

蒸馏前处理对蒸馏酒酒精度测定的影响

刘 睿¹, 王 琳¹, 孙蔚林¹, 胡明燕¹, 谢 翔², 王 骏^{1*}

(1. 山东省食品药品检验研究院, 济南 250101; 2. 花冠集团酿酒股份有限公司, 菏泽 274900)

摘要: **目的** 探究蒸馏前处理对蒸馏酒酒精度测定的影响。**方法** 以具有代表性的几大类蒸馏酒为研究对象, 根据 GB 5009.225-2016 中规定的酒中乙醇浓度测定的前处理方法, 比较前处理前后蒸馏酒酒精度测定值的变化, 并从实验方法、固形物和高沸点物质 3 个方面分别探究对酒精度测定值影响的大小。**结果** 相对于未蒸馏酒样, 前处理后白酒、伏特加和朗姆酒酒精度测定变化值在 $-0.41\%\text{vol}$ ~ $0.26\%\text{vol}$ 之间, 威士忌和白兰地酒精度测定变化值在 $2.09\%\text{vol}$ ~ $6.96\%\text{vol}$ 之间。其中, 蒸馏前处理过程实验方法造成酒精度测定值降低, 范围在 0% ~ 0.19% 之间; 前处理后除去固形物因素影响酒精度测定值升高, 白酒、伏特加和朗姆酒升高值在 $0.03\%\text{vol}$ ~ $0.51\%\text{vol}$, 威士忌和白兰地升高值在 $2.38\%\text{vol}$ ~ $7.37\%\text{vol}$ 之间; 实验方法和高沸点物质共同造成的酒精度变化值在 $-0.97\%\text{vol}$ ~ $0.03\%\text{vol}$ 之间。**结论** 蒸馏前处理对白酒、伏特加和朗姆酒酒精度测定值准确度的提升效果不明显, 威士忌和白兰地须进行蒸馏前处理去除干扰因素的影响以保证酒精度测定值的准确性。

关键词: 蒸馏前处理; 酒精度; 实验方法; 固形物; 高沸点物质

Influence of pre-distillation treatment on the determination of alcohol content in distilled spirits

LIU Rui¹, WANG Lin¹, SUN Yu-Lin¹, HU Ming-Yan¹, XIE Xiang², WANG Jun^{1*}

(1. Shandong Institute for Food and Drug Control, Jinan 250101, China;

2. Huaguan Group Co., Ltd., Heze 274900, China)

ABSTRACT: Objective To investigate the influence of pre-distillation treatment on the determination of alcohol content in distilled spirits. **Methods** Taking representative distilled spirits as the research objects, according to the pretreatment method for determining the concentration of ethanol in spirits specified in GB 5009.225-2016, the changes in the measured value of distilled alcohol before and after the treatment were compared, and the effects of the alcohol content from 3 aspects of experimental methods, solids and high-boiling substances were explored. **Results** Compared with the undistilled sample, the alcoholicity of liquor, vodka and rum after pretreatment ranged from $-0.41\%\text{vol}$ to $0.26\%\text{vol}$, whiskey and brandy ranged from $2.09\%\text{vol}$ to $6.96\%\text{vol}$. Among these factors, the experimental methods of pre-distillation treatment resulted in a decrease of alcohol content, ranging from 0% to 0.19% ; the removal of solids after pretreatment increased liquor, vodka and rum's determination of alcohol content, ranging from $0.03\%\text{vol}$ ~ $0.51\%\text{vol}$, whisky and brandy rose between $2.38\%\text{vol}$ ~ $7.37\%\text{vol}$; the experimental methods and high-boiling substances together caused the change in alcohol value between $-0.97\%\text{vol}$ ~ $0.03\%\text{vol}$. **Conclusion** Pre-distillation treatment does not significantly improve the accuracy of the determination of alcohol content of liquor, vodka and rum alcohol, and whiskey and brandy must be pre-distilled to remove the effects of interfering factors to

*通讯作者: 王骏, 研究员, 主要研究方向为食品安全检测与标准研究。E-mail: sdzjywj@163.com

*Corresponding author: WANG Jun, Professor, Shandong Institute for Food and Drug Control, No.99, Tianluo Road, Jinan 250101, China. E-mail: sdzjywj@163.com

ensure the accuracy of the alcohol determination.

