

白兰地成分检测方法的研究进展

谢爱华*, 熊含鸿, 孙文佳

(广东省食品检验所, 广州 510435)

摘 要: 白兰地是世界著名的蒸馏酒之一, 以葡萄等水果为原料经破碎榨汁、发酵、蒸馏得到的蒸馏液, 再经橡木桶陈酿贮存而成的。酸类、酯类、醛类、醇类等挥发性、非挥发性组分的种类及含量与白兰地的品质有着直接的联系, 另外白兰地因产地或蒸馏工艺的差异而含有不同的铜、磷等矿物元素。因此, 对白兰地中主要成分的检测方法研究对于确定白兰地质量、鉴定白兰地真伪及市场良性竞争和食品安全均有很重要的意义。本文主要对白兰地中挥发性、非挥发性及矿物质组份含量的分析检测方法研究现状进行了概述, 为白兰地的真假鉴别、酒龄和产地甄别、质量分级及风险成分监控等提供可行性的参考。

关键词: 白兰地; 挥发性组分; 矿物元素; 成分检测

Research progress on detection method of brandy components

XIE Ai-Hua*, XIONG Han-Hong, SUN Wen-Jia

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

ABSTRACT: Brandy is one of the world famous distilled spirits. It is distilled from the fermentation products of crushed juice of grapes and some other fruits, and then stored in oak barrels. Brandy produces a large number of acid esters, aldehydes and alcohols in the process of fermentation. The types and content of volatile non-volatility components such as acids, alcohols, aldehydes and esters are directly related to the quality of brandy. In addition, there are different mineral elements such as copper and phosphorus due to the differences in origin or distillation process. Therefore, the study on the detection methods of the main components in brandy is great significance to the determination of the brandy quality, the identification of the true and false brandy, the market benign competition and food safety. This paper summarized the present situation of analysis and detection of volatility non-volatility components and mineral substance components in brandy. It provided a feasible reference for identification of true and false, age and origin of brandy, grading of quality and monitoring of risk components.

KEY WORDS: brandy; volatile constituent; mineral element; components measurement

1 引 言

白兰地是世界上著名的蒸馏酒之一, 它同白酒、威士忌、朗姆酒、金酒和伏特加共同被称为世界六大蒸馏酒^[1,2]。白兰地通常是以葡萄等水果为原料, 经破碎榨汁、发酵、蒸馏和陈酿4个阶段加工而成的一种特殊的蒸馏酒。发酵

结束后, 新酒在特定条件下通过蒸馏获得, 然后进行新酒的陈酿, 陈酿酒根据需要调整酒精度, 再进行勾兑以保证产品质量的稳定性^[3]。白兰地主要的组分为水和乙醇, 一般含有质量分数50%左右的水分、40%~50%的乙醇、1%左右的糖^[4]。另外含有酯类、醇类、酸类、醛类、酮类、酚类等有机化合物以及铜、砷、磷等矿物元素^[5-9]。

*通讯作者: 谢爱华, 主要研究方向为食品质量安全。E-mail: xah8928@126.com

*Corresponding author: XIE Ai-Hua, Guangdong Institute of Food Inspection, Guangzhou 510435, China. E-mail: xah8928@126.com

据全球知名酒类网站 Drinks International 的数据显示, 白兰地的消费正呈现出上涨趋势, 2017 年全球的白兰地消费量达 1.78 亿箱^[10]。欧睿信息咨询公司(Euromonitor International)统计, 自 2013 到 2018 年间, 白兰地消费量将有 10% 的浮动范围, 但将依旧保持国际第三大烈酒的排名。就白兰地销售额而言, 中国 2013 年以 4659 万英镑位列榜首, 预计到 2018 年中国销售额将到达 4977 万英镑^[11]。因此对白兰地成分的检测方法研究具有重要意义。

本文从目前国内外报道的各类酒类检测技术和检测方法入手, 对白兰地中甲醇、高级醇和醛类等挥发性组分, 多元酸、酯类等非挥发性成分, 铜、铁、铅等重金属及磷、砷等矿物元素组分含量的分析检测研究现状进行了概述, 为白兰地的真假鉴别、酒龄和产地甄别、质量分级及风险成分监控等提供可行性的参考。

2 白兰地理化检测的方法

2.1 白兰地中挥发性成分的检测

白兰地呈现的总体香气特征与葡萄品种、产地和气候等密切相关, 品种和产地的不同造就了白兰地成分的多种多样^[12,13], 这就使得香气成分的检测显得尤为重要。由于挥发性香气物质对白兰地的感官特征有着极其重要的影响, 因此研究者一直将风味物质的研究重点放在对挥发性物质的研究分析上^[14]。白兰地含有挥发性成分主要包括酯类、醇类、酸类、醛类、酮类、酚类、芳香化合物、萜类、内酯类等几百种有机化合物, 但是总含量很低($<1\text{ wt}\%$)^[15-18]。白兰地独特的香气主要就是由这些挥发性成分带来的, 这些化合物不仅气味各异, 而且存在相互作用、相互影响, 从而使得不同白兰地的香气各异。因此要对这些挥发性成分进行准确的定性和定量分析就必须采用具有良好的选择性、高灵敏度的检测技术来实现。目前白兰地挥发性成分定性分析常用的方法有气相色谱法、气相色谱-质谱联用法(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)、气相色谱-闻香技术(gas chromatography-olfactometry, GC-O)、高效液相色谱法、光谱法及其他检测技术。

