

气相色谱法测定白酒中醇类及酯类

孟庆顺, 卜媛媛, 王 悦, 孙 丽, 赵 燕, 周义国, 刘 蔷, 陈长毅*

(淮安市食品药品检验所, 淮安 223300)

摘 要: **目的** 建立气相色谱法测定白酒中醇类和酯类的分析方法。**方法** 样品前期处理简单, 以叔戊醇为内标物, 进行内标法标准曲线定量, 采用 FID 氢火焰离子化检测器和毛细管色谱柱 DB-FFAP (50 m×0.32 mm, 0.50 μm)及程序升温进行测定, 检测器温度为 300 °C, 进样口温度 230 °C, 进样量 0.5 μL。**结果** 各醇类及酯类混合标准溶液在相应的浓度范围内线性皆良好, 相关系数 r 均大于 0.999, 检出限为 3~9 mg/L ($S/N=3$), 定量限为 10~30 mg/L ($S/N=10$), 回收率为 88.25%~98.75%, 相对标准偏差(relative standard deviation, RSD)为 2.75%~3.84% ($n=6$)。**结论** 该方法简化了操作步骤, 一次进样可以同时检测 8 种常规的醇类和酯类, 提高工作效率和仪器的利用率, 且回收率高, 重现性和精密度良好, 测定结果准确可靠, 满足白酒中醇类和酯类含量的定量分析。

关键词: 气相色谱法; 白酒; 醇类; 酯类; 氢火焰离子化检测器; 香型

Determination of alcohols and esters in liquor by gas chromatography

MENG Qing-Shun, BU Yuan-Yuan, WANG Yue, SUN Li, ZHAO Yan, ZHOU Yi-Guo,
LIU Qiang, CHEN Chang-Yi*

(Huai'an Institute for Food and Drug Control, Huai'an 223300, China)

ABSTRACT: Objective To establish a method for the determination of alcohols and esters in liquor by gas chromatography. **Methods** The sample was pretreated simply, 2-methyl-2-butanol was used as internal standard, the standard curve was quantified by internal standard method, and the sample was determined by flame ionization detector (FID), capillary column DB-FFAP (50 m×0.32 mm, 0.50 μm) and programmed temperature, the detector temperature was 300 °C, the sample inlet temperature was 230 °C, the sample volume was 0.5 μL. **Results** The standard solutions of alcohols and esters had good linearity in the corresponding concentration range, the correlation coefficients r were greater than 0.999, the detection limits were 3–9 mg/L ($S/N=3$), the quantitative limits were 10–30 mg/L ($S/N=10$), the recovery rates were 88.25%–98.75%, relative standard deviations (RSDs) were 2.75%–3.84% ($n=6$). **Conclusion** The method simplified the operation steps, one injection can detect 8 kinds of alcohol and ester at the same time, improve the work efficiency and the utilization rate of the instrument, with high recovery, good reproducibility and precision, the determination results are accurate and reliable, meet the alcohols and esters content in liquor of quantitative analysis.

KEY WORDS: gas chromatography; liquor; alcohol; esters; hydrogen flame ionization detector; scent

*通信作者: 陈长毅, 研究员级高级工程师, 主要研究方向为食品产品检验。E-mail: 2040903966@qq.com

*Corresponding author: CHEN Chang-Yi, Researcher Senior Engineer, Huai'an Institute for Food and Drug Control, Huai'an 223300, China. E-mail: 2040903966@qq.com

0 引言

白酒是世界上最古老的酒类之一, 是中华民族的传统饮品, 具有悠久的历史, 深受人民群众的喜爱。我国白酒产地较广, 品种很多^[1-2], 在 GB/T 33405—2016《白酒感官品评术语》标准中, 目前我国典型白酒香型共有 12 种, 如酱香型、浓香型、清香型^[3]、米香型^[4]等, 除了董香型白酒是贵州省地方标准(DB52/T 550—2013《董香型白酒行业标准》)外, 其他的 11 种香型白酒都有相应的国家标准如 GB/T 26760—2011《酱香型白酒》、GB/T 26760—2011《特香型白酒》等^[5]。

