

市售酒香精成分分析在酒类真实性鉴别中的应用

陈焯洁, 陈少敏, 刘鸿钢, 刘嘉飞, 汪廷彩*

(广东省食品检验所, 广州 510435)

摘要: 目的 采用液相色谱及气相色谱技术, 对白兰地及白酒酒精的香气成分进行检测, 分析香精与真酒样的相似程度。**方法** 通过高效液相色谱及气相色谱检测, 得到 3 批次白兰地香精及 6 批次白兰地真酒样的 18 种香气成分数据, 通过气相色谱检测, 得到 2 批次白酒香精及 6 批次白酒真酒样的 14 种香气成分数据, 数据经过归一化处理后, 使用 SPSS 22.0 软件, 进行聚类分析(clustering analysis)和主成分分析(principal component analysis, PCA)。**结果** 经过聚类分析及主成分分析, 均能将香精与真酒样进行区分。**结论** 利用部分香气成分数据结合多元统计分析, 能够区分香精及真酒样, 为鉴别真假酒技术提供新思路。

关键词: 高效液相色谱法; 气相色谱法; 白兰地香精; 白酒香精; 聚类分析; 主成分分析; 真假鉴别

Application of flavoring component analysis in liquor authenticity identification

CHEN Duo-Jie, CHEN Shao-Min, LIU Hong-Gang, LIU Jia-Fei, Wang Ting-Cai*

(Guangdong Institute of Food Inspection, Guangzhou 510435, China)

ABSTRACT: Objective To analyze the similarity between flavoring and real liquor through the detection of aroma components of brandy and liquor flavorings by liquid chromatography and gas chromatography. **Methods** By high performance liquid chromatography (HPLC) and gas chromatography detection, 18 aroma components of 3 batches of brandy flavorings and 6 batches of brandy were detected, through gas chromatography test, 14 aroma components of 2 batches white spirit flavorings and 6 batches white spirit were detected. After normalization, SPSS 22.0 software was used for cluster analysis and principal component analysis. **Results** Through cluster analysis and principal component analysis, flavor and real samples could be distinguished. **Conclusion** Aroma components combined with multivariate statistical analysis can be used to distinguish flavorings from real sample, which provides a new idea for the identification of adulteration.

KEY WORDS: high performance liquid chromatography; gas chromatography; brandy flavorings; liquor flavorings; clustering analysis; principle component analysis; identification of adulteration

1 引言

按 GB 30616-2014《食品安全国家标准 食品用香精》^[1]

定义, 食品用香精是指由食品用香料和(或)食品用热加工香味料与食品用香精辅料组成的用来起香味作用的浓缩调配混合物(只产生咸味、甜味或酸味的配制品除外), 它含有或不含

基金项目: 广东省市场监督管理局科技项目(2020ZS03)

Fund: Supported by the Science and Technology Project of Guangdong Administration for Market Regulation (2020ZS03)

*通讯作者: 汪廷彩, 工程师, 主要研究方向为食品检验和食品安全。E-mail: 82626094@qq.com

*Corresponding author: WANG Ting-Cai, Engineer, Guangdong Institute of Food Inspection, Guangzhou 510435, China. E-mail: 82626094@qq.com

有食品用香精辅料。目前全世界允许使用的食用香料已达 2600 余种, 不同品种间毒性存在差异, 但因食用香料是一种自我限量的物质, 大多数食用香料在最终食品中的用量较小, 其超量使用的安全风险较低^[2]。

用于酒中的食品用香精通常被称为酒用香精, 允许添加于液态法白酒及配制酒中。随着各种类型酒的香气成分被发现, 酒用香精的种类也越多样化, 配方复杂。并且由于香精的主要成分与酒中天然存在的呈香呈味物质相同, 对于利用酒用香精的掺假事件难以监管^[3]。不法生产者利用酒用香精进行掺假的情况主要有以下 2 类: (1) 用香精、色素等添加剂和乙醇溶液调配而成, 如 2018 年台湾高雄的威力酒厂制假葡萄酒事件; (2) 在低档酒中添加香精以冒充高档酒, 如液态法白酒冒充固态法白酒^[3]、低档酒冒充知名品牌酒等情况。