2.1.1 气相色谱法

气相色谱技术在食品饮料领域方面有着广泛的应用, 白兰地在其蒸馏过程中极易产生甲醇, 甲醇超量对人体具有较强毒性作用, 主要表现在视力损伤, 严重者双目失明、甚至致人死亡。我国对饮用酒中甲醇含量有着严格要求($\leq 0.6\text{ g/L}$)^[19], 因此对白兰地中甲醇的准确测定和质量控制显得至关重要。莫燕霞等^[20]以甲基异丁基甲醇为内标物, 采用内标标准曲线法, 通过气相色谱毛细管柱-氢火焰离子化检测器测定白兰地中甲醇、高级醇(正丙醇、异戊醇、异丁醇、正丁醇、仲丁醇)含量, 与外标法和滴定法等方法比较, 具有快速高效、准确度高、重现性好、不受进样误

差影响等优点。Madrera 等^[21]提出 2 种基于气相色谱的直接进样分析方法, 用于定量分析苹果白兰地酒中的挥发性化合物(缩醛、醛类、酯类、醇类、挥发性酚类)。将样品经过 $0.22\text{ }\mu\text{m}$ 的聚偏氟乙烯滤膜过滤后直接注入到气相色谱的汽化室, 主要挥发性化合物的检出限为 0.325 mg/L (1-丙醇)和 1.663 mg/L (甲醇), 次挥发物检出限为 0.086 mg/L (2-甲基丁酸乙酯)和 0.332 mg/L (十四酸乙酯)。该方法能够定量分析苹果白兰地中 15 种主要的挥发性物质和 24 种少量的挥发性物质, 方法的重现性好, 准确度高。

2.1.2 气相色谱-质谱联用法

Delgado 等^[22]开发了 GC-MS 与搅拌棒吸附萃取(stir bar sorptive extraction, SBSE)联用方法用于分析白兰地中的挥发性化合物。将白兰地用超纯水 1:1(V:V)稀释, 然后将搅拌棒以 1100 r/min 转速提取 100 min , 稍微晾干后在玻璃釜中加热脱附, 利用气相色谱-质谱联用仪测试挥发出的组分, 通过这种方法对大量雪利酒白兰地样品进行分析建立其芳香图谱, 可以对白兰地的生产过程和陈酿时间进行定性和定量分析。然而白兰地中挥发性成分的种类和含量差异较大, 含量高的物质(如乙醇、水等)色谱峰面积较大, 或几种物质在色谱柱中保留指数相近, 均极有可能将出峰时间相近但含量较低的物质掩盖, 造成无法准确检测白兰地中挥发性成分的种类和含量。另外白兰地中的水分直接进入色谱或质谱, 对色谱柱和质谱均有损害, 而且也会影响检测结果的准确性。

2.1.3 气相色谱-闻香法

白兰地含有的挥发性物质非常多, 每种化合物对整体香气的贡献也千差万别, 因此香气种类非常复杂, 某些有可能对整个香气产生很重要作用的物质含量却很低, 甚至用 GC-MS 都无法检测, 而有些化合物即使浓度较高但嗅觉性质较差, 并不对白兰地香气产生贡献。而 GC-O 是将嗅味检测仪与分离挥发性物质的气相色谱结合的一种技术, 该方法灵敏度高, 可以检出一些含量低、用常规技术方法无法检测的风味成分。Ferrari 等^[23]利用 GC-O 技术对新蒸馏未经橡木桶陈酿的干邑白兰地中具有典型感官特性的挥发性物质进行分析, 发现气相色谱分析出来的 150 种挥发性化合物中有 34 种化合物是主要的呈香物质, 证明新鲜蒸馏的干邑白兰地已经具有很多呈香化合物, 从而赋予干邑白兰地特定的香气。Janacova 等^[24]利用 GC-O 方法研究斯洛伐克白兰地中的呈香化合物, 证明气相色谱检测到的 200 种挥发性有机组分中只有 71 种化合物在特定浓度下表现出嗅觉特性。Zhao 等^[8]通过 GC-O 和香气提取物稀释分析法(aroma extracts dilution analysis, AEDA)对张裕白兰地中的芳香物质进行鉴定, 结果证明在检测出来的 109 种挥发性有机化合物中酯类物质是最主要的呈香物质。

2.1.4 光谱法

西班牙的 Palma 等^[25]使用傅里叶变换红外光谱对白

兰地的酒龄范围进行了测定,实验结果显示酒龄范围与傅里叶红外光谱图的出峰时间以及相应的峰面积具有很高的关联度,而且可以将法国、西班牙、法国及南非等不同地区生产的白兰地区分出来,能区分的原因是因为产地以及生产方式的差别导致的白兰地酒成分差别。巴西的 Pontes 等^[26]使用近红外光谱和化学计量学方法进行了包括白兰地、威士忌、朗姆酒、伏特加等4种蒸馏酒的分类和掺假鉴别实验,结果表明在95%的置信度下该方法可达到100%的鉴别准确率。