甲醇是白酒中的有害物质之一^[6-8], GB 2757—2012《食品安全国家标准 蒸馏酒及其配制酒》和国家市场监督管理总局发布的 2021 年《国家食品安全监督抽检实施细则》都规定了甲醇含量为白酒中必检项目^[9], 检测方法是 GB/T 5009.266—2016《食品安全国家标准 食品中甲醇的测定》。正丙醇和正丁醇是白酒中的杂醇油的主要成分之一^[10-12], 含量过多对人体健康有害, 同时正丙醇也是 GB/T 23547—2009《浓酱兼香型白酒》标准中主要质量指标之一, 规定含量在 0.20~1.20 g/L 范围内。乙酸乙酯和乳酸乙酯、己酸乙酯、丁酸乙酯、丙酸乙酯等在各种白酒中起着主要作用, 是形成白酒香气浓郁口感不同的主要因素^[13-16], 也是不同香型的特征指标之一, 如 GB/T 10781.1—2006《浓香酒白酒》标准规定己酸乙酯含量在 0.40~2.80 g/L 范围内, 白酒企业在生产和勾兑过程中及时检测以上指标, 对产品质量控制很有必要。醇类酯类检测方法是 GB/T 10345—2007《白酒分析方法》, 方法中每种酯类及醇类作出了不同的规定, 用不同的毛细管柱或填充柱, 操作相对复杂且对操作人员要求也较为严格。本研究采用内标法, 对标准进一步的优化^[17-20], 同时对白酒中的甲醇、正丙醇、正丁醇、乙酸乙酯、乳酸乙酯、己酸乙酯、丙酸乙酯和丁酸乙酯进行检测, 以期为白酒的调配及成分的分析鉴定提供技术依据。

1 材料与方法

1.1 仪器与试剂

7890B 气相色谱仪(配有 FID 检测器、7693 液体自动进样器和 150 位进样盘, 美国安捷伦公司)。

甲醇、乙酸乙酯(色谱纯, 黄骅市江峰化学品有限公司); 乙醇、乳酸乙酯(色谱纯, 上海易恩化学技术有限公司); 己酸乙酯、正丙醇、正丁醇(色谱纯, 上海麦克林生化科技有限公司); 丙酸乙酯、丁酸乙酯[色谱纯, 阿拉丁试剂(上海)有限公司]; 叔戊醇(色谱纯, 美国 Standford chemicals 公司)。

1.2 实验方法

1.2.1 试样制备及测定

分别吸取 0.05 mL 叔戊醇标准储备液于 12 个 10 mL 的容量瓶中, 分别以 12 种香型的白酒样品定容至刻度, 混匀, 待测。

1.2.2 标准曲线

乙醇溶液(40%, 体积分数): 准确量取 40 mL 乙醇, 用一级水定容至 100 mL 容量瓶中。

甲醇、正丙醇、正丁醇、叔戊醇、乙酸乙酯、乳酸乙酯、丙酸乙酯、丁酸乙酯、己酸乙酯标准储备液 20 g/L: 准确称取各标准溶液 0.2 g (精确至 0.0001 g)乙醇至 100 mL 容量瓶中, 乙醇溶液定容至刻度, 混匀, 0~4 °C 低温冰箱密封保存。

分别吸取甲醇标准储备溶液 0.1、0.2、0.3、0.4、0.5 mL, 乙酸乙酯、己酸乙酯和乳酸乙酯标准储备溶液各 0.1、0.2、0.4、0.8、1.4 mL, 正丙醇、丙酸乙酯、丁酸乙酯标准储备溶液各 0.05、0.1、0.2、0.4、0.5 mL, 正丁醇标准储备溶液 0.1、0.3、0.4、0.5、0.6 mL 于 10 mL 的容量瓶中, 加 0.05 mL 叔戊醇标准储备液, 以乙醇溶液定容至刻度, 依次配制成甲醇标准溶液质量浓度为 0.2、0.4、0.6、0.8、1.0 g/L, 乙酸乙酯、己酸乙酯和乳酸乙酯标准溶液为 0.2、0.4、0.8、1.6、2.8 g/L, 正丙醇、丙酸乙酯、丁酸乙酯标准溶液为 0.1、0.2、0.4、0.8、1.0 g/L, 正丁醇标准储备溶液 0.2、0.6、0.8、1.0、1.2 g/L 系列标准工作液, 测定各标准溶液和内标叔戊醇色谱法面积, 以系列标准工作液的浓度为横坐标, 以各标准溶液和叔戊醇色谱峰面积的比值为纵坐标, 绘制标准曲线。

