

白酒中 23 组分酯类、醇类和酸类的分析

刘海侠

(浙江福立分析仪器股份有限公司, 浙江省温岭市 317500)

摘要: 样品被气化后, 经色谱柱分离, 由于被测定组分在气液两相中具有不同的分配系数, 分离后的各待测组分按先后顺序流出色谱柱, 进入氢火焰离子化检测器检测, 内标法定量分析。

关键词: 白酒; 酯类; 醇类; 酸类

1 参考标准

《白酒分析方法》(GB/T 10345-201X) (征求意见稿)

《食品安全国家标准 食品中甲醇的测定》(GB5009.266-2016)

《白酒质量标准 第 1 部分: 浓香型白酒》(GB/T1078.1-2021)

《白酒质量标准 第 9 部分: 芝麻香型白酒》(GB/T1078.9-2021)

2 试剂和材料

2.1 试剂

2.1.1 乙醇: 色谱纯。

2.1.2 乙醛、乙酸乙酯、乙缩醛、甲醇、仲丁醇、丁酸乙酯、正丙醇、异丁醇、戊酸乙酯、正丁醇、异戊醇、己酸乙酯、乳酸乙酯、正己醇、乙酸、丙酸、异丁酸、丁酸、异戊酸、戊酸、己酸、庚酸、辛酸标准物质纯度 $\geq 99\%$ 。

2.1.3 叔戊醇、乙酸正戊酯、2-乙基丁酸内标标准物质纯度 $\geq 99\%$ 。

2.1.4 乙醇溶液 (60%, 体积分数): 量取 60 mL 乙醇 (2.1.1), 用水定容至 100mL, 混匀。

2.2 仪器设备

2.2.1 福立 GC9720Plus 气相色谱仪, 氢火焰检测器 (FID)

2.2.2 DB-WAX UI/30m*0.25mm*0.25 μ m

2.2.3 福立 FL1092T 自动进样器

3 溶液配制

3.1 标准溶液配制

3.1.1 乙醛标准储备溶液: 准确称取 0.7657g 乙醛至 10 mL 容量瓶中, 用纯水定容, 混匀。

置 0°C~4°C低温冰箱密封保存。

3.1.2 乙酸乙酯、乙缩醛、甲醇、仲丁醇、丁酸乙酯、正丙醇、异丁醇、戊酸乙酯、正丁醇、异戊醇、己酸乙酯、乳酸乙酯、正己醇、乙酸、丙酸、异丁酸、丁酸、异戊酸、戊酸、己酸、庚酸、辛酸单标准储备溶液: 按下表, 分别准确称取各组分至不同的 10mL 容量瓶中, 用乙醇溶液(60%, 体积分数)定容, 混匀, 配制成单标储备溶液, 置 0°C~4°C低温冰箱密封保存。

组分名	质量[g]	浓度[g/L]
乙酸乙酯	0.9582	95.72
乙缩醛	0.8306	82.23
甲醇	0.7674	75.97
仲丁醇	0.9250	91.58
丁酸乙酯	0.8897	88.08
正丙醇	0.8434	83.50
异丁醇	0.8150	80.69
戊酸乙酯	0.8754	86.66
正丁醇	0.9215	91.23
异戊醇	0.7932	78.53
乳酸乙酯	1.0716	106.09
正己醇	0.7909	78.30
乙酸	1.0992	109.70
丙酸	1.0202	101.00
异丁酸	0.9793	96.95
丁酸	0.9840	97.42
异戊酸	0.9429	93.35
戊酸	0.9585	94.89
己酸	0.9678	95.81
庚酸	0.9390	92.96
辛酸	0.7341	72.68

3.1.3 己酸乙酯标准储备溶液: 准确称取 0.3465g 己酸乙酯标准物质至 10 mL 容量瓶中, 用乙醇溶液(60%, 体积分数)定容, 混匀。置 0°C~4°C低温冰箱密封保存。

