金银花酒生产类型有酿造、配制和泡制三大类, 不同生产类型的金银花酒品质和风味存在一定的差异, 而风味是影响消费者喜好的关键, 因此对不同生产类型的金银花酒进行鉴别分析对金银花酒市场的发展有重要作用。目前常用的酒类评价方法是人工感官评价和色谱技术分析, 利用感官评价酒风味方法虽简单易

行,但因个人的主观影响会造成误差;色谱方法对酒类品质区分的检测结果虽然精确,但实验分析时间较长、成本较高。新兴的电子鼻和电子舌技术因其简单快速、准确等优点逐渐应用于茶叶^[4]、酒类^[5]、饮料^[6]、干果^[7]等食品行业,为研究人员节省了大量的时间和经济成本。电子鼻技术能够从综合数据分析和单一物质分析两个方向揭示香气成分对食品香气系统的贡献程度;电子舌可以模拟人味觉进行感官分析,以类似人的方式辨析味道,并将化学传感信息转化为数字化信息^[8,9]。电子鼻和电子舌技术在酒类饮料的应用主要集中在对不同类型的鉴别及检测条件的优化等方面:门洪等^[10]用电子鼻电子舌融合技术对不同品牌白酒进行鉴别研究,结果表明该技术能够准确的将8种品牌的白酒区分开。曹有芳等^[11]对检测苹果酒的检测参数进行优化研究,结果发现最佳的电子鼻检测参数为样品稀释30倍,顶空生成时间5 min,顶空进样50 mL,载气流速300 mL/min,电子舌最佳检测参数为样品稀释30倍,本研究主要应用于对不同生产类型金银花酒的鉴别研究。

本试验将采用电子鼻技术、电子舌技术及二者拟合技术结合感官评价对不同生产类型的金银花酒进行鉴别研究。利用主成分分析法和判别因子分析法对所测数据进行分析,主成分分析可结合数据库分析出原本样品的特征信息;判别因子分析可根据样品已知的信息重新组织所收集的信息,从而使结果尽量与已知信息一致,对2个以上的样品种类进行分类识别^[12]。此研究可为不同金银花酒鉴别提供新的方法,同时为金银花酒的质量控制和产品开发提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 主要材料与试剂

1.1.1 材料

本实验采用不同生产类型的5种金银花酒和1种小曲酿造白酒为研究样品,其中金银花酒由生产商提供,对照小曲白酒为市面上的商品酒。编号1~5为不同生产类型的金银花酒样品,6号样品为小曲酿造白酒。详见表1。

表1 酒样品信息

Table 1 The information of wine samples

编号	名称	主要配料	生产类型	香型	执行标准
1	益封寿金银花酒	高粱、大米、小麦、金银花	大曲酿造	浓香型	GB/T 10781.1
2	小曲酿造金银花酒	高粱、玉米、小麦、金银花	小曲酿造	清香型	GB/T 26761-2011
3	封坛至尊金银花酒	高粱、大米、小麦、金银花	大曲酿造	浓香型	GB/T 10781.1
4	贵莉春金银花酒	酱香型白酒、金银花	大曲配制	酱香型	GB/T 27588-2011
5	亘二金银花酒	小曲高粱酒、枸杞、金银花	小曲泡制	清香型	GB/T 26761-2011
6	桂林三花酒	大米、小曲	小曲酿造	米香型	GB/T 10781.3

1.1.2 试剂

校准液为正构烷烃标准溶液(nC_6 ~ nC_{16}),法国Alpha MOS公司提供;0.1 mol/L的HCl溶液,法国Alpha MOS公司提供。

1.2 仪器与设备

Heracles II电子鼻系统,法国Alpha MOS公司;ASTREE电子舌系统,法国Alpha MOS公司,选择第6套味觉传感器系统,Ag/AgCl为参比电极。

1.3 实验方法

1.3.1 人工感官评价方法

选取经过相关培训合格的专业人员组成5人评定小组,其中2名为女性,3人为男性。要求感官灵敏,掌握各类香型酒类的特征。品酒环境适宜,无杂余气体。感官评价方法及评价标准参考白酒分析方法^[13]。感官评价小组人员单独对六种样品进行品评,每测完