1.2.3 色谱条件

色谱柱: DB-FFAP (50 m×0.32 mm, 0.50 μm); 检测器: 300 °C; 氢气流量 30 mL/min, 空气流量 400 mL/min, 尾吹气流量 25 mL/min; 进样口温度 230 °C; 分流比 5:1(V:V), 分流流量 4 mL/min; 进样量 0.5 μL; 程序升温: 初始温度 50 °C 保持 8 min 后, 以 4 °C/min 升至 220 °C, 后运行 250 °C (1 min), 色谱柱流速 1.0 mL/min。

2 结果与分析

2.1 色谱条件的选择

得到一个较好的分离色谱图, 主要取决于检测器、色谱柱及柱温箱温度的选择, 目前安捷伦气相色谱常用的检测器有火焰光度检测器(flame photometric detector, FPD)、氮磷检测器(nitrogen and phosphorus detector, NPD)、电子捕获检测器(electron capture detector, ECD)、氢火焰离子化检测器(hydrogen flame ionization detector, FID) 4 种检测器, 经过实验和查找相关资料, FID 对白酒醇类酯类检测具有明显的优势, 仪器响应值很高。色谱柱主要考察 DB-WAX (50 m×0.32 mm, 1.0 μm)、DB-FAAP (50 m×0.32 mm, 0.50 μm)、HP-INNOWAX (30 m×0.32 mm, 0.50 μm)等极性

毛细管柱的分离效果，结果表明：DB-WAX、HP-INNOWAX 除了丁酸乙酯和正丙醇分离不开，其他都可分离，DB-FAAP 则峰形显得更稳定和对称，分离效果也更好，因此最终选择 DB-FAAP (50 m×0.32 mm, 0.50 μm)，分离效果最理想。分析了不同柱温和柱流速下的标样出峰情况和分离效果，利用正交实验法对色谱柱温度和柱流速进行优化设计，确定最佳温度和程序升温时间。即程序升温：初始温度 50 °C 保持 8 min 后，以 4 °C/min 升至 220 °C，后运行 250 °C (1 min)，柱流速：1.0 mL/min。

将准确配制好的 5 个系列白酒混合标准内标液和样品试样，在 1.2.3 条件下进行检测，得到标准溶液色谱图 (图 1) 和样品色谱图 (以浓香型白酒为代表图 2)，以系列标准工作液的浓度为横坐标，以系列标准工作液和叔戊醇色谱峰面积的比值为纵坐标，绘制系列标准工作液线性回归标准曲线。

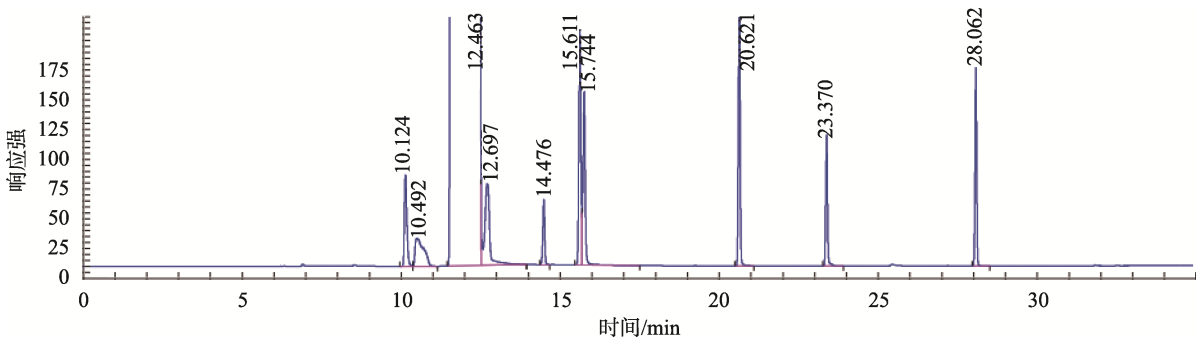
2.2 内标物的选择

内标法由于消除了仪器进样体积变化对检测结果的

影响，相对外标法，检测结果更准确。选择实验室常用的有机试剂乙腈、丙酮、叔戊醇作为内标物，经过多次实验，发现叔戊醇为内标物最好，丙酮保留时间在乙酸乙酯前面，乙腈则和白酒中一些成分分离不开，而叔戊醇和白酒互溶也不会发生化学反应，是白酒中不可能存在的物质，而且保留时间处于较中位置，所以最终选择叔戊醇作为内标物。