由于葡萄酒馏出物价格低廉,经常被用于假冒白兰地。为此需要开发一种快速的白兰地检测方法来保证消费者利益和保护制造商品品牌不受侵害。Sádecká 等^[27]研究了多元数据分析荧光光谱对白兰地中葡萄酒蒸馏物的检测效果,在发射光谱(360~650 nm)和同步荧光光谱(200~700 nm)范围内记录的光谱进行主成分分析(principal component analysis, PCA)和层次聚类分析(hierarchical cluster analysis, HCA),能够准确区分白兰地和葡萄酒馏出物,为鉴定白兰地提供了有效的方法。Nascimento 等^[28]则采用紫外可见分光光度法来检测白兰地等蒸馏酒掺假。通过加入5%和10%的水、乙醇或甲醇来模拟掺假样品,测试掺假样品和非掺假样品在235~355 nm波长范围内的光谱,建立簇类独立软模型(soft independent modeling of class analogy, SIMCA),所有掺假和未掺假的样本均以95%的可信度正确区分,样品分析速度大于每小时120个样本。

2.1.5 高效液相色谱法

Herbert 等^[29]采用柱前衍生高效液相色谱荧光检测法测试白兰地中氨基甲酸乙酯,该方法不需要前期的样品提取或浓缩,检测下限达到4.2 μg/L。高年发等^[30]采用高效液相结合荧光法测定氨基甲酸乙酯,得到最优的检测条件与标准 GC-MS 方法进行对比研究,发现高效液相色谱荧光检测法可用于大量实验筛选。

2.1.6 其他检测技术

张艳等^[31]采用在线质谱法,在无需样品预处理的条件下,建立快速检测白兰地中乙酸乙酯、丁酸乙酯、乳酸乙酯、戊酸乙酯、己酸乙酯等5种常见乙酯的方法,在线挥发性气体质谱仪可用于快速酒品检测,大大缩短传统方法的检测周期,具有广泛的应用推广意义。Blanco 等^[32]使用碱性流动相(20 mmol/L 的 NaOH 溶液)和阴离子交换柱(RCX-30),采用阴离子交换色谱-脉冲安培检测法对白兰地中的葡萄糖、半乳糖、木糖、鼠李糖、果糖等进行了测试。该测试方法简单易行,不需要浓缩或者稀释等样品前处理步骤,但是测试过程耗时较长(>30 min)。

2.2 白兰地中非挥发性成分的检测

橡木桶陈酿工艺是完善白兰地品质的重要环节,经过长期的陈酿过程,改变了白兰地原有的苦涩、辛辣等特性。随着陈酿时间的增加,酚类、酯类、醛类及酸类等物

质的含量也越高,口感越饱满,品质也越好^[33,34]。而白兰地甜润、绵柔、醇厚的口感主要是来自于其含有的非挥发性成分单宁、没食子酸、鞣花酸、乙缩醛、糠醛等。目前对非挥发性成分常用的测定方法有高效液相色谱法^[35-38]、光谱法^[39-41]、库仑滴定法^[42]等。

2.2.1 液相色谱法

曾玩炯^[35]采用高效液相色谱开发了一种检测白兰地中鞣花酸含量的方法,对不同批号的某品牌 XO、VSOP 及假冒 XO、VSOP 白兰地进行测定,发现同品牌不同批号的 XO 及 VSOP 白兰地中鞣花酸含量有一定的稳定性,而假冒 XO、VSOP 白兰地中鞣花酸的含量都远低于真品,而且呈无规律波动,这为鉴定进口白兰地的品质和酒龄提供了一种可行的方法。

吴帅等^[36]采用带二极管阵列检测器的反相高效液相色谱分别对不同类型(XO、VSOP、VO、VS 等)的30种白兰地样品进行测定,在所有样品中都检测到没食子酸、鞣花酸和糠醛,没有检测到原儿茶酸、芥子酸、阿魏酸和肉桂酸。Slaghenaufer 等^[37]开发液相色谱-质谱联用法(liquid chromatography-mass spectrometry, LC-MS)测定在橡木桶陈酿后白兰地中的没食子酰基葡萄糖苷化合物,采用香草醛-β-D-吡喃木糖苷作为内标,确认白兰地的香味前驱体包括香草醛-(6'-O-没食子酰基)-β-吡喃葡萄糖苷(vanillin-(6'-O-o-galloylhyperin)-beta-glucopyranoside, VGG)、3,4,5-三甲氧基苯基-(6'-O-没食子酰基)-β-吡喃葡萄糖苷(3,4,5-trimethoxyphenyl-(6'-O-gallic acyl)-beta glucoside, TMPGG)、(6R, 9R)-3-氧代-α-紫罗兰醇-9-O-(6'-O-没食子酰基)-β-吡喃葡萄糖苷(macarangioside E)。检测限(VGG 为48 μg/L, TMPGG 为52 μg/L, macarangioside E 为19 μg/L)足够低,可以在没有任何样品前处理的情况下精确定量测定这些化合物。