一种样品,品评人员漱口后进行下一种。对样品的评价要公正、科学、准确,分别从色泽、香气、滋味三个方面对样品进行评价。

1.3.2 电子鼻检测方法

超快速气相色谱电子鼻包含两根长度为10 m,柱径为180 μ m的色谱柱MXT-5/MXT-1701。其中MXT-1701是弱极性色谱柱,MXT-5是非极性色谱柱^[14]。检测样品时将温度稳定在25 $^{\circ}$ C,用正构烷烃标准溶液(nC_6 ~ nC_{16})对电子鼻设备进行开机诊断,准断无误后精密量取1 mL样品于规格为20 mL的电子鼻专用顶空进样瓶。将装有样品的顶空瓶放入自动进样器的托盘上以125 μ L/s的进样速度自动进样,进样后的样品进入到捕集阱进行浓缩捕集,之后进入到两根色谱柱中通过检测器进行检测,数据采集时间为130 s,每个样品重复3次。

1.3.3 电子舌检测方法

电子舌系统采用第六套传感器系统,包括AHS、

PKS、CTS、NMS、CPS、ANS、SCS 共 7 根传感器。实验开始前,对电子舌仪器的味觉传感器系统进行活化、校正、诊断,待传感器通过后开始实验。将 6 个样品置于 20 °C 的恒温水浴锅中,量取 25 mL 样品于电子舌专用烧杯放入传感器进行检测。单次信号采集时间为 120 s,每次分析时间为 3 min。每检测一个样品对所使用的传感器用蒸馏水进行一次彻底清洗,清洗时间为 10 s。每个样品进行 3 次重复。

1.4 数据分析

采用 AlphaSoft 软件对所得数据进行分析。

PCA: 由所得的数据图,主要区分不同样品之间的差异性,观察其相似性。在不知样品特性的前提下,利用降维的计算方法,在损失最小信息基础上,最大程度分析表达原来的样品信息。在 PCA 图中横坐标为第一主成分贡献率,纵坐标为第二主成分贡献率,综合贡献率越大,表明主成分可以较好地反映原来的信息,结合数据库分析出样品的特征信息^[15]。

DFA: 在主成分分析模型的基础上,缩小同一组别数据间的差异,扩大不同组别之间的差异,从而建立

数据识别模型。分析时要给出评估样品与已知信息接近程度的判别函数,通常使用线性判别函数对样品信息进行计算分析得到判别值,之后根据判别值对样品进行分组鉴定^[12]。

2 结果与分析

2.1 人工感官评价结果

如表 2 所示,品评人员在统一的品评环境下进行品评,分别从外观、气味、滋味方面进行评价。外观评价得出样品的颜色和澄清度均为市场合格产品,其中 4 号样品大曲配制酒为黄色,5 号样品小曲泡制酒为微黄色,二者在颜色上明显与其他酒样品有所差异;气味上五种金银花酒都带有清新的果香味,这与于军香等^[16]对蓝莓金银花酒的感官评价一致,其中 5 号小曲泡制酒果香味最为浓郁,与对照品小曲酿造白酒的米香味形成对比;口味上 1 号和 3 号大曲酿造金银花酒的辣味突出,4 号的甜味浓郁但与其他金银花酒并没有明显的区别。

表 2 酒样品感官评价结果

Table 2 The results of wine samples by sensory evaluation

	样 1	样 2	样 3	样 4	样 5	样 6
外观	无色,澄清无沉淀	无色,澄清无沉淀	无色,澄清无沉淀	黄色,澄清无沉淀	微黄色,澄清无沉淀	无色,澄清无沉淀
气味	酒香,稍有果香	清香,果香	酒香,发酵气息	酒香,甜味	果香,清香	酒香,米香
滋味	层次分明 微甜浓辣 金银花味	口感绵柔 辣味平稳 甜味突出	微甜浓辣 酒质融合较好	酒质柔和 酸甜回甘 略涩微苦	甘甜果香 酒体平和 后微辣	微酸甜 后味微辣 少苦味

综上,感官评价结果虽然能描述出每个样品的外观、香气以及滋味的特征,但对样品间的鉴别并不是很清晰,且结果不能排除品评人主观性影响,因此在研究中应用现代电子仪器对不同样品鉴别十分必要。

2.2 电子鼻结果分析

图 1 为电子鼻主成分分析原始图,电子鼻主成分分析未能对 6 个样品准确的鉴别,这可能是由于 6 个样品中乙醇含量较高,对样品气味差异影响较大,故将各样品中乙醇成分因子去除,对样品进行重新分析,结果如图 2。

图 2 为六个样品的主成分分析图。从图中可以看出,PC1 为 79.64%,PC2 为 18.33%,总的贡献率 97.97% 大于 80%,说明这两种主成分代表了大部分的样品信息。从 PC1 看 1、3 号大曲酿造金银花酒、2 号小曲酿造金银花酒、5 号小曲泡制金银花酒、4 号大曲配制金银花酒四种生产类型的金银花酒得到了很好的区分,