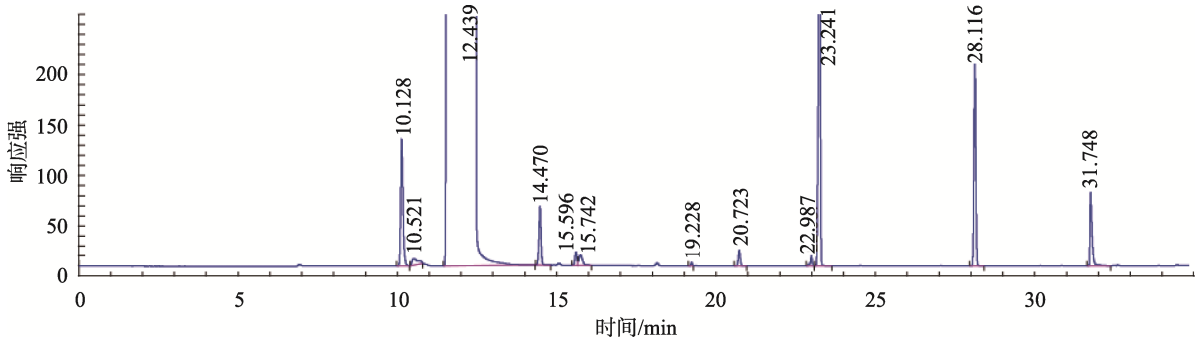
2.3 线性关系、检出限和定量限

按实验方法测定标准系列使用液，在相应浓度范围内呈线性。按 1.2.2 配成的混合标液，用气相色谱仪进行分析，以系列标准工作液的浓度(X, g/L)为横坐标，以各标准溶液和叔戊醇色谱峰面积的比值 Y 为纵坐标，作线性回归分析，分别按照 S/N=3 和 S/N=10 计算出方法检出限和定量限，结果见表 1。由表 1 可见，各醇类及酯类的相关系数均大于 0.999，线性关系良好，检出限为 3~9 mg/L (S/N=3)，定量限为 10~30 mg/L (S/N=10)，说明该方法灵敏度高，完全满足标准规定的要求。



注：10.124—0.394 g/L 乙酸乙酯；10.492—0.412 g/L 甲醇；12.697—0.199 g/L 丙酸乙酯；14.476—0.10 g/L 叔戊醇；15.611—0.199 g/L 丁酸乙酯；15.744—0.203 g/L 正丙醇；20.621—0.584 g/L 正丁醇；23.370—0.418 g/L 己酸乙酯；28.062—0.389 g/L 乳酸乙酯。

图 1 标准谱图
Fig.1 Standard spectrogram



注：10.128—0.511 g/L 乙酸乙酯；10.521—0.0560 g/L 甲醇；14.470—0.1 g/L 叔戊醇；15.596—0.0136 g/L 丁酸乙酯；15.742—0.0213 g/L 正丙醇；20.723—0.0515 g/L 正丁醇；23.241—1.30 g/L 己酸乙酯；28.116—0.463 g/L 乳酸乙酯。

图 2 实际样品的色谱图
Fig.2 Chromatogram of actual sample

表 1 线性测定结果
Table 1 Results of linearity

名称	线性回归方程	相关系数	线性范围/(g/L)	分离度	检出限/(mg/L)	定量限/(mg/L)
乙酸乙酯	$Y=0.454192X+0.0454662$	0.99994	0.2~2.8	—	9	30
甲醇	$Y=0.469242X+0.0058765$	0.99955	0.2~1.0	1.23	9	30
丙酸乙酯	$Y=1.74393X+0.0136580$	0.99995	0.1~1.0	0.67	4.5	15
丁酸乙酯	$Y=2.09153X-0.0413496$	0.99996	0.1~1.0	10.18	3	10
正丙醇	$Y=1.65658X-0.0593465$	0.99932	0.1~1.0	1.37	4.5	15
正丁醇	$Y=0.711541X+0.0372513$	0.99951	0.2~1.2	43.86	6	20
己酸乙酯	$Y=0.486382X-0.0202599$	0.99955	0.2~2.8	27.76	6	20
乳酸乙酯	$Y=0.660992X+0.116770$	0.99908	0.2~2.8	48.08	4.5	15