目前在酒类产品中识别掺伪香精主要有稳定同位素质谱法^[4]、核磁共振法^[5]、高效液相色谱法^[6]、气相色谱法、特征挥发性成分结合化学计量学等技术, Schipilliti 等^[7]通过 HS-SPME-GC-C-IRMS 判断柠檬利口酒、佛手柑利口酒及柑橘利口酒中果味挥发性成分的来源是否来自于人工合成香料, 陈丹萍等^[8]开发了一种利用气相色谱技术检测葡萄酒中邻氨基苯甲酸酯类葡萄香精的方法, Sara 等^[9]研究了基于呋喃醛类和酚醛类的比率, 结合多变量分析及控制图表对添加了焦糖或香草醛的葡萄蒸馏酒进行了鉴别。Vanderschee 等^[10]在掺假白兰地中发现不存在于干邑白兰地的化合物, 具有类似葡萄酒的味道的庚酸乙酯。当检测到这种物质含量超过 1mg/kg, 可识别出产品中含有非法添加的香精。Savchuk 等^[11]在掺假白兰地中发现了一种外源成分, 1,2-丙二醇, 为香精中的稀释剂。

本研究利用液相色谱法及气相色谱法检测白兰地及白酒香精的香气成分, 由于掺伪酒液中的香精添加用量不明确, 不能直接将酒用香精与真酒样的香气成分含量进行比较, 香气成分数据需要经过归一化处理后再进行分析。归一化法是一种无量纲处理手段, 使物理系统数值的绝对值变成某种相对值关系。李冰宁等^[12]通过归一化法建立了掺伪指数, 能够快速判定大豆原油的真伪。本研究将特征成分与选取的成分进行计算, 得到成分比值, 能够较好地反映各样品中的成分组成情况。聚类分析及主成分分析作为统计学分析的手段, 能够较好地反应多个变量之间的关系^[13], 段丽丽等^[14]采用这 2 种分析手段, 分析了不同葡萄酒酒花的特征香气。本研究将香气成分比值进行聚类分析, 研究白兰地香精的香气成分与真酒样是否存在相似性, 最后进行主成分分析, 分析各差异较大的特征成分比值。白酒及白兰地在中国市场的销量较高^[15], 探索快速有效的鉴别手段具有重要的意义。本研究基于酒用香精的方向, 分析香精与真酒样的相似程度, 以期鉴别真假酒技术提供新思路。

2 材料与方法

2.1 仪器、试剂与材料

2.1.1 仪器

Waters Acquity Arc 高效液相色谱仪(美国沃特世公司); Agilent 7890B 气相色谱仪(美国安捷伦公司)。

2.1.2 试剂

实验室自制超纯水(美国 Millipore 公司); 对照品(纯度 > 90%, 北京坛墨公司)。

2.1.3 样品

3 批次白兰地香精: A1、A2(仿品牌 C)、A3(仿品牌 D);

2 批次白酒香精: B1(仿品牌 M)、B2(仿品牌 M);

6 批次白兰地真酒样: T1(品牌 C-VSOP)、T2(品牌 C-VSOP)、T3(品牌 C-XO)、T4(品牌 D-VSOP)、T5、T6;

6 批次白酒真酒样: M1-M6(品牌 M)。

2.2 实验方法

2.2.1 样品处理

(1) 液相色谱

取 1.00 mL 样液过 0.45 μm 滤膜待测。(香精样品稀释 10 倍)

(2) 气相色谱

取 10.0 mL 样液加入 100 μL 内标(乙酸正戊酯、4 甲基 2 戊醇), 待测。(香精样品稀释 10 倍, 溶剂为 40%乙醇)

2.2.2 仪器条件

(1) 液相色谱仪器参数

检测器: PDA, 276 nm。色谱柱: Waters Symmetry C₁₈ 柱, (250 mm \times 4.6 mm, 5 μm)。流动相: A: 5%乙腈水溶液+0.1%乙酸; B: 95%乙腈水溶液+0.1%乙酸。梯度条件: 0~3.5 min, 0%B; 3.5~4.6 min, 0~10%B; 4.6~35 min, 10~15%B; 35~35.5 min, 15~0%B; 35.5~45 min, 0%B。流速: 0.700 mL/min。柱温: 30 $^{\circ}\text{C}$ 。进样量: 10 μL 。