同时小曲酿造白酒与金银花酒类也区分开来,1 号和 3 号样品同为小曲酿造酒,因此差异较小,区分不明显;从 PC2 看,1、3 号大曲酿造酒与其它金银花酒得到了很好的区分,与其他金银花酒样品的间距较大,6 号小曲酿造白酒与 5 号小曲泡制金银花酒间距较小,但基本可以进行区分。

对样品进行判别因子分析,结果如图 3 所示,DF1 为 47.99%,DF2 为 41.73%,总的贡献率 89.72%,6 个样品均能好地区分开来。DF1 中 4 号大曲配制金银花酒和 5 号小曲泡制酒与其它样品的间距较大得到很好的区分;DF2 中 6 号小曲酿造白酒与其他金银花酒类得到了明显的区分。1、3 号大曲酿造酒和 2 号小曲酿造金银花酒在 DF1 中间距较小,区分度低,但在 DF2 中的间距较大,整体能够得到很好的区分。

综上,电子鼻可以很好的鉴别不同生产类型的金银花酒,主成分分析和判别因子分析结果一致,大曲配制金银花酒在其中区分度最高,大曲酿造金银花酒

次之；小曲酿造金银花酒和小曲泡制金银花酒区分明显；同时小曲酿造白酒与金银花酒类之间也得到明显的区分。

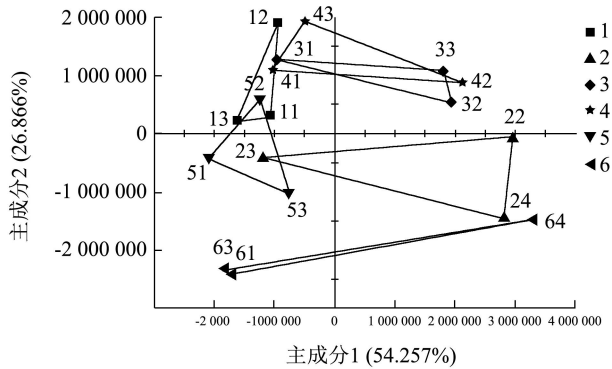


图1 酒样品电子鼻主成分分析原始图

Fig.1 The original image of the PCA analysis of wine samples by electronic nose

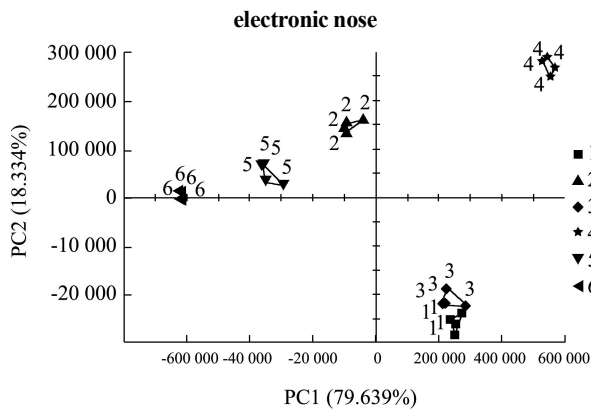


图2 酒样品电子鼻主成分分析图

Fig.2 The PCA of wine samples by the electronic nose

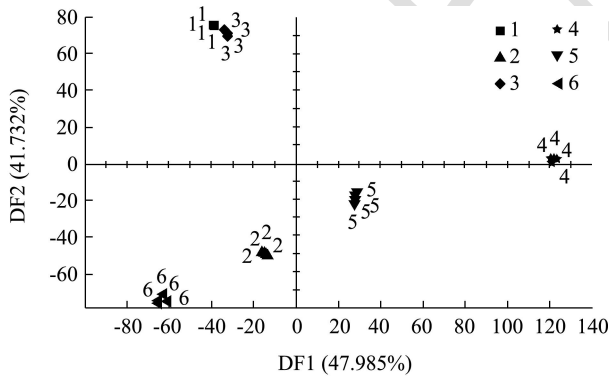


图3 酒样品电子鼻判别因子分析

Fig.3 The DFA of wine samples by electronic nose

2.3 电子舌结果分析

如图4所示，在酸味上，四种生产类型金银花酒基本被鉴别，但5号小曲酿造金银花酒与6号小曲酿造白酒几乎完全重叠，未能在酸味上区分开；咸味上，1号大曲酿造金银花酒与2号小曲酿造金银花酒响应度重合，未被区分，其余样品基本能被鉴别；鲜味上，1号大曲酿造金银花酒、4号大曲配制金银花酒、5号小