2.2.2 光谱法

刘天质等^[39]采用紫外可见分光光度计通过 Folin-ciocalteu 分光光度法对白兰地中的总多酚含量进行测定,结果表明在总多酚含量标样浓度200~600 mg/L 内,线性关系良好($r^2=0.9995$),测得轩尼诗 XO 白兰地酒中总多酚含量为551 mg/L,该方法简便、快速、准确,可适用于白兰地酒中多酚类物质的测定。

在白兰地中添加混合酒精是掺假白兰地的常见方法,为了避免误导消费者,有必要开发可靠的白兰地掺假检测方法。Markechová 等^[40]采用激发发射矩阵荧光结合二阶校正方法测定掺假白兰地样品中混合酒精含量。在485~580 nm 的发射波长范围和363~475 nm 的激发波长范围内,使用 PARAFAC-PLS 建立的模型能够测试掺假白兰地中的混合酒精酒含量,其测试的均方根误差值为1.9%。斯洛伐克理工大学的研究者^[41]采用荧光分光光度法在激发波长和发射波长分别为387.0 nm 和447.0 nm 时,白兰地中鞣花

酸的检测下限达到 7×10^{-9} mol/L。

2.2.3 库仑滴定法

Guzel^[42]发现白兰地中鞣花酸和没食子酸可与 2 种库仑滴定剂(电生溴和六氰合铁(III)离子)发生反应, 而醛类(香草醛、丁香油和环戊二烯醛)与电生溴反应。基于电生溴和六氰合铁(III)离子的反应对干邑和白兰地总抗氧化能力(total antioxidant capacity, TAC)和铁还原力(force return power, FRP)进行了评估, 证明 TAC 和 FRP 抗自由基活性和总酚含量的正相关性($r=0.8077 \sim 0.9617$), 因此库仑方法能够准确检测干邑和白兰地的抗氧化特性, 可作为白兰地快速筛选的检测方法。

2.3 白兰地中矿物元素的检测方法

白兰地酒中矿物微量元素的含量较低, 主要是因酿酒原料和生产工艺混入的铜、磷等矿物元素^[43,44]。白兰地中的铜主要来源于铜制蒸馏设备, 铜可以除去酒中的异杂味, 而且铜是白兰地陈酿成熟过程中的催化剂^[45,46], 所以高档白兰地均应该含有一定量的铜^[47]。另外白兰地需要在橡木桶中陈酿, 磷是橡木等生物体含有的元素, 陈酿时间越长则浸出的磷元素就越多, 因此可以通过对磷含量的测定来推算白兰地的陈酿时间, 鉴别白兰地质量。目前常规检测矿物元素的方法有电感耦合等离子体质谱法^[48,49]、原子吸收光谱法等^[50,51]。

2.3.1 电感耦合等离子体质谱法

罗惠明等^[48]不经过消化处理直接采用电感耦合等离子体质谱测定白兰地中铅、铜、铁、锰等元素含量。通过加入标准液、选择合适的同位素、RF 功率、雾化气流量和采样深度等方式, 消除白兰地中的乙醇和其他共存元素对铅、铜、铁、锰元素测定的影响, 形成简便、快速、灵敏度高、线性范围宽的测试方法。

白兰地是由葡萄等水果发酵而成, 水果中的磷会残留在白兰地中, 因此不同品质的白兰地中磷的含量也会有所区别。林永瀚等^[49]先将白兰地加热蒸干, 然后将残余物加硝酸消解, 再采用电感耦合等离子体质谱法(inductively coupled plasma-mass spectrometry, ICP-MS)测定不同品牌的白兰地中磷的含量, 根据磷的含量来区分不同的白兰地, 不同年份的白兰地含有的磷也存在差异, 若是能收集到大量数据总结出不同年份的白兰地磷含量变化趋势, 就可以通过磷含量推断白兰地的年份。

2.3.2 原子吸收光谱法

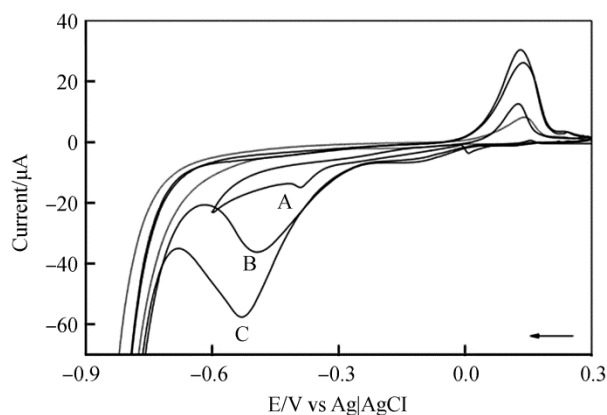
曾玩炯^[50]采用原子吸收光谱法测定白兰地酒中的铜含量, 对逐级稀释配制的单元素标准溶液的测量过程等进行全面分析, 从不确定度来源和量化不确定度分量等方面进行研究, 得出测量样品中铜含量的扩展不确定度和相对不确定度。段辉等^[51]利用原子吸收光谱仪对酿造过程的白兰地中矿质元素含量的变化进行测试, 分析表明在整个酿造过程中, 白兰地中的钙、铜、铁、镁、钾、锌及钠等 7