(2) 气相色谱仪器参数

检测器: FID。色谱柱: CP-Wax 57 CB (250 μm \times 0.2 μm , 50 m)。检测器温度: 280 $^{\circ}\text{C}$ 。尾吹气: N₂; 尾吹流量: 30.0 mL/min; 空气流量: 350.0 mL/min; 氢气流量: 35.0 mL/min; 进样模式: 分流; 分流比: 60:1; 分流流量: 60 mL/min; 载气: N₂; 吹扫流量: 3.0 mL/min; 线速度: 20.476 cm/s; 总流量: 64.0 mL/min 色谱柱流量: 1.0 mL/min; 色谱柱温度: 40.0 $^{\circ}\text{C}$; 温度程序: 40.0 $^{\circ}\text{C}$ (3.2 min) -4 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ -44 $^{\circ}\text{C}$ (6.8 min)-6 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ -120 $^{\circ}\text{C}$ (0 min)-10 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ -212 $^{\circ}\text{C}$ (11 min)。

3 结果与分析

3.1 白兰地香精

3.1.1 香气成分检测结果

3 批次白兰地香精及 6 批次白兰地真酒样, 通过高效液

相色谱及气相色谱检测得到 18 种香气成分, 如表 1 所示。序号 1~8 为白兰地中的陈酿香气成分, 序号 9~18 为白兰地中的挥发性香气成分。由表 1 可知, 3 批次白兰地香精与 6 批次白兰地真酒样的成分存在明显差异, 香精样品中均未检出没食子酸、糠醛、丁香醛、乙缩醛、异丁醇, 表明若利用该香精等添加剂和乙醇溶液调配的假酒, 与真酒样存在较大差异, 能够通过分析该 18 种香气成分对其进行区分。

3.1.2 香气成分聚类分析

筛选出同时存在于白兰地香精及真酒样中的香气成分, 其中 5-羟甲基糠醛及 5-甲基糠醛的含量因容易受到焦糖添加量的影响^[16], 最终选取 5 种香气成分。本研究选取香气成分中含量较大的乙酸乙酯作为比值参考, 将样品中各香气成分含量除以各乙酸乙酯含量, 得到香气成分/乙酸乙酯的比值, 如下表 2 所示。

表 1 白兰地香精及真酒样香气成分统计表
Table 1 Statistical table of fragrance components of brandy flavorings and real brandy

| 序号 | 成分名称 | A1 | A2 | A3 | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 |
|----|---------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 没食子酸 | - | - | - | + | + | + | + | + | + |
| 2 | 5-羟甲基糠醛 | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 3 | 糠醛 | - | - | - | + | + | + | + | + | + |
| 4 | 香草酸 | - | - | + | + | + | + | + | + | + |
| 5 | 丁香酸 | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 6 | 5-甲基糠醛 | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 7 | 香草醛 | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 8 | 丁香醛 | - | - | - | + | + | + | + | + | + |
| 9 | 乙醛 | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 10 | 乙酸乙酯 | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 11 | 乙缩醛 | - | - | - | + | + | + | + | + | + |
| 12 | 丁酸乙酯 | - | + | + | - | - | - | - | - | - |
| 13 | 正丙醇 | - | + | - | + | + | + | + | + | + |
| 14 | 异丁醇 | - | - | - | + | + | + | + | + | + |
| 15 | 活性戊醇 | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 16 | 异戊醇 | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 17 | 癸酸乙酯 | + | + | + | + | + | + | - | - | + |
| 18 | 月桂酸乙酯 | + | + | + | + | + | + | - | - | + |

注: “+”表示在样品中检测到该成分, “-”表示未在样品中检测到该成分。

表 2 白兰地香精及真酒样 5 种香气成分比值表
Table 2 Ratio of five kinds of aroma components of brandy flavorings and real brandy

| 序号 | 名称 | A1 | A2 | A3 | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 |
|----|-------------|------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | 丁香酸/乙酸乙酯/% | 0.98 | 3.83 | 6.93 | 1.90 | 1.66 | 1.69 | 1.43 | 1.68 | 1.41 |
| 2 | 香草醛/乙酸乙酯/% | 0.01 | 0.10 | 2.11 | 1.43 | 1.18 | 1.26 | 0.81 | 1.00 | 1.04 |
| 3 | 乙醛/乙酸乙酯/% | 4.15 | 8.66 | 20.71 | 32.35 | 20.54 | 13.34 | 18.29 | 22.05 | 27.98 |
| 4 | 活性戊醇/乙酸乙酯/% | 2.48 | 6.21 | 13.94 | 137.35 | 135.31 | 95.15 | 176.21 | 131.02 | 132.16 |
| 5 | 异戊醇/乙酸乙酯/% | 9.96 | 24.82 | 129.29 | 537.29 | 529.90 | 350.07 | 625.89 | 450.20 | 510.14 |