KEY WORDS: pre-distillation treatment; alcohol content; experimental methods; solids; high-boiling substances

1 引言

酒是人们日常生活中的重要饮品,按照生产工艺不同可分为蒸馏酒、发酵酒和配制酒。作为酒精性饮料,乙醇成为必须考量的技术指标。GB 5009.225-2016^[1]中规定酒样中的酒精度需经蒸馏前处理后进行测定,以去除酒精测定过程中可能存在的影响因素。

蒸馏酒是指以粮谷、薯类、水果、乳类等为主要原料,经发酵、蒸馏、勾兑而成的饮料酒^[2],主体成分为乙醇和水,同时存在复杂的酸、酯、醇、醛及一些无机盐等微量成分。乐嘉珍^[3]采用 GB 10345.3-1989 及原轻工部标准对白酒酒精度进行测定,发现经蒸馏后酒精度测定值均降低,且随着酒精度增高,降低幅度越明显。刘炯光^[4]以白酒为例,综合实验方法本身、固形物和高沸点组分,发现由于固形物的存在未经蒸馏处理酒精度测定结果较真实值偏高,方法本身误差及高沸点组分的存在使得蒸馏处理后酒精度测定结果较真实值偏低。

由于实验条件及样品量等因素的限制,关于各影响因素对白酒酒精度测定误差的影响范围尚未作出明确说明,且关于其他类别蒸馏酒的测定影响研究较少。本研究对蒸馏前处理过程对酒精度测定的影响作进一步测定,以不同香型白酒、朗姆酒等几大类蒸馏酒为样本,从实验方法本身的误差、固形物和高沸点物质 3 个方面出发,探究前处理对蒸馏酒酒精度测定的影响,以供行业内参考,为蒸馏酒酒精度测定方法的进一步优化提供理论依据。

2 材料与方法

2.1 酒 样

酒样来源为市售,样品详细信息见表 1。

2.2 试 剂

无水乙醇(色谱纯,纯度≥99.7 W/%,天津市科密欧化学试剂有限公司)。

2.3 仪器与设备

MS4002S 分析天平(瑞士梅特勒公司); FED240 电热干燥箱(德国宾得公司); STEHDB-106-1 智能一体化蒸馏仪(济南盛泰科技电子科技有限公司); 50 mL 密度瓶(郑州赛特利斯生物科技有限公司)。

2.4 方 法

2.4.1 乙醇标准溶液配制

将无水乙醇于 20 °C 水浴 30 min 后,分别准确移取 300.0、400.0、500.0、600.0、700.0 mL 于 1000 mL 容量瓶

中,加水至刻度线下方 1 cm 左右,20 °C 水浴半小时后加水定容,摇匀。

2.4.2 蒸 馏

参照 GB 5009.225-2016^[1]中第一法的操作步骤,分别取 100 mL 不同乙醇含量的标准溶液和酒样进行蒸馏,获得蒸馏乙醇标准溶液和酒样。每个梯度的乙醇标准溶液作 4 个平行,酒样作 2 个平行。

2.4.3 酒精度测定

参照 GB 5009.225-2016^[1]中第一法的操作步骤,采用分析天平分别称量密度瓶的质量、20 °C 密度瓶+水的质量和 20 °C 密度瓶+乙醇标准溶液/酒样的质量,根据公式(1)、(2)分别计算未经蒸馏和蒸馏的乙醇标准溶液和酒样的密度,查询附录 A,确定酒精度数值。

$$\rho_{20}^{20} = \rho_0 \times \frac{m_2 - m + A}{m_1 - m + A} \quad (1)$$

$$A = \rho_u \times \frac{m_1 - m}{997.0} \quad (2)$$

式中:

ρ_{20}^{20} —样品在 20 °C 时的密度, g/L; ρ_0 —20 °C 时蒸馏水的密度(998.20 g/L); m_2 —20 °C 时密度瓶和试样的质量, g; m —密度瓶的质量, g; A —空气浮力校正值; m_1 —20 °C 时密度瓶与水的质量, g; ρ_u —干燥空气在 20 °C、1013.25 hPa 时的密度(≈1.2 g/L); 997.0—在 20 °C 时蒸馏水与干燥空气密度值之差, g/L。

2.4.4 固形物测定

参照 GB/T 10345-2007^[5]标准中固形物测定的操作步骤,准确移取 50 mL 蒸馏和未经蒸馏的酒样分别处理,称量获得蒸发皿的质量和固形物+蒸发皿的质量,根据公式(3)进行计算,确定固形物含量。

$$X = \frac{m_{\text{总}} - m_0}{50.0} \times 1000 \quad (3)$$

式中:

X —样品中固形物的质量浓度, g/L; $m_{\text{总}}$ —固形物和蒸发皿的质量, g; m_0 —蒸发皿的质量, g; 50.0—吸取样品的体积, mL。

3 结果与分析

3.1 前处理后酒样酒精度测定结果

蒸馏酒中存在众多影响酒精度真实值测定的微量组分,为综合分析蒸馏过程给酒样酒精度测定带来的影响,本研究将收集到的不同类型的蒸馏酒分别进行蒸馏,蒸馏完成后分别测定未经蒸馏和蒸馏后酒样的酒精度,测定结果见表 2。

表 1 样品信息
Table 1 Sample information

序号	类别	标签明示值/%vol
1	白酒(清香型白酒)	53
2	白酒(清香型白酒)	42
3	白酒(清香型白酒)	53
4	白酒(浓香型白酒)	42
5	白酒(浓香型白酒)	52
6	白酒(浓香型白酒)	52
7	白酒(浓香型白酒)	52
8	白酒(浓酱兼香型白酒)	45
9	白酒(米香型白酒)	50
10	白酒(米香型白酒)	52
11	白酒(米香型白酒)	53
12	白酒(酱香型白酒)	53
13	白酒(酱香型白酒)	53
14	白酒(固液法白酒)	55
15	白酒(固液法白酒)	42
16	白酒(凤香型白酒)	45
17	白酒(凤香型白酒)	55
18	白酒(凤香型白酒)	52
19	白酒(药香型白酒)	54
20	朗姆酒	40
21	朗姆酒	37.5
22	朗姆酒	40
23	朗姆酒	40
24	伏特加	37.5
25	伏特加	40
26	伏特加	40
27	伏特加	40
28	伏特加	40
29	伏特加	40
30	白兰地	38
31	白兰地	38
32	白兰地	38
33	白兰地	40
34	白兰地	40
35	威士忌	40
36	威士忌	40
37	威士忌	40
38	威士忌	40

表 2 蒸馏与未蒸馏酒样酒精度测定值
Table 2 Alcohol content measurement value of distilled and undistilled spirit samples