曲泡制金银花酒响应度重合，未能区分开，而2号小曲酿造金银花酒响应度明显高于其他样品。此外在四个通用设置传感器中，五种金银花酒的响应度显示出差异，可被区分开。

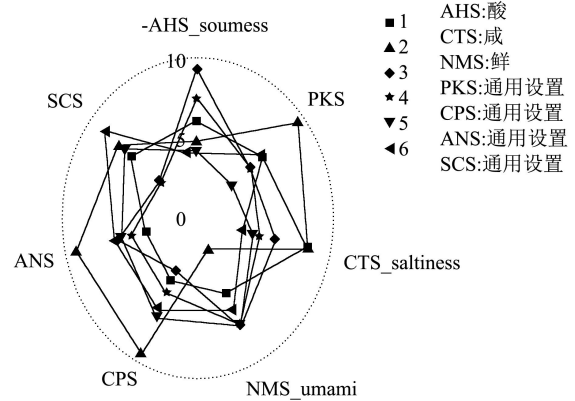


图4 酒样品电子舌滋味强度雷达图谱

Fig.4 The radar chart of wine samples by electronic tongue

图5为六种酒样品电子舌PCA分析图，PC1贡献率为65.60%，PC2的贡献率为25.31%，PC1和PC2的累积贡献率之和为90.91%，主成分分析识别指数达到了90，且6个样品在电子舌主成分分析图中均无交叉重叠，这表明电子舌技术可以在滋味方面对样品进行准确的鉴别。1号大曲配制金银花酒、2号小曲酿造金银花酒得到了很好的区分；3号大曲酿造金银花酒、4号大曲配制金银花酒和5号小曲泡制金银花酒及6号小曲酿造白酒从PC1看有部分的重叠，区分度不是很明显，但在PC2中有明显的间距，基本可以区分开来。

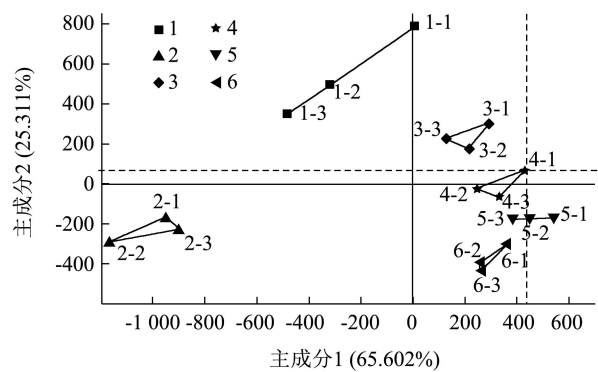


图5 酒样品电子舌主成分分析图

Fig.5 The PCA of wine samples by electronic tongue

综上所述，电子舌能够准确的鉴别出6种酒样品的差异。滋味雷达图显示小曲酿造白酒对咸味的响应度较低与金银花酒区分开，小曲酿造金银花酒在鲜味上突出，与其他酒样品差异明显；主成分分析显示大曲酿造和小曲酿造金银花酒在滋味上明显区别于其他生产类型的金银花酒，大曲配制金银花酒和小曲泡制金银花酒在滋味上最接近，而小曲酿造白酒与大曲酿造和小曲泡制金银花酒滋味相近。

2.4 电子鼻和电子舌拟合分析结果

图6所示为电子鼻和电子舌拟合主成分图, 得出PC1为48.39%, PC2为12.86%, 总的贡献率61.26%, 主成分分析识别指数达到95, 六个样品的分散度很大, 能得到明显区分。从PC1可将1、3号大曲酿造金银花酒与其他金银花酒进行很好的区分, 间距较大; 其他4种样品的区分度相对较小, 但能够区分开。从PC2上看, 4号大曲配制金银花酒突出, 与其他酒类间距较大; 6号小曲酿造白酒与金银花酒类区分明显, 这些结果也与电子鼻和电子舌单独的结果相互佐证。

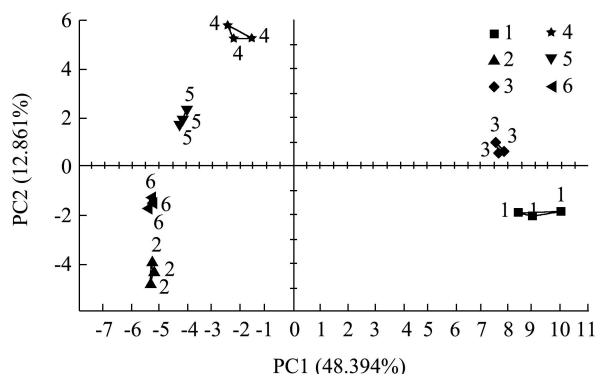


图6 酒样品电子鼻和电子舌拟合主成分分析

Fig.6 The PCA of wine samples by combination electronic nose and electronic tongue