注: —表示无。

2.4 回收率与精密度

取 18 个 10 mL 容量瓶, 每个加入 0.05、0.2、0.4 mL 各标准溶液储备液, 以浓香型白酒为代表按 1.2.3 做加标回收率实验, 每组进行 6 次平行进样测定, 计算样品加标回收率和相对标准偏差(relative standard deviation, RSD)。由于数据多, 以加入 0.2 mL 标准溶液储备液为代表, 由表 2 可知, 方法的加标平均回收率为 88.25%~98.75%, RSD 为 2.75%~3.84%, 完全满足国家标准 GB/T 27417—2017《合格评定 化学分析方法确认和验证指南》的要求。

表 2 加标回收率和相对标准偏差(n=6)
Table 2 Recoveries and RSDs (n=6)

名称	编号	加入浓度/(g/L)	回收率/%	RSD%
乙酸乙酯	1	0.4	88.25	3.84
	2	0.4	94.50	
	3	0.4	95.75	
	4	0.4	98.75	
	5	0.4	91.75	
	6	0.4	92.75	
甲醇	1	0.4	89.50	2.94
	2	0.4	93.00	
	3	0.4	90.00	
	4	0.4	94.50	
	5	0.4	96.50	
	6	0.4	91.25	
丙酸乙酯	1	0.4	97.00	2.92
	2	0.4	93.50	
	3	0.4	89.50	
	4	0.4	94.50	
	5	0.4	91.50	
	6	0.4	95.50	
	1	0.4	95.10	
	2	0.4	92.60	
	3	0.4	97.10	

表 2(续)

名称	编号	加入浓度/(g/L)	回收率/%	RSD%
丁酸乙酯	4	0.4	89.60	2.89
	5	0.4	91.10	
	6	0.4	93.10	
	1	0.4	90.68	
	2	0.4	98.18	
	3	0.4	94.18	
正丙醇	4	0.4	96.18	2.95
	5	0.4	93.68	
	6	0.4	91.68	
	1	0.4	89.50	
	2	0.4	91.00	
	3	0.4	94.50	
正丁醇	4	0.4	91.50	2.75
	5	0.4	95.50	
	6	0.4	92.50	
	1	0.4	89.50	
	2	0.4	91.00	
	3	0.4	90.50	
己酸乙酯	4	0.4	96.00	2.85
	5	0.4	92.50	
	6	0.4	95.50	
	1	0.4	88.75	
	2	0.4	92.25	
	3	0.4	90.75	
乳酸乙酯	4	0.4	95.25	3.78
	5	0.4	98.75	
	6	0.4	93.75	

2.5 重复性

取 3 份做加标回收率的白酒样品, 每份样品平行进样 3 次, 计算相应的含量及其 RSD 值, 得到重复性结果见表

3。由表 3 可知,重复性测定结果 RSD 在 0.4%~3.2%之间,可见该方法重复性良好。

3 结论与讨论

本研究建立了一种可同时进行测定白酒中多种醇类、酯类的内标法气相色谱法,操作稳定,样品前处理简单,

环境污染小。本方法的相关系数大于 0.999,线性关系良好,平均回收率为 88.25%~98.75%,检出限为 3~9 mg/kg,结果表明该方法精密度和准确度高、灵敏度好。对标准方法进一步的优化,一次进样可以同时检测 8 种常规的醇类和酯类,简化了操作步骤,提高了工作效率和仪器的利用率,可为白酒的质量控制提供一定的科学依据和技术支持。

表 3 重复性实验(n=3)
Table 3 Repeatability test (n=3)