3.1.4 乙醛、乙酸乙酯、乙缩醛、甲醇、仲丁醇、丁酸乙酯、正丙醇、异丁醇、戊酸乙酯、正丁醇、异戊醇、乳酸乙酯、正己醇混合标准中间溶液: 按下表, 精密吸取各组分单标准储备溶液至 25mL 容量瓶中, 用乙醇溶液(60%, 体积分数)定容, 混匀。置 0°C~4°C低温冰箱密封保存。

组分名	体积[mL]
乙醛	0.42
乙酸乙酯	1.64
乙缩醛	0.75
甲醇	0.80
仲丁醇	0.68
丁酸乙酯	0.70
正丙醇	1.50
异丁醇	0.75
戊酸乙酯	0.75
正丁醇	0.70
异戊醇	0.75
乳酸乙酯	1.78
正己醇	0.75

3.1.5 乙酸、丙酸、异丁酸、丁酸、异戊酸、戊酸、己酸、庚酸、辛酸混合标准中间溶液: 按下表, 精密吸取各组分单标准储备溶液至 25mL 容量瓶中, 用乙醇溶液(60%, 体积分数)定容, 混匀。置 0°C~4°C低温冰箱密封保存。

组分名	体积[mL]
乙酸	1.14
丙酸	0.33
异丁酸	0.33
丁酸	0.33
异戊酸	0.35
戊酸	0.35

己酸	0.66
庚酸	0.35
辛酸	0.45

3.1.6 叔戊醇、乙酸正戊酯、2-乙基丁酸混合内标溶液(1%，体积分数): 分别吸取叔戊醇、乙酸正戊酯、2-乙基丁酸各 1.0mL 至 100mL 容量瓶中，用乙醇溶液(60%，体积分数)定容，混匀。置 0°C-4°C低温冰箱密封保存。

3.1.7 混合标准使用溶液的配制: 分别吸取 1.60mL(3.1.4)混合标准中间溶液、1.60mL(3.1.5)混合标准中间溶液、和 0.40mL (3.1.3) 己酸乙酯标准储备溶液于 10mL 容量瓶中，用乙醇溶液 (60%，体积分数) 定容混匀，分别加入 0.20mL 叔戊醇、乙酸正戊酯、2-乙基丁酸混合内标溶液 (3.1.6)，充分摇匀。制成如下表浓度的标准使用溶液。各组分含量以下表中对应的内标物计。

序号	组分名	标曲点 3[g/L]	内标物
1	乙醛	0.2038	乙酸正戊酯
2	乙酸乙酯	1.0047	乙酸正戊酯
3	乙缩醛	0.3947	乙酸正戊酯
4	甲醇	0.3890	叔戊醇
5	仲丁醇	0.3985	叔戊醇
6	丁酸乙酯	0.3946	乙酸正戊酯
7	正丙醇	0.8016	叔戊醇
8	异丁醇	0.3873	叔戊醇
9	戊酸乙酯	0.4160	乙酸正戊酯
10	正丁醇	0.4087	叔戊醇
11	异戊醇	0.3769	叔戊醇
12	己酸乙酯	1.3721	乙酸正戊酯
13	乳酸乙酯	1.2086	乙酸正戊酯
14	正己醇	0.3758	叔戊醇
15	乙酸	0.8004	2-乙基丁酸
16	丙酸	0.2133	2-乙基丁酸

17	异丁酸	0.2048	2-乙基丁酸
18	丁酸	0.2058	2-乙基丁酸
19	异戊酸	0.2091	2-乙基丁酸
20	戊酸	0.2126	2-乙基丁酸
21	己酸	0.4047	2-乙基丁酸
22	庚酸	0.2082	2-乙基丁酸
23	辛酸	0.2093	2-乙基丁酸