序号	未蒸馏酒样 酒精度测定值 /%vol	蒸馏酒样 酒精度测定 值/%vol	蒸馏与未蒸馏酒样 酒精度差值 A_1 / %vol*
1	52.86	52.62	-0.24
2	42.14	41.89	-0.25
3	53.52	53.19	-0.33
4	42.62	42.40	-0.22
5	51.87	51.55	-0.32
6	52.36	52.41	0.05
7	51.75	51.51	-0.24
8	44.96	44.86	-0.10
9	49.71	49.44	-0.27
10	51.91	51.75	-0.16
11	53.42	53.50	0.08
12	53.21	53.02	-0.19
13	52.78	52.86	0.08
14	55.56	55.33	-0.23
15	41.64	41.23	-0.41
16	44.89	44.64	-0.25
17	55.21	55.07	-0.14
18	52.32	52.40	0.08
19	54.18	53.88	-0.30
20	40.00	39.80	-0.20
21	37.62	37.85	0.23
22	39.83	39.65	-0.18
23	41.51	41.40	-0.11
24	37.31	37.57	0.26
25	39.79	39.91	0.12
26	40.03	39.77	-0.26
27	39.87	39.65	-0.22
28	39.95	39.86	-0.09
29	39.69	39.53	-0.16
30	34.29	38.38	4.09
31	31.46	38.42	6.96
32	36.31	38.77	2.46
33	37.36	39.62	2.26
34	33.94	39.95	6.01
35	38.45	40.62	2.17
36	37.22	39.53	2.31
37	38.16	40.25	2.09
38	36.98	39.52	2.54

注: *蒸馏与未蒸馏酒样酒精度差值 A_1 =蒸馏酒样酒精度测定值-未蒸馏酒样酒精度测定值。

从表 2 可以看出, 相对于未蒸馏酒样测定值, 大部分酒样经蒸馏后酒精度测定值降低, 小部分测定值升高。从升高和降低的幅度分析, 白酒、伏特加和朗姆酒的酒精度变化值较小, 范围在-0.41%vol~0.26%vol 之间, 白兰地和威士忌酒精度变化值较大, 在 2.09%vol~6.96%vol 之间。参照标准 GB 5009.225-2016 及酒精度产品明示 $\pm 1.0\%$ vol 的判定标准, 白酒、伏特加和朗姆酒蒸馏前后酒精度均符合标准规定且两者差值在可接受范围内。

3.2 实验方法对酒精度影响的测定结果

采用蒸馏的方式将酒样中的乙醇蒸馏出来进行收集, 蒸馏过程中的密封性、蒸馏的速度及取样和馏出液定容时温度的差异等因素都会对测定结果造成误差^[6,7]。以无水乙醇配制的乙醇标准溶液作为样品进行蒸馏, 对实验方法误差进行分析, 测定结果见表 3。

表 3 蒸馏与未蒸馏乙醇标准溶液酒精度测定值 Table 3 Alcohol content measurement value of distilled and undistilled ethanol standard solution			
乙醇标准溶液浓度 /%vol	未经蒸馏酒精度测定值 /%vol	蒸馏后酒精度测定值 /%vol	未蒸馏与蒸馏酒精度差值 /%vol
30.0-1	29.94	29.94	0.00
30.0-2	29.94	29.86	0.08
30.0-3	29.94	29.93	0.01
30.0-4	29.94	29.77	0.17
40.0-1	39.93	39.84	0.09
40.0-2	39.93	39.87	0.06
40.0-3	39.93	39.76	0.17
40.0-4	39.93	39.78	0.15
50.0-1	49.96	49.83	0.13
50.0-2	49.96	49.92	0.04
50.0-3	49.96	49.91	0.05
50.0-4	49.96	49.88	0.08
60.0-1	59.91	59.79	0.12
60.0-2	59.91	59.84	0.07
60.0-3	59.91	59.86	0.05
60.0-4	59.91	59.76	0.15
70.0-1	69.92	69.77	0.15
70.0-2	69.92	69.82	0.10
70.0-3	69.92	69.73	0.19
70.0-4	69.92	69.82	0.10

从表 3 中可以看出, 相对于理论值, 前处理过程会在一定程度上损失部分乙醇, 损失值在 0%~0.19%vol 之间。GB 5009.225-2016 规定样品在重复性条件下获得的 2 次独立测定结果的绝对差值不得超过 0.5%vol。参照标准规定, 蒸馏后的乙醇标准溶液平行样间的测定差值及未经蒸馏与蒸馏后的测定差值均在标准中规定的误差范围内。该结果验证了实验方法本身造成的误差在可接受范围内。