种矿物元素含量呈逐步降低的趋势, 可以测定白兰地中的铜元素含量来鉴别白兰地是配制型或是陈酿型。

2.3.3 其他检测方法

Heroult 等^[52]采用固相微萃取和气相色谱-脉冲火焰光度法对白兰地中有机锡含量进行检测, 首先在白兰地样品中加入四乙基硼酸钠使其中的锡元素乙基化, 然后立即将涂有 100 μm 的聚二甲基硅氧烷纤维浸入到样品中 30 min, 然后将纤维插入色谱的气化室中在高温下脱附 1 min。该方法对白兰地样品的分析具有较好的适用性, 所得结果证明白兰地中有机锡主要来源于在塑料容器中长期储存。

Teixeira 等^[53]采用改性碳纳米管糊状电极阴极溶出伏安法测定甘蔗白兰地中的砷含量, 以 50% (V/V) 乙醇 + 0.4 mol/L HClO_4 + 2.5 mg/L CuSO_4 为电解液, 碳糊电极中粘结剂种类对砷的电化学行为产生影响, 循环伏安测试结果显示砷在 -0.55 V(vs Ag/AgCl 参比电极)(有机硅)、-0.31 V(环氧树脂)、-0.50 V(矿物油)处有明显的阴极峰(见图 1^[53]), 应用此方法测定 5 种市面上销售的甘蔗白兰地样品, 砷含量结果与氢化物发生-原子吸收光谱法(hydride generation atomic absorption spectrometry, HG-AAS)得到的结果一致。由于电化学传感器的灵敏度极高, 对砷的检测下限可达到 10 $\mu\text{g/L}$ 。



A: 环氧树脂; B: 矿物油; C: 有机硅

图 1 由含不同粘结剂的碳糊电极测试砷的循环伏安曲线
Fig. 1 Cyclic voltammogram for arsenic recorded with the carbon paste electrode containing the different binders

3 白兰地成分检测在食品安全监管中的作用

白兰地中酸类、酯类、醛类、醇类等挥发性、非挥发性组分的种类及含量与白兰地的品质有着直接的联系, 例如通过运用高效液相色谱法测定白兰地酒中鞣花酸含量能为准确鉴别白兰地酒的酒龄和品质及鉴别白兰地的真伪提供可靠的依据^[35], 通过测定白兰地的 pH、总酚、色调以及儿茶素、芳香醛及芳香酸类物质, 可以评价白兰地酒的质量^[47]。另外白兰地因产地或蒸馏工艺的差异而含有不同的

铜、磷等矿物元素,例如不同品牌、等级的白兰地中磷含量有较明显的差距,同一品牌不同年份之间也有较明显差距^[49]。对白兰地中主要成分的检测方法研究对于确定白兰地质量、鉴定白兰地真伪及市场良性竞争和食品安全均有很重要的意义。

4 展 望

近年来由于国民经济的快速增长,人们对白兰地的接受程度逐渐增大,我国白兰地产量和销量也在快速增长。白兰地的酿造原料和过程都会导致其成分发生变化,增大了对其检测的复杂性,而准确快速的成分检测分析能够为白兰地生产和销售的顺利进行保驾护航。因此为了保障消费者的利益和企业的健康发展,必须加大白兰地的分析测试技术的研发力度。

广东是改革开放的桥头堡,由于受到港澳地区的影响,普通民众较早地接受白兰地等洋酒。另外广东地区遍布大宗货物的进口口岸,因此白兰地等进口洋酒基本以广东的口岸报关然后再销往全国。基于此,多年来我单位工作人员对白兰地的成分检测及真假鉴别进行了潜心研究,已取得了部分成果,并且筹建了国家白兰地、威士忌、伏特加及葡萄酒产品质量监督检验中心。对白兰地检测体系的建立还需要科研院所、检测机构及相关企业在现有基础上不断提高和完善仪器设备和检测技术手段,进行更深层次的研究探索,还需要相关政府机构和监管部门引导和建立相应的规章制度和标准体系,使企业能够有规可依的同时大大提升消费者的信心和信任度,推动我国白兰地事业的蓬勃发展。