电子鼻和电子舌拟合分析能准确对6个样品进行在气味和滋味方面的差异鉴别, 且其主成分分析区分度优于二者单独的结果。综合来看, 小曲酿造金银花酒和小曲泡制金银花酒的相似度最高, 同时大曲酿造金银花酒和小曲酿造金银花酒的差异最大。

3 结论

本研究利用超快速气相色谱电子鼻系统和电子舌第六套传感器系统对不同生产类型的金银花酒进行检测, 电子鼻在主成分分析中虽在对原样品进行检测时未能区分开, 但去除乙醇成分之后金银花酒样品得到了明显的区分; 电子舌对滋味强度检测中六种酒样品在某些滋味上有重叠部分但基本能被区分开, 主成分分析中金银花酒样品区分度较高, 差异明显; 电子鼻和电子舌拟合技术检测结果最好, 且与电子鼻和电子舌单独的结果一致。结果表明电子鼻和电子舌技术能够准确的对不同生产类型的金银花酒类进行鉴别研究, 再结合感官评价, 既弥补了人工感官评价的误差, 又结合仪器的客观分析, 结果更客观精准。

参考文献

- [1] 马丽. 金银花的药理作用研究[J]. 光明中医, 2020, 35(20): 3308-3310
- [2] Santana-Gálvez J, Cisneros-Zevallos L, Jacobo-Velázquez D A. Chlorogenic acid: recent advances on its dual role as a food additive and a nutraceutical against metabolic syndrome [J]. *Molecules*, 2017, 22(3): 358
- [3] 马宇, 黄永光, 唐东亚, 等. 金银花纯花固态发酵酒风味特征及活性功能成分分析[J]. 食品科学, 2018, 39(24): 249-255
- [4] Xu M, Wang J, Zhu L. Tea quality evaluation by applying E-nose combined with chemometrics methods [J]. *J Food Sci Technol*, 2021, 58(4): 1549-1561
- [5] Juan C Rodriguez Gamboa, Eva Susana Albarracin E, Adenilton J Da Silva, et al. Electronic nose dataset for detection of wine spoilage thresholds [J]. *Data Brief*, 2019, 25: 104202
- [6] Nomura M, Osada E, Tokita T, et al. Measurement and differentiation of banana juice scent using an electronic nose FF-2A [J]. *Peer J*, 2021, 9: e10638
- [7] Adelina N M, Wang H, Zhang L, et al. Comparative analysis of volatile profiles in two grafted pine nuts by headspace-SPME/GC-MS and electronic nose as responses to different roasting conditions [J]. *Food Res Int*, 2021, 140: 11002
- [8] Madeshwari E, Nome N K, Jayanth B, et al. An electronic nose for royal delicious apple quality assessment-a tri-layer approach [J]. *Food Res Int*, 2018, 109: 44-51
- [9] Shi H, Zhang M, Adhikari B. Advances of electronic nose and its application in fresh foods: A review [J]. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 2018, 58(16): 2700-2710
- [10] 门洪, 张晓婷, 丁力超, 等. 基于电子鼻/舌融合技术的白酒类别辨识[J]. 现代食品科技, 2016, 32(5): 283-288
- [11] 曹有芳, 徐俊南, 刘丹, 等. 苹果酒品质检测中电子鼻和电子舌检测参数的优化[J]. 中国酿造, 2020, 39(1): 108-113
- [12] 许禄, 邵学广. 化学计量学方法(第二版)[M]. 北京: 科学出版社, 2004
- [13] GB/T 103456-2007, 白酒分析方法[S]
- [14] 秦宇雯, 费程浩, 苏联麟, 等. 基于 Heracles NEO 超快速气相色谱电子鼻对温郁金醋制前后气味差异标志物的快速识别研究[J]. 中草药, 2022, 53(5): 1313-1319
- [15] Li Q, Yu X Z, Xu L R, et al. Novel method for the producing area identification of Zhongning Goji berries by electronic nose [J]. *Food Chemistry*, 2017, 221: 1113-1119
- [16] 于军香, 郑亚琴. 蓝莓金银花发酵酒加工工艺研究[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(8): 112-115