编号	乙酸乙酯 /(g/L)	RSD /%	甲醇 /(g/L)	RSD /%	丙酸乙酯 /(g/L)	RSD /%	丁酸乙酯 /(g/L)	RSD /%	正丙醇 /(g/L)	RSD /%	正丁醇 /(g/L)	RSD /%	己酸乙酯 /(g/L)	RSD /%	乳酸乙酯 /(g/L)	RSD /%
1	0.864		0.402		0.365		0.382		0.402		0.876		1.642		0.842	
	0.886	1.3	0.418	2.1	0.382	2.3	0.376	2.5	0.396	2.3	0.884	1.5	1.658	1.0	0.868	1.6
	0.872		0.406		0.376		0.395		0.384		0.901		1.674		0.850	
	0.856		0.422		0.384		0.374		0.412		0.882		1.668		0.822	
2	0.878	1.3	0.436	2.7	0.364	2.8	0.386	2.9	0.406	2.5	0.874	1.1	1.656	0.5	0.806	1.5
	0.866		0.414		0.370		0.364		0.392		0.892		1.672		0.830	
	0.854		0.424		0.354		0.396		0.408		0.876		1.670		0.846	
	0.882	1.7	0.416	1.7	0.368	2.6	0.378	2.5	0.390	3.2	0.898	1.3	1.662	0.4	0.824	2.0
3	0.860		0.430		0.372		0.364		0.384		0.884		1.655		0.812	

参考文献

[1] 曹玉发. 江苏白酒产业现状及风味研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, (15): 44-49.
CAO YF. Review on Chinese liquor (baijiu) industry and flavor researches in Jiangsu province [J]. J Food Saf Qual, 2019, (15): 44-49.

[2] 俞雅琼, 陈睿, 沈丽. 毛细管柱气相色谱法测定蒸馏酒和配制酒香气成分[J]. 食品安全质量检测学报, 2016, 7(8): 3355-3363.
YU YQ, CHEN R, SHEN L. Determination of aroma components in distilled and preparation liquor by capillary column gas chromatography [J]. J Food Saf Qual, 2016, 7(8): 3355-3363.

[3] 孟庆顺. 气相色谱法快速测量清香型白酒中甲醇和乙酸乙酯含量[J]. 中国食品添加剂, 2020, (11): 89-93.
MENG QS. Rapid determination of methanol and ethyl acetate in fen-flavor liquor by gas chromatography [J]. China Food Addit, 2020, (11): 89-93.

[4] 余洁瑜, 刘功良, 白卫东, 等. 米香型白酒的研究进展[J]. 中国酿造, 2021, 40(1): 29-32.
YU JY, LIU GL, BAI WD, et al. Research progress on rice-flavor Baijiu [J]. China Brew, 2021, 40(1): 29-32.

[5] 吴生文, 林培, 叶芝红, 等. 特香型白酒风味轮的构建及典型感官特性描述研究[J]. 中国酿造, 2021, 40(1): 148-153.
WU SW, LIN P, YE ZH, et al. Construction of flavor wheel of Te-flavor baijiu and description of typical sensory characteristics [J]. Liquor Mak Sci Technol, 2021, 40(1): 148-153.

[6] 亓学奎, 王欣欣, 杨华. 毛细管色谱法测定白酒中的甲醇、乙酸乙酯、乳酸乙酯和正丙醇[J]. 食品科技, 2014, 39(2): 276-278.
QI XK, WANG XX, YANG H. Determination of methanol, ethyl acetate,

ethyl lactate and n-propanol in alcohol by capillary gas chromatography [J]. Food Sci Technol, 2014, 39(2): 276-278.

[7] 李艳, 高美娟. 探讨白酒中甲醇的快速检测方法[J]. 食品安全导刊, 2019, (12): 135, 137.
LI Y, GAO MJ. A rapid method for determination of methanol in liquor was discussed [J]. Chin Food Saf Magaz, 2019, (12): 135, 137.

[8] 许原. 气相色谱法测定白酒中甲醇含量条件优化[J]. 云南民族大学学报(自然科学版), 2015, (6): 468-471.
XU Y. Optimization of conditions for determination of methanol in liquor by gas chromatography [J]. J Yunnan Univ Nat (Nat Sci Ed), 2015, (6): 468-471.

[9] 国家市场监督管理总局. 国家食品安全监督实施细则(2021 年版)[EB/OL]. [2021-03-09]. http://www.shengsi.gov.cn/art/2021/3/9/art_1229324993_3652870.html. [2021-02-01].
State Administration of Market Supervision. Rules for the Implementation of the State Food Safety Supervision (2021 Edition) [EB/OL]. [2021-03-09]. http://www.shengsi.gov.cn/art/2021/3/9/art_1229324993_3652870.html. [2021-02-01].