参考文献

- [1] Sáděcká J, Tóthová J. Spectrofluorimetric determination of ellagic acid in brandy [J]. *Food Chem*, 2012, 135(3): 893–897.
- [2] 王恭堂. 白兰地工艺学[M]. 北京: 中国轻工出版社, 2002.
Wang GT. Brandy technology [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2002.
- [3] 王磊, 张葆春, 申春华, 等. 白兰地蒸馏主要挥发性成分变化规律研究[J]. *农产品加工(学刊)*, 2010, 2(5): 23–25.
Wang L, Zhang BC, Shen CH, *et al.* Study on the change rule of volatile compounds in brandy during distillation [J]. *Acad Period Farm Prod Process*, 2010, 2(5): 23–25.
- [4] 王磊. GC-MS、GC-O 和感官鉴定对六种白兰地挥发性成分和香气成分差异研究[D]. 烟台: 烟台大学, 2010.
Wang L. GC-MS, GC-O and sensory identification of six volatile components of the brandy and flavor components of the difference [D]. Yantai: Yangtai University, 2010.
- [5] Susan EE, Michael BT. Analysis of brandy aroma by solid-phase microextraction and liquid-liquid extraction [J]. *J Sci Food Agric*, 2000, 80(5): 625–630.
- [6] Ledauphin, J, Saint-Clair JF, Lablanqui O, *et al.* Identification of trace volatile compounds in freshly distilled calvados and cognac using preparative separations coupled with gas chromatography-mass spectrometry [J]. *J Agric Food Chem*, 2004, 52: 5124–5134.
- [7] 赵玉平, 李记明, 徐岩, 等. 张裕 XO 级白兰地挥发性成分的提取分离与鉴定[J]. *色谱*, 2008, 26(2): 212–222.
Zhao YP, Li JM, Xu Y, *et al.* Extraction, preparation and identification of volatile compounds in Changyu XO brandy [J]. *Chin J Chromatogr*, 2009, 17(6): 19–20.
- [8] Zhao YP, Li JM, Xu Y, *et al.* Characterization of aroma compounds of four brandies by aroma extract dilution analysis [J]. *Am J Enol Vitic*, 2009, 60: 269–276.
- [9] Savchuk SA, Kolesov GM. Chromatographic techniques in the quality control of cognacs and cognac spirits [J]. *J Anal Chem*, 2005, 60(8): 752–771.
- [10] International spirits challenge, The awards [DB/OL]. [2018-1-16]. http://drinksint.com/news/fullstory.php/aid/6355/International_Spirits_Challenge_The_Awards_.html.
- [11] Hennessy profits from US and China interest [DB/OL]. [2018-1-20]. http://drinksint.com/news/fullstory.php/aid/7528/Hennessy_profits_from_US_and_China_interest.html.
- [12] Onishi. Changes in some volatile constituents of brandy during aging [J]. *Am J Enol Vitic*, 1977, 28: 152–158.
- [13] Vivian AW, Christian EB. Analysis of microvolatiles in brandy: relationship between methylketone concentration and Cognac age [J]. *J Sci Food Agric*, 2003, 83(11): 1143–1149.
- [14] Tsakiris A, Kallithraka S, Kourkoutas Y. Brandy and cognac: Manufacture and chemical composition, encyclopedia of food & health [M]. Amsterdam: Elsevier Inc, 2016.
- [15] 何晓蒙, 孔繁东, 刘兆芳. 白兰地挥发性香气成分分析的研究进展[J]. *食品工业*, 2016, 37(4): 237–240.
He XM, Kong FD, Liu ZF. Progress in the analysis of volatile aroma components of brandy [J]. *Food Ind*, 2016, 37(4): 237–240.
- [16] Caldeira I, Belchior AP, Climaco MC, *et al.* Aroma profile of Portuguese brandies aged in chestnut and oak woods [J]. *Anal Chim Acta*, 2002, 458(1): 55–62.
- [17] Watts VA, Butzke CE, Boulton RB. Study of aged Cognac using solid-phase microextraction and partial least-squares [J]. *J Agric Food Chem*, 2003, 51(26): 7738–7742.
- [18] Mangas JJ, Rodn'guez R, Moreno J, *et al.* Furanic and phenolic composition of cider brandy: A chemometric study [J]. *J Agric Food Chem*, 1997, 45(10): 4076–4079.
- [19] 胡建锋. 《食品安全国家标准蒸馏酒及其配制酒》(GB 2757-2012)新标准的解读[J]. *酿酒科技*, 2013(2): 119–121.
Hu JF. Interpretation of GB 2757-2012 *National food safety standards-Distilled spirits and formulated spirits* [J]. *Liq-Mak Sci Tech*, 2013, 14(2): 119–121.
- [20] 莫燕霞, 殷居易, 顾晓俊, 等. 气相-内标法测定白兰地中甲醇、乙酸乙酯、糠醛和高级醇[J]. *食品研究与开发*, 2015, 36(21): 150–152.
Mo YX, Yin JY, Gu XJ, *et al.* Development of a GC internal standard method for simultaneous determination of methyl alcohol, ethyl acetate, furfural and higher alcohols in brandy [J]. *Food Res Dev*, 2015, 36(21): 150–152.
- [21] Madrera RR, Valles BS. Determination of volatile compounds in cider