对 9 个样品的 5 种香气成分的比值, 进行系统聚类分析(hierarchical cluster analysis), 利用平方欧氏距离(squared euclidean distance)作为样品测度, 结果见图 1。

由图 1 可知, 聚类分析将 9 个样品分成 2 大类 3 小类, 取类间距离 $d=6$ 时可将 9 个样品分成 2 类, 能够将真酒样及香精分成不同的 2 类, 表明香精中各成分的组成比例与真酒样的成分组成具有较大差异。对于在低档酒中添加该香精掺假的情况, 能够利用该 5 种香气成分比值结合聚类分析进行区分。

3.1.3 香气成分主成分分析

为了进一步分析该 5 种香气成分比值在香精和真酒样中差异, 运用 SPSS 22.0 软件对 9 批次样品的 5 种香气成分的比值进行主成分分析, 其特征值、方差贡献率详见表 3。由表 3 可知, 以特征值 > 1 为标准, 得到 2 个主成分因子的特征值分别为 2.98、1.69, 方差贡献率分别为 59.62%、33.81%, 累积方差贡献率为 93.43% $> 85\%$ 。

表 3 5 种香气成分比值主成分贡献率表
Table 3 Principle component contribution of 5 kinds of aroma components ratio

| 主成分因子 | 特征值 | 方差贡献率/% | 累计方差贡献率/% |
|-------|------|---------|-----------|
| 1 | 2.98 | 59.62 | 59.62 |
| 2 | 1.69 | 33.81 | 93.43 |

以上述 2 个主成分因子对 9 批次样品进行评分, 结果见图 2。由图 2 可知, A1~A3 样品为白兰地香精, 集中分布在 Y 轴 -0.25 下方的第二象限和第三象限, T1~T6 的白兰地真酒样品, 集中分布在 Y 轴 -0.25 下方的第一象限和第四

象限。表明白兰地香精与白兰地真酒样品在 Y 轴上有明显的区分, 即依据第一主成分因子可以较好地区分白兰地香精样品及真酒样品。

根据表 4 主成分载荷矩阵可以看出活性戊醇、异戊醇为第 1 主成分的重要变量, 香草醛、丁香酸对第 2 主成分在的重要变量, 表明活性戊醇、异戊醇对识别白兰地香精及真酒样品的特征有较明显影响。

表 4 白兰地香精及白兰地真酒样的主成分载荷矩阵
Table 4 Principal component load matrix of brandy flavorings and real brandy

| 组分 | PC1 | PC2 |
|------|--------|--------|
| 丁香酸 | -0.586 | 0.770 |
| 香草醛 | 0.289 | 0.915 |
| 乙醛 | 0.733 | 0.576 |
| 活性戊醇 | 0.984 | -0.014 |
| 异戊醇 | 0.984 | 0.092 |

3.2 白酒香精

3.2.1 香气成分检测结果

2 批次白酒香精及 6 批次白酒真酒样, 通过气相色谱检测得到 14 种挥发性香气成分, 如表 5 所示, “+”表示在样品中检测到该成分, “-”表示未在样品中检测到该成分。由表 5 可知, 2 批次白酒香精及 6 批次白酒真酒样的挥发性香气成分存在明显差异, 香精样品中均未检出乙缩醛、仲丁醇、正己醇, 表明若利用该香精等添加剂和乙醇溶液调配的假酒, 与真酒样存在较大差异, 能够通过分析该 14 种香气成分对其进行区分。