3.2 样品配制

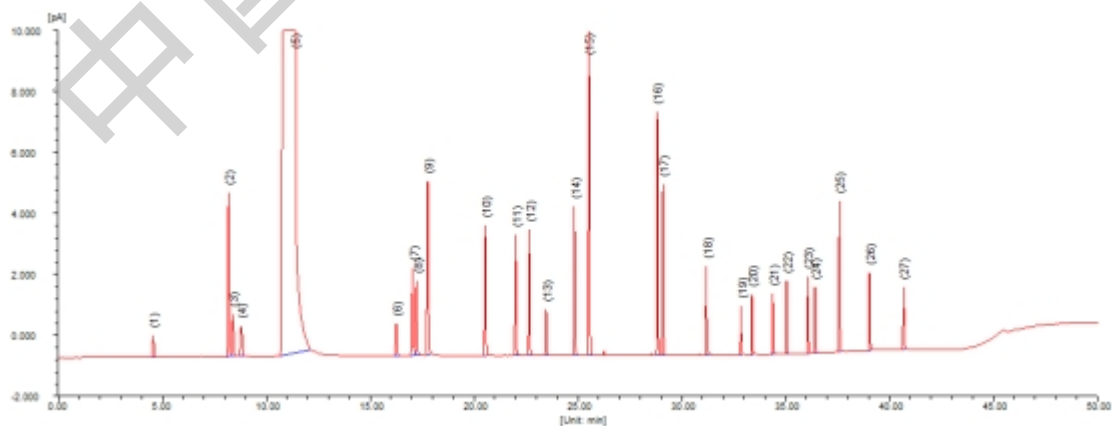
吸取白酒样品于 10mL 容量瓶，定容至刻度，加入 0.2mL 叔戊醇、乙酸正戊酯、2-乙基丁酸混合内标溶液（4.1.6），充分摇匀，待测。

4 测定

4.1 色谱条件

- (1) 进样口：250℃；
- (2) 柱温：初始 35℃，保持 10min，以 1℃/min 升到 40℃，以 6℃/min 升到 100℃，保持 1min，以 8℃/min 升到 200℃，保持 5min，以 15℃/min 升到 230℃，保持 5min；
- (3) 检测器：240℃；
- (4) 流量：0.50 mL/min
- (5) 分流比：60：1；
- (6) 进样量：0.4μL。

4.2 23 种酯类、醇类和酸类典型谱图

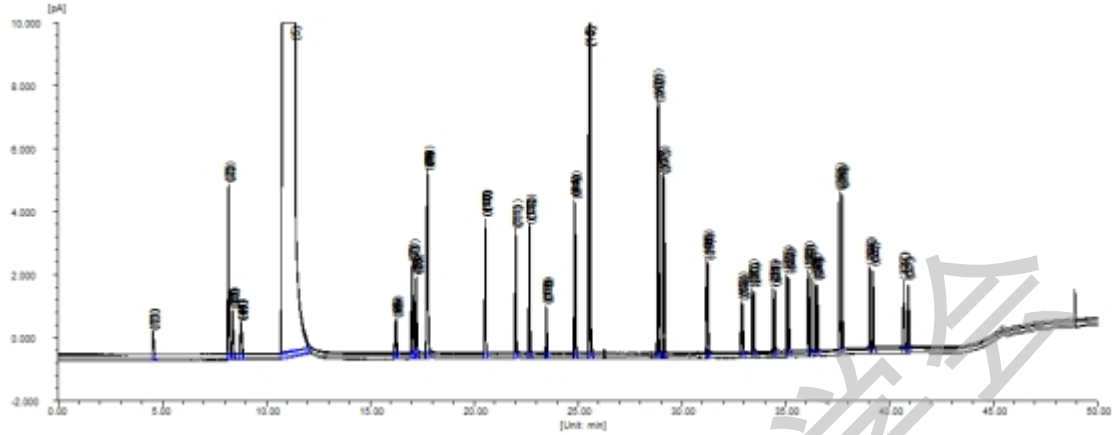


- 1.乙醛 2.乙酸乙酯 3.乙缩醛 4.甲醇 5.乙醇 6.叔戊醇（内标）7.仲丁醇 8.丁酸乙酯 9.正丙醇 10.异丁醇
- 11.戊酸乙酯 12.正丁醇 13.乙酸正戊酯（内标） 14.异戊醇 15.己酸乙酯 16.乳酸乙酯 17.正己醇 18.乙酸