- spirits by gas chromatography with direct injection [J]. *J Chromatogr Sci*, 2007, 45(7): 428–434.
- [22] Delgado R, Durán E, Castro R, *et al.* Development of a stir bar sorptive extraction method coupled to gas chromatography-mass spectrometry for the analysis of volatile compounds in Sherry brandy [J]. *Anal Chim Acta*, 2010, 672(1–2): 130.
- [23] Ferrari G, Lablanquie O, Cantagrel R, *et al.* Determination of key odorant compounds in freshly distilled Cognac using GC-O, GC-MS, and sensory evaluation [J]. *J Agric Food Chem*, 2004, 52(18): 5670–5676.
- [24] Janacova A, Sadecka J, Kohajdova Z, *et al.* The identification of aroma-active compounds in slovak brandies using GC-sniffing, gc-ms and sensory evaluation [J]. *Chromatogr*, 2008, 67(1): 113–121.
- [25] Palma M, Barroso CG. Application of FT-IR spectroscopy to the characterisation and classification of wines, brandies and other distilled drinks [J]. *Talanta*, 2002, 58(2): 265–271.
- [26] Pontes MP, Srb S, Meu A, *et al.* Classification of distilled alcoholic beverages and verification of adulteration by near infrared spectrometry [J]. *Food Res Inter*, 2006, 39(2): 182–189.
- [27] Sadecká J, Tóthová J, Májek P. Classification of brandies and wine distillates using front face fluorescence spectroscopy [J]. *Food Chem*, 2009, 117(3): 491–498.
- [28] Nascimento, Araújo ECL, Mário CU, *et al.* A flow-batch analyzer for UV-Vis spectrophotometric detection of adulteration in distilled spirits [J]. *J Braz Chem Soc*, 2011, 22(6): 1061–1067.
- [29] Herbert P, Santos L, Bastos M, *et al.* New HPLC method to determine ethyl carbamate in alcoholic beverages using fluorescence detection [J]. *J Food Sci*, 2002, 67(5): 1616–1620.
- [30] 高年发, 宝菊花, 孙晓雯, 等. HPLC 测定白兰地中的氨基甲酸乙酯[J]. *中国酿造*, 2008, 27(13): 84–87.
- Gao NF, Bao JH, Sun XW, *et al.* Determination of ethyl carbamate (EC) in brandy by HPLC [J]. *Chin Brew*, 2008, 27(13): 84–87.
- [31] 张艳, 高伟, 谭国斌, 等. 在线质谱法快速检测酒中 5 种常见乙酯[J]. *食品科学*, 2016, 37(24): 180–184.
- Zhang Y, Gao W, Tan GB, *et al.* Rapid detection of five common ethyl esters in liquor using on-line mass spectrometry [J]. *Food Sci*, 2016, 37(24): 180–184.
- [32] Blanco D, Muro D, Gutiérrez MD. A comparison of pulsed amperometric detection and spectrophotometric detection of carbohydrates in cider brandy by liquid chromatography [J]. *Anal Chim Acta*, 2004, 517(1): 65–70.
- [33] 程佳路, 张英. 世界蒸馏酒的感官评比比较研究[J]. *食品安全质量检测学报*, 2015, 6(12): 4889–4893.
- Cheng JL, Zhang Y. Comparative study for sensory appraisal of the world distilled spirits [J]. *J Food Saf Qual*, 2015, 6(12): 4889–4893.
- [34] 张斌. 电场对橡木桶陈酿白兰地酒的影响及其作用机理研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2012.
- Zhang B. Study on the mechanism and effects of electric field treatments on brandy aging in oak barrel [J]. Guangzhou: South China University of Technology, 2012.
- [35] 曾玩嫻. HPLC 法测定白兰地中鞣花酸[J]. *酿酒科技*, 2012, 17(4): 112–113.
- Zeng WX. Determination of ellagic acid content in brandy by HPLC [J]. *Liq-Mak Sci Tech*, 2012, 17(4): 112–113.
- [36] 吴帅, 王锬, 由菊, 等. 高效液相色谱法测定白兰地中的多酚类物质[J]. *食品研究与开发*, 2016, 37(23): 157–160.
- Wu S, Wang K, You J, *et al.* Determination of polyphenols in brandy by high performance liquid chromatography [J]. *Food Res Dev*, 2016, 37(23): 157–160.
- [37] Slaghenaufl D, Franc C, Mora N, *et al.* Quantification of three galloylglucoside flavour precursors by liquid chromatography tandem mass spectrometry in brandies aged in oak wood barrels [J]. *J Chromatogr A*, 2016, 1442(3): 26–32.
- [38] Tesevic V, Aljancic I, Vajs V, *et al.* Development and validation of LC-MS/MS method with multiple reactions monitoring mode for quantification of vanillin and syringaldehyde in plum brandies [J]. *J Serb Chem Soc*, 2014, 79(12): 79.
- [39] 刘天质, 曾玩嫻. 白兰地总多酚含量测定方法初探[J]. *酿酒科技*, 2010, 16(7): 96–97.
- Liu TZ, Zeng WX. Investigation on the measuring methods of total polyphenol in Brandy [J]. *Liquor-Mak Sci Technol*, 2010, 16(7): 96–97.
- [40] Markechová D, Májek P, Sadecká J. Fluorescence spectroscopy and multivariate methods for the determination of brandy adulteration with mixed wine spirit [J]. *Food Chem*, 2014, 159(13): 193–199.
- [41] Sadecká J, Tóthová J. Spectrofluorimetric determination of ellagic acid in brandy [J]. *Food Chem*, 2012, 135(3): 893–897.
- [42] Guzel Z, Inna S, Herman B. Coulometric titration with electrogenerated oxidants as a tool for evaluation of cognac and brandy antioxidant properties [J]. *Food Chem*, 2014, 150(5): 80–86.
- [43] Ajtony Z, Laczai N, Dravec Z, *et al.* Fast and direct screening of copper in micro-volumes of distilled alcoholic beverages by high-resolution continuum source graphite furnace atomic absorption spectrometry [J]. *Food Chem*, 2016, 213(11): 799–805.
- [44] Grindlay G, Mora J, Maestre S, *et al.* Application of a microwave-based desolvation system for multi-elemental analysis of wine by inductively coupled plasma based techniques [J]. *Anal Chim Acta*, 2008, 629(1–2): 24–37.
- [45] Caldeira I, Rui S, Ricardo-Da-Silva JM, *et al.* Kinetics of odorant compounds in wine brandies aged in different systems [J]. *Food Chem*, 2016, 211(11): 937–946.
- [46] Jakubíková M, Sadecká J, Kleinová A. On the use of the fluorescence, ultraviolet-visible and near infrared spectroscopy with chemometrics for the discrimination between plum brandies of different varietal origins [J]. *Food Chem*, 2018, 239(1): 889–897.
- [47] 姜忠军, 李记明, 周攀. 白兰地酒龄与质量评价体系研究进展[J]. *酿酒科技*, 2007, 13(11): 92–94.
- Jiang ZJ, Li JM, Zhou P. Research advance in the evaluation system of brandy age & quality [J]. *Liq-Mak Sci Technol*, 2007, 13(11): 92–94.
- [48] 罗惠明, 梁希扬, 陈燕勤, 等. 白兰地酒中铅、铜、铁、锰同时测定的电感耦合等离子体质谱测定法[J]. *职业与健康*, 2003, 19(9): 46–47.
- Luo HM, Liang XY, Chen YQ, *et al.* Simultaneous determination of lead, copper, iron and manganese in brandy by inductively coupled plasma mass spectrometry [J]. *Occup Health*, 2003, 19(9): 46–47.
- [49] 林永瀚, 曾玩嫻, 陈晓敏, 等. 基于磷含量的白兰地真假鉴别[J]. *食品安全导刊*, 2016, 21(7X): 75.
- Lin YH, Zeng WX, Chen XM, *et al.* Identification of genuine brandy based on phosphorus content [J]. *Chin Food Saf*, 2016, 21(7X): 75.