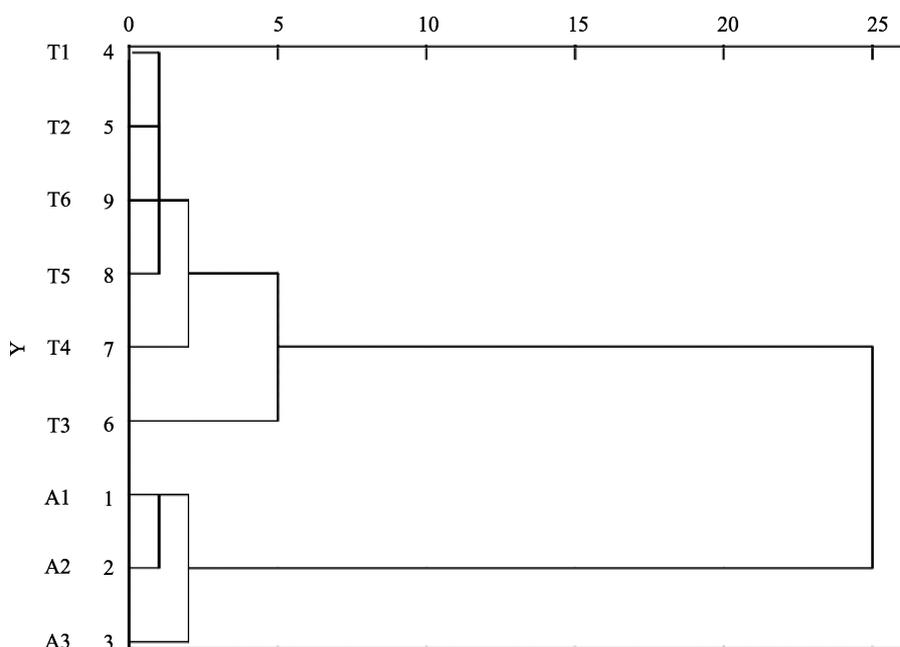


图 1 白兰地香精及真酒样聚类分析树状图
Fig.1 Cluster analysis dendrogram of brandy flavorings and real brandy

3.2.2 香气成分聚类分析

筛选出 10 种同时存在于白酒香精及真酒样中的挥发性香气成分, 本研究选取香气成分中含量较大的乙酸乙酯作为比值参考, 将样品中各香气成分含量除以各乙酸乙酯含量, 得到香气成分/乙酸乙酯的比值, 如下表 6 所示。

对 8 个样品的 10 种香气成分的比值, 进行系统聚类分析, 利用平方欧氏距离作为样品测度, 结果见图 3。

聚类分析将 8 个样品分成 2 大类 3 小类, 取类间距离 $d=5$ 时可将 8 个样品分成 2 类, 能够将真酒样及香精分成不同的 2 类, 表明香精中各成分的组成比例与真酒样的成

分组成具有较大差异。若存在利用该香精掺假的酒样, 能够利用该 10 种香气成分比值结合聚类分析进行区分。

3.2.3 香气成分主成分分析

为了进一步分析该 10 种香气成分比值在白酒香精和真酒样中差异, 运用 SPSS 22.0 软件对 8 批次样品的 10 种香气成分的比值进行主成分分析, 如表 7 所示, 其特征值、方差贡献率详见表 2。由表 2 可知, 以特征值 > 1 为标准, 得到 2 个主成分因子的特征值分别为 7.12、2.41, 方差贡献率分别为 71.21%、24.10%, 累积方差贡献率为 95.30% $> 85%$ 。

表 6 白酒香精及真酒样 10 种香气成分比值表
Table 6 Table of ratio of 10 kinds of aroma components of liquor flavorings and real liquor

| 序号 | 成分名称 | B1 | B2 | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 | M6 |
|----|-------------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 乙醛/乙酸乙酯/% | 4.11 | 4.41 | 37.87 | 42.59 | 43.13 | 46.58 | 45.25 | 38.92 |
| 2 | 丁酸乙酯/乙酸乙酯/% | 22.29 | 23.30 | 2.98 | 3.75 | 3.54 | 3.63 | 3.53 | 3.04 |
| 3 | 正丙醇/乙酸乙酯/% | 20.45 | 34.32 | 57.32 | 57.35 | 59.16 | 52.07 | 58.90 | 56.20 |
| 4 | 异丁醇/乙酸乙酯/% | 8.00 | 8.63 | 8.00 | 10.15 | 10.19 | 10.21 | 10.36 | 8.15 |
| 5 | 正丁醇/乙酸乙酯/% | 4.67 | 3.58 | 3.53 | 4.34 | 4.62 | 4.63 | 4.57 | 3.59 |
| 6 | 活性戊醇/乙酸乙酯/% | 4.05 | 4.56 | 4.44 | 5.45 | 5.46 | 5.69 | 5.67 | 4.48 |
| 7 | 异戊醇/乙酸乙酯/% | 13.47 | 13.06 | 15.77 | 19.23 | 19.28 | 19.79 | 19.74 | 16.06 |
| 8 | 己酸乙酯/乙酸乙酯/% | 8.04 | 5.84 | 0.92 | 1.76 | 1.34 | 1.35 | 1.28 | 1.02 |
| 9 | 乳酸乙酯/乙酸乙酯/% | 102.44 | 107.02 | 65.01 | 84.50 | 84.79 | 83.89 | 83.60 | 67.85 |
| 10 | 癸酸乙酯/乙酸乙酯/% | 10.04 | 7.94 | 1.46 | 1.76 | 1.64 | 1.64 | 1.63 | 1.32 |