19.丙酸 20.异丁酸 21.丁酸 22.异戊酸 23.戊酸 24.2-乙基丁酸(内标) 25.己酸 26.庚酸 27.辛酸

4.3 重复性实验

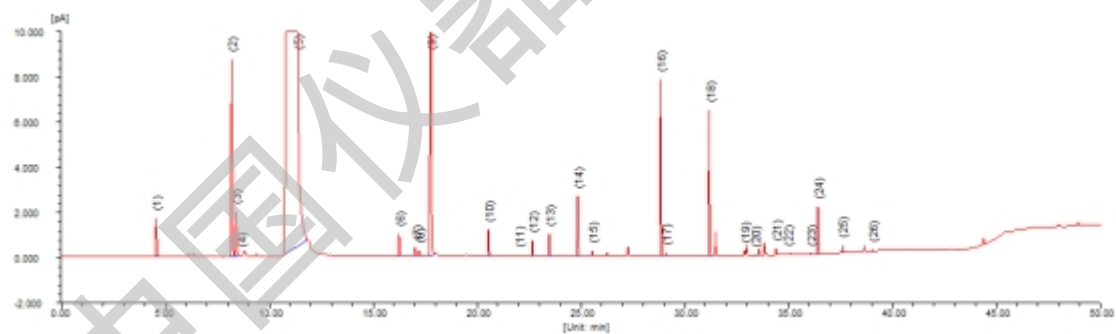
4.3.1 23 种酯类、醇类和酸类标准溶液重复性谱图及结果



序号	组分名	平均时间[min]	时间RSD%	平均面积 [fA*s]	面积RSD%	平均峰高 [fA]	峰高RSD%	平均含量[g/L]	含量RSD%	谱图数
1	乙醛	4.590	0.124	2944.1	1.7350	746.6	2.3677	0.1961	1.5535	6
2	乙酸乙酯	8.206	0.123	21705.8	0.6496	5360.7	1.0352	0.9685	0.2112	6
3	乙缩醛	8.415	0.118	6648.9	0.7703	1397.1	1.2141	0.3840	0.5530	6
4	甲醇	8.810	0.127	6662.7	0.7258	1014.0	1.5849	0.3842	0.5241	6
5	乙醇	11.395	0.107	14560290.0	0.3190	746116.1	0.7014			6
6	叔戊醇 (内标)	16.284	0.124	5838.1	0.6409	1067.0	1.2671			6
7	仲丁醇	17.069	0.091	13360.0	0.9971	2824.9	1.3007	0.3898	1.2695	6
8	丁酸乙酯	17.258	0.086	11141.3	3.3946	2388.4	1.9454	0.3767	3.2318	6
9	正丙醇	17.800	0.064	26500.8	0.5082	5769.1	1.1853	0.7800	0.2003	6
10	异丁醇	20.573	0.025	15338.6	0.3962	4288.7	0.9222	0.3784	0.3237	6
11	戊酸乙酯	22.036	0.050	13260	0.6883	3891.8	1.6493	0.3973	0.1364	6
12	正丁醇	22.696	0.064	13089.1	0.5191	4074.1	1.2345	0.3996	0.3227	6
13	乙酸正戊酯 (内标)	23.511	0.078	4797.1	0.6484	1481.4	1.4498			6