- [50] 曾玩炯. 火焰原子吸收光谱法测定白兰地中铜测量不确定度评定[J]. 酿酒科技, 2005, 10(5): 97-98.
Zeng WX. Cu content in brandy measured by flame atomic absorption spectrometry & Cu content uncertainty evaluation [J]. Liq-Mak Sci Technol, 2005, 10(5): 97-98.
- [51] 段辉, 姜忠军. 白兰地酿造过程中矿质元素的变化[J]. 酿酒科技, 2007, 12(5): 108-110.
Duan H, Jiang ZJ. The changes of mineral elements during brandy brewing [J]. Liq-Mak Sci Tech, 2007, 12(5): 108-110.
- [52] Heroult J, Bueno M, Potin-Gautier M, *et al.* Organotin speciation in French brandies and wines by solid-phase microextraction and gas chromatography-pulsed flame photometric detection [J]. J Chromatogr A, 2008, 1180(1-2): 122-130.

- [53] Teixeira MC, Tavares EF, Saczk AA, *et al.* Cathodic stripping voltammetric determination of arsenic in sugarcane brandy at a modified carbon nanotube paste electrode [J]. Food Chem, 2014, 154(7): 38-43.

(责任编辑: 姜 珊)

作者简介



谢爱华, 主要研究方向为食品质量安全。
E-mail: xah8928@126.com

“油脂加工与质量安全”专题征稿函

油脂是油和脂肪的统称。油脂类食品在人们日常饮食中占据着非常重要的主导地位,特别是对中国以植物类食品为主的国家来说,具有无可替代的作用。油脂产品质量安全关系到每个人的日常生活,具有重要的意义。

鉴于此,本刊特别策划了“油脂加工与质量安全”专题,由王兴国教授担任专题主编,主要围绕油脂安全与检测、油脂产品研发、功能性油脂、油脂贮藏与加工方式、掺伪技术、油脂加工设备、油脂的质量与标准等方面或您认为有意义的相关领域展开论述和研究,本专题计划在2018年9月出版。

鉴于您在该领域的成就,本刊主编吴永宁研究员及专题主编王兴国教授特别邀请您为本专题撰写稿件,以期进一步提升该专题的学术质量和影响力。综述及研究论文均可,请在2018年7月30日前通过网站或E-mail投稿。我们将快速处理并优先发表。

投稿方式:

网站: www.chinafoodj.com

E-mail: jfoodsqq@126.com

《食品安全质量检测学报》编辑部