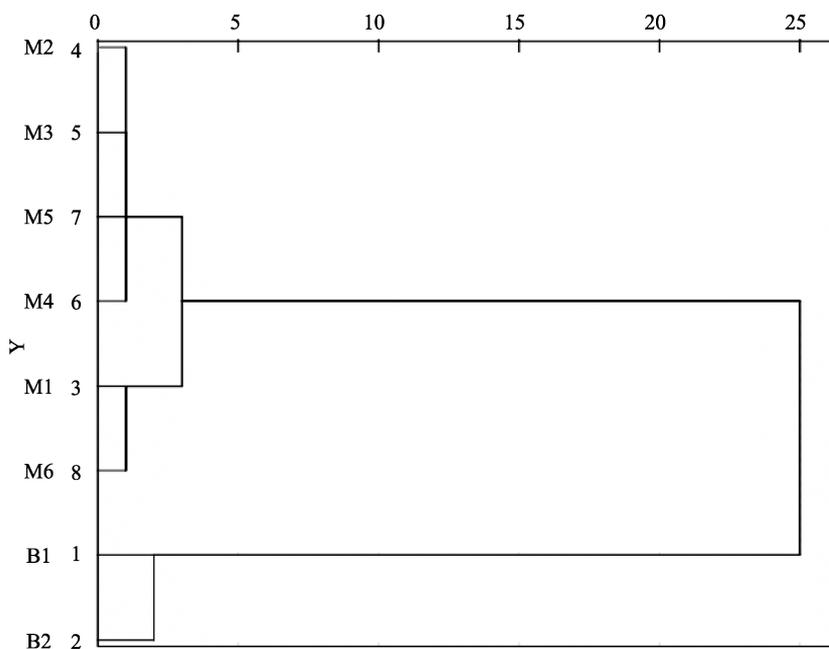


图 3 白酒香精及真酒样聚类分析树状图
Fig.3 Cluster analysis dendrogram of liquor flavorings and real liquor

表 7 10 种香气成分比值主成分贡献率表

Table 7 Principle component contribution of 10 kinds of aroma components ratio

| 主成分因子 | 特征值 | 方差贡献率/% | 累计方差贡献率/% |
|-------|------|---------|-----------|
| 1 | 7.12 | 71.21 | 71.21 |
| 2 | 2.41 | 24.10 | 95.30 |

以上述 2 个主成分因子对 8 批次样品进行评分, 结果

见图 4。由图 4 可知, B1-B2 样品为白酒香精样品, 集中分布在第四象限, M1-M6 的白酒真酒样品, 集中分布在第二象限和第三象限。表明依据上述 2 个主成分因子可以较好地地区分白酒香精样品及真酒样品。

根据表 8 主成分载荷矩阵可以看出乳酸乙酯、己酸乙酯、癸酸乙酯和丁酸乙酯为第一主成分的重要变量, 异丁醇为第二主成分的重要变量。说明这 6 种成分的比值对识别白酒香精及真酒样品的特征均有明显的影响。