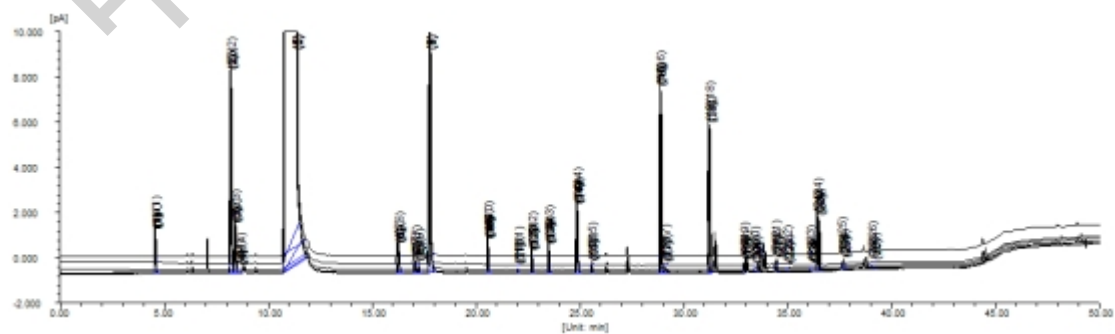
14	异戊醇	24.873	0.106	15098.1	0.3709	4850.8	0.8751	0.3679	0.2972	6
15	己酸乙酯	25.575	0.123	45197.9	0.6820	13610.5	1.3820	1.2038	0.1324	6
16	乳酸乙酯	28.869	0.137	22883.8	0.4156	7975.2	1.2428	1.1575	0.4053	6
17	正己醇	29.132	0.141	15821.1	0.3940	5629.6	0.7966	0.3661	0.3268	6
18	乙酸	31.266	0.151	9518.4	0.9938	2923.2	1.5260	0.7646	1.0882	6
19	丙酸	32.939	0.161	4539.8	0.5632	1603.9	1.2123	0.2137	0.7310	6
20	异丁酸	33.465	0.165	5407.1	0.3324	1990.8	0.9097	0.2055	0.5201	6
21	丁酸	34.471	0.175	5509.2	0.4255	2017.1	0.5442	0.2060	0.6687	6
22	异戊酸	35.137	0.181	6515.1	0.4036	2422.3	1.0681	0.2097	0.6357	6
23	戊酸	36.162	0.192	6676.4	0.3172	2528.1	0.9224	0.2124	0.5713	6
24	2-乙基丁酸(内标)	36.503	0.196	5629.4	0.5143	2148.4	1.3657			6
25	己酸	37.681	0.211	13160.7	0.6169	4988.4	1.0429	0.3835	0.6636	6
26	庚酸	39.145	0.249	7332.4	0.5756	2543.4	1.3970	0.2088	0.6962	6
27	辛酸	40.812	0.316	7550.9	0.7044	2062.7	1.4611	0.2092	0.9661	6

4.3.2 酱香型白酒样品谱图及6针重复性分析结果



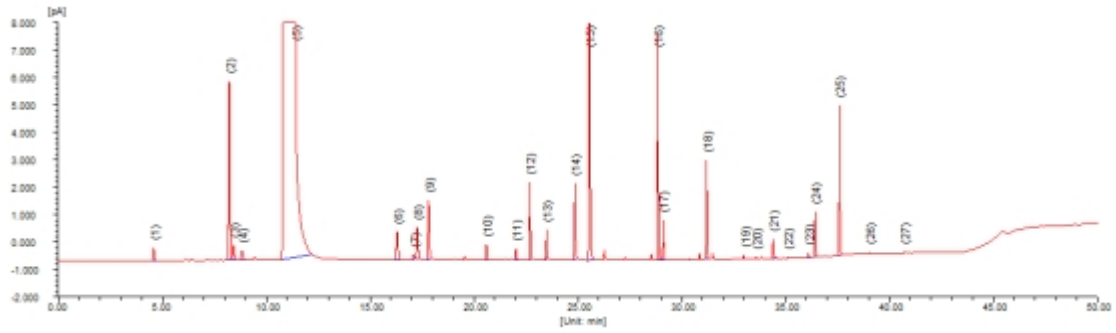
峰序	组分名	保留时间[min]	半峰宽[min]	峰高[fA]	峰面积[fA*s]	峰面积[%]	含量[g/L]
1	乙醛	4.593	0.056	1682.7	5952.7	0.0444	0.6301
2	乙酸乙酯	8.222	0.061	8707.8	34808.8	0.2596	2.4627
3	乙缩醛	8.430	0.071	1958.8	9159.3	0.0683	0.8325
4	甲醇	8.669	0.061	57.7	215.8	0.0016	0.0137
5	乙醇	11.389	0.307	712862.9	13223663.6	98.6392	
6	叔戊醇(内标)	16.288	0.085	974.0	5375.3	0.0401	