3.3 固形物对酒样酒精度影响的测定结果

固形物指酒样经蒸发、烘干后残留于蒸发皿中的不挥发性物质, 这类物质一般密度大于 1, 存在于酒样将会造成比重增大, 理论上会造成酒精度测定值偏低。将收集到的不同类型的蒸馏酒分别进行固形物的测定, 记录固形物的含量, 根据酒精度计算公式计算消除固形物影响后的酒精度理论值, 以分析固形物存在造成的酒样酒精度测定误差, 结果见表 4。

表 4 固形物对酒精度影响的测定值 Table 4 Determination of the effect of solids on alcohol content					
序号	未经蒸馏固形物含量/(g/L)	未蒸馏酒精度测定值 /%vol	消除固形物理论值 /%vol	理论值与未蒸馏测定值差值 $A_2/\%$ vol [*]	$(A_1-A_2)/\%$ vol [△]
1	0.15	52.86	52.93	0.07	-0.31
2	0.37	42.14	42.34	0.20	-0.45
3	0.30	53.52	53.65	0.13	-0.46
4	0.28	42.62	42.77	0.15	-0.37
5	0.25	51.87	51.99	0.12	-0.44
6	0.29	52.36	52.49	0.13	-0.08
7	0.28	51.75	51.88	0.13	-0.37
8	0.33	44.96	45.12	0.16	-0.26
9	0.12	49.71	49.76	0.05	-0.32
10	0.38	51.91	52.09	0.18	-0.34
11	0.26	53.42	53.54	0.12	-0.04
12	0.25	53.21	53.32	0.11	-0.30
13	0.17	52.78	52.85	0.07	0.01
14	0.16	55.56	55.64	0.08	-0.31
15	0.07	41.64	41.68	0.04	-0.45
16	0.29	44.89	45.04	0.15	-0.40
17	0.61	55.21	55.48	0.27	-0.41
18	0.19	52.32	52.41	0.09	-0.01
19	0.23	54.18	54.28	0.10	-0.40
20	0.55	40.00	40.32	0.32	-0.52
21	0.31	37.62	37.82	0.20	0.03
22	0.19	39.83	39.94	0.11	-0.29

续表 4

序号	未经蒸馏 固形物含 量/(g/L)	未蒸馏 酒精度 测定值 /%vol	消除固形 物理论值 /%vol	理论值与 未蒸馏测 定值差值 A2/%vol #	(A1-A2) /%volΔ
23	0.18	41.51	41.61	0.10	-0.21
24	0.82	37.31	37.82	0.51	-0.25
25	0.41	39.79	40.03	0.24	-0.12
26	0.08	40.03	40.08	0.05	-0.31
27	0.15	39.87	39.95	0.08	-0.30
28	0.08	39.95	40.00	0.05	-0.14
29	0.07	39.69	39.72	0.03	-0.19
30	7.36	34.29	38.95	4.66	-0.57
31	11.20	31.46	38.83	7.37	-0.41
32	5.07	36.31	39.43	3.12	-0.66
33	5.00	37.36	40.36	3.00	-0.74
34	3.10	33.94	40.54	6.60	-0.59
35	4.33	38.45	41.59	3.14	-0.97
36	5.15	37.22	40.32	3.10	-0.79
37	4.01	38.16	40.54	2.38	-0.29
38	5.63	36.98	40.36	3.38	-0.84