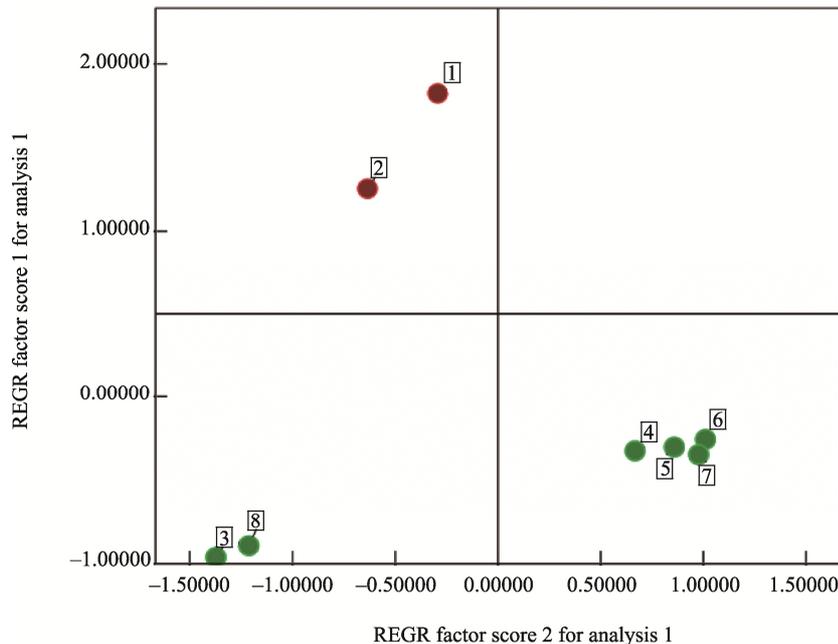


图 4 白酒香精及真酒样的 PCA 图

Fig.4 PCA figure of liquor flavorings and real liquor

表 8 白酒香精及真酒样的主成分载荷矩阵

Table 8 Principal component load matrix of liquor flavorings and real liquor

| 组分 | PC1 | PC2 |
|------|--------|--------|
| 乙醛 | -0.897 | 0.428 |
| 丁酸乙酯 | 0.953 | -0.262 |
| 正丙醇 | -0.948 | 0.246 |
| 异丁醇 | -0.269 | 0.939 |
| 正丁醇 | 0.235 | 0.859 |
| 活性戊醇 | -0.428 | 0.872 |
| 异戊醇 | -0.628 | 0.775 |
| 己酸乙酯 | 0.976 | -0.192 |
| 乳酸乙酯 | 0.931 | 0.256 |
| 癸酸乙酯 | 0.971 | -0.236 |
| 乙醛 | -0.897 | 0.428 |

4 结论与讨论

本研究基于液相色谱技术及气相色谱技术, 对 3 种白兰地香精及 2 种白酒香精进行了部分香气成分的检测, 白兰地香精中检测出 10 种香气成分, 白酒香精中检测出 11 种香气成分。与真酒样的香气成分进行比较, 白兰地香精未检测出 5 种白兰地真酒中存在的香气成分, 白酒香精未检测出 3 种白酒真酒中存在的香气成分, 表明白兰地、白酒香精中的香气成分与真酒样品存在明显差异。

结合聚类分析及主成分分析, 对白兰地香精及白酒香精含有的香气成分与真酒样的相似程度进行分析, 以各香气成分相对于乙酸乙酯的比值结合聚类分析, 能够区分香精及真酒样, 表明白兰地香精及白酒香精含有的香气成分与真酒样的相似程度不高。通过主成分分析, 得到识别白兰地香精与真酒样存在比值差异的重要成分为活性戊醇、异戊醇, 识别白酒香精与真酒样存在比值差异的重要

成分为乳酸乙酯、己酸乙酯、癸酸乙酯、丁酸乙酯和异丁醇。白兰地及各香型白酒的国家标准主要分别对非酒精挥发物总量及各香型的主体香气成分进行检测, 由于酒液通过添加香精能够达到指标要求, 分析真酒及香精中香气成分的差异情况, 对探索快速有效的鉴别技术具有重要意义。

由于本研究仅对白兰地香精及白酒香精进行初步分析, 展示了香精与真酒样成分的相似情况, 为了进一步探索香精掺伪领域的鉴别技术, 需要对酒用香精中的未知成分进行全面检测分析, 探究酒用香精鉴别方向的新手段。