7	仲丁醇	17.072	0.076	403.3	1944.2	0.0145	0.0627
8	丁酸乙酯	17.263	0.073	223.8	1038.6	0.0077	0.0555
9	正丙醇	17.808	0.071	11119.9	52189.4	0.3893	1.7144
10	异丁醇	20.589	0.054	1175.4	4235.0	0.0316	0.1161
11	戊酸乙酯	22.029	0.051	63.2	204.2	0.0015	0.0098
12	正丁醇	22.697	0.048	684.2	2200.8	0.0164	0.0746
13	乙酸正戊酯 (内标)	23.505	0.048	966.9	3139.5	0.0234	
14	异戊醇	24.865	0.052	2670.6	10421.0	0.0777	0.2825
15	己酸乙酯	25.560	0.050	225.6	759.3	0.0057	0.0352
16	乳酸乙酯	28.853	0.042	7818.6	22432.3	0.1673	1.8136
17	正己醇	29.111	0.044	177.4	519.2	0.0039	0.0134
18	乙酸	31.224	0.046	6448.1	19796.7	0.1477	1.7640
19	丙酸	32.909	0.038	211.2	497.7	0.0037	0.0247
20	异丁酸	33.434	0.045	54.5	197.2	0.0015	0.0079
21	丁酸	34.429	0.040	296.3	802.2	0.0060	0.0316
22	异戊酸	34.955	0.038	79.9	197.0	0.0015	0.0067
23	戊酸	36.107	0.041	54.0	160.5	0.0012	0.0054
24	2-乙基丁酸 (内标)	36.439	0.038	2099.5	5354.2	0.0399	
25	己酸	37.619	0.035	303.5	656.0	0.0049	0.0212
26	庚酸	39.064	0.044	60.1	172.2	0.0013	0.0052
			总计:	761379.9	13406091.6	100.0000	9.9833