注：[#]理论值与蒸馏测定值差值=消除固形物酒精度理论值-未蒸馏
酒样酒精度测定值；^Δ除固形物外其它因素对酒精度影响理论值。

从表 4 可以看出，除白兰地和威士忌外，其他蒸馏酒
固形物含量较低，在 0.08~0.82 g/L 之间；白兰地和威士忌
固形物含量较高，为 3.10~11.20 g/L。对于酒样中固形物的
来源，从配料表和工艺分析，白兰地和威士忌因允许添加
焦糖色等添加剂而呈现金黄色，且存在橡木桶陈酿工艺，
固形物含量较高^[8,9]。白酒、伏特加和朗姆酒外观无色透明，
分析其固形物来源可能与贮存容器、加浆用水等有关^[10]。

酒样中固形物的存在会造成酒精度测定值偏低，对于
白酒、伏特加和朗姆酒消除掉固形物影响后，酒精度提升
的范围在 0.03%vol ~0.51%vol，白兰地和威士忌中固形
物对酒精度影响很大，消除掉固形物影响后酒精度提升范
围在 2.38%vol ~7.37%vol。

除固形物外，蒸馏酒中还存在一些不能被蒸馏出来
的高沸点挥发性物质，蒸馏完成后这些物质的消除会影响
待测酒样的密度从而使酒精度测定值发生改变。查阅资料，
蒸馏酒中的主要组分包括甲醇、正丙醇、异戊醇、乙酸乙
酯、乳酸乙酯、丁酸乙酯等^[11-17]，各组分沸点及密度信息
见表 5。从表 5 可以看出，沸点高于 100 ℃的组分在蒸馏
中不被蒸出，且大部分组分相对密度小于 1，消除这部分
物质的影响可能会导致酒样酒精度降低。将酒样经蒸馏前

处理后酒精度测定的变化值中除去固形物因素带来的影响，
实验方法本身和高沸点物质共同带来的酒精度测定变化值
在-0.97%vol~0.03%vol 之间。

表 5 蒸馏酒几种主要组分物理常数
Table 5 Physical constants of several major components of
distilled spirits

名称	沸点/℃	相对密度(水=1)
正丙醇	97.1	0.800
异丁醇	108	0.802
异戊醇	132.5	0.81
乙酸乙酯	77	0.902
乳酸乙酯	154	1.02~1.04
己酸乙酯	161.9~168	0.869
丁酸乙酯	121.3	0.870~0.877

4 结 论

综合实验方法、固形物及高沸点物质对蒸馏酒酒精度
测定值进行分析。与未蒸馏酒样相比，蒸馏后白酒、朗姆
酒和伏特加测定值变化范围在-0.41%vol~0.26%vol 之间，
符合 GB 5009.225-2016 规定样品在重复性条件下获得的
2 次独立测定结果的绝对差值不得超过 0.5%vol，未蒸馏与
蒸馏后该 3 类蒸馏酒酒精度测定绝对差值在标准规定的误
差范围内，即蒸馏前处理对酒精度测定值准确度的提升效
果不明显。白兰地和威士忌因固形物等影响酒精度测定的
物质含量较多，蒸馏后酒精度测定值变化范围在
2.09%~6.96%vol 之间，故须采用蒸馏前处理的方式去除影
响物质以确保酒精度测定的准确性。

参考文献

[1] GB 5009.225-2016 食品安全国家标准酒中乙醇浓度的测定[S].
GB 5009.225-2016 National food safety standard-Determination of
ethanol concentration in wine[S].
[2] GB 2757-2012 食品安全国家标准蒸馏酒及其配制酒[S].
GB 2757-2012 National food safety standard-Distilled spirits and their
blended wine [S].
[3] 乐嘉珍. 白酒中酒精度测定的探讨[J]. 产品可靠性报告, 1992, (1): 34.
Le JZ. Discussion on the determination of alcohol content in liquor[J].
Prod ReliabRpt, 1992, (1): 34.
[4] 刘炯光. 对白酒中酒精度检测前处理的讨论[J]. 酿酒科技, 1995,
(4):29.
Liu JG. Discussion on pretreatment of alcohol degree in liquor[J].
Liquor-Making Sci Technol, 1995, (4):29.
[5] GB/T 10345-2007 白酒分析方法[S].
GB/T 10345-2007 Liquor analysis method[S].
[6] 陈荣凯. 白酒酒精度测定误差分析及处理[J]. 科技资讯, 2014, (1):222.