参考文献

- [1] GB 30616-2014 食品安全国家标准 食品用香精[S].
GB 30616-2014 National food safety standard-Food flavor [S].
- [2] 徐易, 曹怡, 金其璋. 食用香料香精安全性与国内外法规标准[J]. 中国食品添加剂, 2009, (2): 25-30.
Xu Y, Cao Y, Jin QZ. The safety concern and regulations & standards for flavorings [J]. Chin Food Addit, 2009, (2): 25-30.
- [3] 杨旭明, 纪勇, 李庆昌. 香精香料用于白酒中的困惑[J]. 监督与选择, 2008, (12): 27-28.
Yang XM, Ji Y, Li QC. Confusion of flavors and spices used in liquor [J]. Superv Sel, 2008, (12): 27-28.
- [4] 孟靖, 张莉. 稳定同位素质谱技术在香精香料鉴别研究中的应用[J]. 分析实验室, 2018, 37(7): 856-862.
Meng J, Zhang L. Application of stable isotope ratio mass spectrometry in flavors identification [J]. Chin J Anal Lab, 2018, 37(7): 856-862.
- [5] Guillou C, Remaud, Gérald, *et al.* Applications of NMR to the characterization and authentication of foods and beverages [J]. Trend Food Sci Technol, 1992, 3: 197-201.
- [6] 张燕. 葡萄酒中邻氨基苯甲酸酯类葡萄香精的高效液相色谱检测方法研究[J]. 酿酒科技, 2012, (9): 116-118.
Zhang Y. Research on the detection method of anthranilates grape perfume in grape wine by HPLC [J]. Liq-Mak Sci Technol, 2012, (9): 116-118.
- [7] Schipilliti L, Bonaccorsi I, Cotroneo A, *et al.* Evaluation of gas chromatography-combustion-isotope ratio mass spectrometry (GC-C-IRMS) for the quality assessment of citrus liqueurs [J]. Agri Food Chem, 2013, 61(8): 1661-1670.
- [8] 陈丹萍, 朱克卫, 谢应新, 等. 气相色谱-质谱联用法测定葡萄酒中三种邻氨基苯甲酸酯类葡萄香精[J]. 中国酿造, 2018, 34(4): 183-186.
Chen DP, Zhu KW, Xie YX, *et al.* Determination of three O-aminobenzoic acid esters grape essence in wine by gas chromatography-mass spectrometer [J]. Chin Brew, 2018, 34(4): 183-186.
- [9] Sara C, Anjos O, Ilda C, *et al.* Are the furanic aldehydes ratio and phenolic aldehydes ratios reliable to assess the addition of vanillin and caramel to the aged wine spirit [J]. Food Control, 2018: 77-84.
- [10] Vanderschee HA, Kennedy W, Bouwknegt JP, *et al.* A case of cognac adulteration [J]. Zeits Unter Und Forsch, 1989, 188(1): 11-15.
- [11] Savchuk SA, Kolesov GM. Chromatographic techniques in the quality control of cognacs and cognac spirits [J]. J Anal Chem, 2005, 60(8): 752-771.
- [12] 李冰宁, 武彦文, 曹阳, 等. 分子荧光光谱结合归一化法快速判定大豆原油掺伪[J]. 中国粮油学报, 2015, 30(12):139-143.
Li BN, Wu YW, Cao Y, *et al.* The adulteration of soybean crude oil was quickly determined by molecular fluorescence spectrometry combined with normalization method [J]. J China Cere Oils Assoc, 2015, 30(12): 139-143.
- [13] 杨雯懿, 郝婧, 田佳于, 等. 利用 ICP-MS/MS 测定白酒中无机元素的主成分分析及聚类分析[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(3): 257-263.
Yang WY, Hao J, Tian JY, *et al.* Principal component analysis and cluster analysis of inorganic elements in Baijiu using inductively coupled plasma tandem mass spectrometry [J]. Food Ferment Ind, 2020, 46(3): 257-263.
- [14] 段丽丽, 戴得蓉, 周凌洁, 等. 不同酒花葡萄酒香气主成分分析及聚类分析[J]. 食品与机械, 2019, (9): 9-14.
Duan LL, Jian DR, Zhou LJ, *et al.* Principal component and cluster analyses of volatile components in different hops wines [J]. Food Mach, 2019, (9): 9-14.
- [15] 李冠斯, 黄仁胜, 席静. 白兰地真实性鉴定技术的研究进展[J]. 检验检疫学刊, 2020, 30(1): 112-115.
Li GS, Huang RS, Xi J. Research progress on the authenticity identification technology of brandy [J]. J Insp Quar, 2020, 30(1): 112-115.
- [16] Angela A, Jurado JM, Pablos F, *et al.* HPLC determination of 2-furaldehyde and 5-hydroxymethyl-2-furaldehyde in alcoholic beverages [J]. Microchem J, 2006, 82(1): 22-28.

(责任编辑: 于梦娇)

作者简介



陈焱洁, 助理级工程师, 主要研究方向为食品安全检测。
E-mail: chenduojie12@126.com



汪廷彩, 工程师, 主要研究方向为食品检验和食品安全。
E-mail: 82626094@qq.com