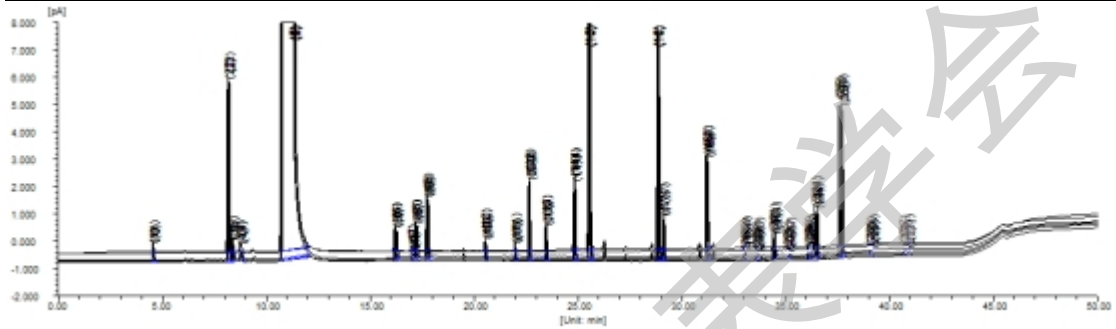
序号	组分名	平均时 间[min]	时间 RSD%	平均面积 [fA*s]	面积 RSD%	平均峰高 [fA]	峰高 RSD%	平均含 量[g/L]	含量 RSD%	谱图数
1	乙醛	4.599	0.240	5976.5	1.2313	1656.2	1.8855	0.6259	0.7946	6
2	乙酸乙酯	8.226	0.237	35107.8	0.9364	8701.3	0.5408	2.4575	0.1919	6
3	乙缩醛	8.434	0.242	9154.0	0.7057	1938.0	0.8007	0.8232	0.6751	6
4	甲醇	8.673	0.247	215.7	4.0310	57.3	2.1523	0.0135	4.6489	6
5	乙醇	11.393	0.239	13283340	0.7371	715586.5	0.3817			6
6	叔戊醇（内标）	16.306	0.177	5457.9	1.3128	989.5	2.0046			6
7	仲丁醇	17.089	0.146	1980.1	1.4850	406.4	1.1295	0.0629	1.0714	6
8	丁酸乙酯	17.278	0.142	1060.8	3.9232	230.1	2.1707	0.0561	3.9359	6
9	正丙醇	17.826	0.125	52910.9	1.2325	11132	0.9303	1.7118	0.1317	6
10	异丁醇	20.608	0.084	4331.4	1.6501	1193.2	1.4464	0.1169	0.4495	6
11	戊酸乙酯	22.051	0.084	199.9	4.9112	61.9	4.1501	0.0095	4.9553	6
12	正丁醇	22.719	0.088	2237.8	1.4772	696.2	1.7072	0.0747	0.5037	6
13	乙酸正戊酯（内标）	23.528	0.095	3173.1	0.9739	980.3	1.7858			6
14	异戊醇	24.892	0.115	10606.9	1.3486	2725.5	1.4589	0.2832	0.1958	6
15	己酸乙酯	25.591	0.131	771.5	1.6687	226.7	2.0443	0.0354	1.4927	6
16	乳酸乙酯	28.889	0.137	22735.9	1.2784	7895.2	1.2418	1.8187	0.4996	6
17	正己醇	29.148	0.141	525.6	1.4379	179.2	1.8698	0.0134	1.4039	6
18	乙酸	31.267	0.148	19526.4	1.3353	6326.4	1.3200	1.7028	1.8272	6
19	丙酸	32.957	0.154	533.9	3.9801	226.2	4.3426	0.0259	2.5725	6
20	异丁酸	33.483	0.156	217.3	5.2337	62.9	6.8653	0.0085	4.0656	6
21	丁酸	34.484	0.166	841.5	3.1603	313.5	3.3574	0.0324	1.8431	6
22	异戊酸	35.011	0.169	198.0	2.7176	80.2	1.2158	0.0066	3.0932	6
23	戊酸	36.171	0.18	171.3	7.7741	58.2	4.2345	0.0056	6.3413	6
24	2-乙基丁酸（内标）	36.503	0.183	5471.6	1.5444	2148.8	1.7551			6
25	己酸	37.693	0.197	663.5	1.9310	253.8	9.6438	0.0210	2.7126	6
26	庚酸	39.154	0.233	175.5	2.6558	61.3	1.6959	0.0051	2.3540	6

4.3.3 浓香型白酒样品谱图及 6 针重复性分析结果



峰序	组分名	保留时间[min]	半峰宽[min]	峰高[fA]	峰面积[fA*s]	峰面积[%]	含量[g/L]
1	乙醛	4.615	0.065	462.7	1891.8	0.0141	0.1672
2	乙酸乙酯	8.251	0.063	6553.8	27107.5	0.2022	1.6014
3	乙缩醛	8.460	0.073	550.2	2650.2	0.0198	0.2011
4	甲醇	8.861	0.112	360.4	2546.0	0.0190	0.1527
5	乙醇	11.418	0.305	71624.5	13211997.1	98.5308	
6	叔戊醇 (内标)	16.352	0.085	1037.1	5673.5	0.0423	
7	仲丁醇	17.127	0.072	184.3	834.5	0.0062	0.0255
8	丁酸乙酯	17.318	0.070	1154.9	5243.1	0.0391	0.2341
9	正丙醇	17.856	0.073	2167.1	10430.7	0.0778	0.3246
10	异丁醇	20.628	0.055	562.3	2074.7	0.0155	0.0539
11	戊酸乙酯	22.054	0.052	391.6	1330.5	0.0099	0.0532
12	正丁醇	22.722	0.047	2811.7	8922.0	0.0665	0.2865
13	乙酸正戊酯 (内标)	23.524	0.048	1088.6	3759.7	0.0280	
14	异戊醇	24.880	0.049	2777.6	9917.0	0.0740	0.2547
15	己酸乙酯	25.577	0.049	15683.3	52570.6	0.3921	2.0351
16	乳酸乙酯	28.860	0.043	8254.3	23823.8	0.1777	1.6084
17	正己醇	29.118	0.042	1437.6	4084.5	0.0305	0.0999
18	乙酸	31.239	0.047	3622.6	11604.8	0.0865	1.2787
19	丙酸	33.038	0.066	148.9	583.8	0.0044	0.0358
20	异丁酸	33.622	0.040	70.0	188.5	0.0014	0.0093
21	丁酸	34.438	0.040	715.0	1985.4	0.0148	0.0967