- Chen RK. Error analysis and treatment determination of alcohol liquor[J]. Sci Technol Info, 2014, (1):222.
- [7] 何开蓉, 程铁辕, 张莹, 等. 浓香型白酒酒精度检测能力验证研究[J]. 食品工业, 2011, (8):106–108.
- He KR, Cheng YY, Zhang Y, *et al.* Study on proficiency testing of determination of alcohol of Luzhouflavor liquor[J]. Food Ind, 2011, (8):106–108.
- [8] 谢爱华, 熊含鸿, 孙文佳. 白兰地成分检测方法的研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 9(12):2894–2900.
- Xie AH, Xiong HH, Sun WJ. Research progress on detection method of brandy components[J]. J Food SafQual, 2018, 9(12):2894–2900.
- [9] GB/T 11857-2008 威士忌[S].
- GB/T 11857-2008 Whisky[S].
- [10] 胡名志. 白酒中固形物的形成解析[J]. 酿酒科技, 2010, (7):52–53.
- Hu MZ. Analysis of the formation of solids in liquor[J]. Liquor-Making Sci Technol, 2010, (7):52–53.
- [11] 王淋靓, 艾静汶, 刘功德, 等. 朗姆酒风味物质的研究进展[J]. 中国酿造, 2014, 33(9):9–12.
- Wang LL, Ai JW, Liu GD, *et al.* Research progress of rum flavor substances[J]. China Brew, 2014, 33(9):9–12.
- [12] 陈自力, 汪琪. 白酒中主要酯醇的快速气相色谱分析[J]. 科技通报, 1990, (3):166–168.
- Chen ZL, Wang Q. Rapid analysis of main esters in liquor by gas chromatography[J]. Bull Sci Technol, 1990, (3):166–168.
- [13] 周广麒, 王克菲. 伏特加酒和白酒的检测与比较[J]. 酿酒, 2008, 35(2):45–47.
- Zhou GQ, Wang KF. The examination and compares of vodka and the white liquor[J]. LiquorMak, 2008, 35(2):45–47.
- [14] 霍权恭. 毛细管气相色谱分析白酒中醇类与酯类[J]. 食品科学, 2012, 33(18):243–245.
- Huo QG. Analysis of alcohols and esters in Chinese liquor by capillary gas chromatography[J]. Food Sci, 2012, 33(18):243–245.
- [15] 李芳芳, 袁丽, 吴卫宇. 气相色谱法定量检测白酒中酯、醇、酸等微量组分[J]. 酿酒, 2015, 42(1):104–107.
- Li FF, Yuan L, Wu WY. Quantitative determination of esters, alcohols and acid compounds in liquor by gas chromatography[J]. Liquor Mak, 2015, 42(1):104–107.
- [16] 吴国辉. 气相色谱法同时测定白酒中 10 种常见的微量成分[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, (10):2532–2536.
- Wu GH. Simultaneous determination of 10 kinds of trace components in liquor by gas chromatography[J]. J Food SafQual, 2018, (10):2532–2536.
- [17] 邓锦霞, 曾祖训. 色谱分析白酒醇、酯的误差剖析[J]. 酿酒科技, 1990, (3):30–35.
- Deng JX, Zeng ZX. Error analysis of chromatographic analysis of alcohol and ester in liquor[J]. Liquor-Making Sci Technol, 1990, (3):30–35.

(责任编辑: 苏笑芳)

作者简介



刘 睿, 工程师, 主要研究方向为食品检测、食品相关标准制定、食品加工、行业状况等。

E-mail: 112711821@qq.com



王 骏, 研究员, 主要研究方向为食品安全检测与标准研究。

E-mail: sdzjywj@163.com