[10] 陈发河, 吴光斌. 毛管气相色谱法测定白酒中的甲醇、乙酸乙酯和杂醇油[J]. 食品科学, 2007, 28(1): 232-234.
CHEN FH, WU GB. Determination of methanol, ethyl acetate and fusel oils in chinese spirits by capillary gas chromatography [J]. Food Sci, 2007, 28(1): 232-234.

[11] 莫国荣. 程序升温毛细管气相色谱法测定白酒中甲醇和杂醇油[J]. 中国卫生检验杂志, 2012, 22(2): 229-230.
MO GY. Determination of methylic alcohol and fusel oil in wines by gas chromatography with programmed temperature [J]. Chin J Health Technol,

- 2012, 22(2): 229–230.
- [12] 王斌, 冯锡凯, 马立明. 气相色谱内标(环己烷)法测定蒸馏酒中甲醇、杂醇油含量[J]. 中国卫生检验杂志, 2006, 16(7): 802–803.
- WANG B, FENG XK, MA LM. Determination of methanol and fusel oil in distilled liquor by gas chromatography with internal standard (cyclohexane) [J]. Chin J Health Technol, 2006, 16(7): 802–803.
- [13] 王会锋, 李瑾, 林秋萍. 气相色谱法快速检测白酒中醇和酯[J]. 食品科学, 2007, (7): 456–458.
- WANG HF, LI J, LIN QP. Fast quantitative determination of alcohol and ester in distilled spirit by gas chromatography [J]. Food Sci, 2007, (7): 456–458.
- [14] 王延云, 胡强, 李超豪, 等. 气相色谱测定白酒中乙酸乙酯含量的方法[J]. 食品研究与开发, 2013, 34(16): 91–93.
- WANG YY, HU Q, LI CH, *et al.* Determination of ethyl acetate in distilled spirit by gas chromatography [J]. Food Res Dev, 2013, 34(16): 91–93.
- [15] 吴卫宇. 毛细管气相色谱法测定白酒中多种微量成分[J]. 酿酒科技, 2011, (5): 108–109.
- WU WY. Capillary gas chromatography for the determination of trace components in Baijiu [J]. Liquor Mak Sci Technol, 2011, (5): 108–109.
- [16] 洪薇, 符传武. 气相色谱法同时测定白酒中的 8 种物质[J]. 中国酿造, 2015, 34(10): 134–137.
- HONG W, FU CW. Simultaneous determination of 8 substances in baijiu by gas chromatography [J]. China Brew, 2015, 34(10): 134–137.
- [17] 石宝清, 由田. 难分离物质最佳气相色谱分离条件的选择[J]. 分析仪器, 2003, (3): 38–39.
- SHI BQ, YOU T. Selection of the best gas chromatographic separation conditions for refractory substances [J]. Anal Instrum, 2003, (3): 38–39.
- [18] 傅若农. 近两年国内气相色谱的应用进展(III)[J]. 分析实验室, 2005, (6): 77–92.
- FU RN. Advances on gas chromatography in china in recent two years (III) [J]. Anal Lab, 2005, (6): 77–92.
- [19] 王艳红, 周伟. 色谱技术的发展及其在酒类检测中的应用[J]. 酿酒科技, 2005, (3): 80–82.
- WANG YH, ZHOU W. Development of chromatographic technique and its application in liquor detection [J]. Liquor Mak Sci Technol, 2005, (3): 80–82.
- [20] 赵树全, 黄永光, 江国托, 等. 气相色谱在低度白酒分析中的应用[J]. 酿酒科技, 2007, (8): 93–95.
- ZHAO SQ, HUANG YG, JIANG GT, *et al.* Application of gas chromatography in analysis of low-alcohol liquor [J]. Liquor Mak Sci Technol, 2007, (8): 93–95.

(责任编辑: 于梦娇)

作者简介

孟庆顺, 高级工程师, 主要研究方向为食品产品检验。

E-mail: 13094936334@163.com



陈长毅, 研究员级高级工程师, 主要研究方向为食品产品检验。

E-mail: 2040903966@qq.com