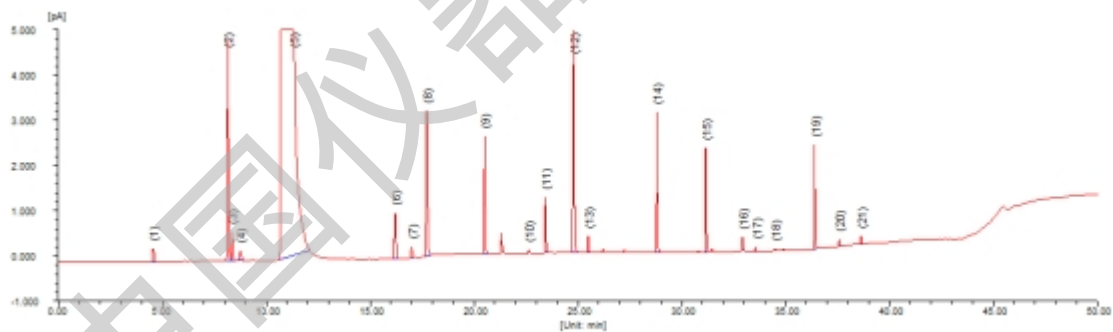
22	异戊酸	35.115	0.052	68.3	253.6	0.0019	0.0106
23	戊酸	36.118	0.041	174.8	495.2	0.0037	0.0205
24	2-乙基丁酸 (内标)	36.451	0.038	1667.4	4329.9	0.0323	
25	己酸	37.621	0.039	5498.5	14344.7	0.1070	0.5739
26	庚酸	39.087	0.043	66.3	188.9	0.0014	0.0070
27	辛酸	40.722	0.049	55.6	171.2	0.0013	0.0062
			总计:	773807.4	13409003.0	100.0000	9.1371



序号	组分名	平均时 间[min]	时间 RSD%	平均面 积[fA*s]	面积 RSD%	平均峰 高[fA]	峰高 RSD%	平均含 量[g/L]	含量 RSD%	谱图数
1	乙醛	4.588	0.355	1827.9	2.2154	414.6	8.0383	0.1782	3.0223	6
2	乙酸乙酯	8.201	0.370	26328.5	2.1124	6469.8	2.0058	1.7155	3.2651	6
3	乙缩醛	8.410	0.366	2603.7	2.6597	529.9	2.8298	0.2180	3.9618	6
4	甲醇	8.809	0.361	2431.7	2.6121	344.9	3.8069	0.1498	1.0443	6
5	乙醇	11.351	0.363	1298972	1.2364	710532.	0.8789			6
6	叔戊醇 (内标)	16.276	0.280	5525.7	1.8936	992.1	3.1671			6
7	仲丁醇	17.06	0.234	795.6	2.8046	172.4	4.1493	0.0250	2.1473	6
8	丁酸乙酯	17.248	0.240	5092.8	1.6995	1096.6	3.2632	0.2508	3.3836	6
9	正丙醇	17.795	0.202	10132	1.832	2070.9	3.4547	0.3238	0.3046	6
10	异丁醇	20.588	0.131	1979.3	2.5044	541.6	2.6123	0.0528	1.2011	6
11	戊酸乙酯	22.026	0.116	1284.6	2.6134	373.4	3.4174	0.0567	3.0855	6
12	正丁醇	22.699	0.112	8723.7	1.6177	2716.7	2.4242	0.2876	0.4295	6
13	乙酸正戊酯 (内标)	23.507	0.116	3413.4	5.1749	1040.8	2.9938			6

14	异戊醇	24.874	0.127	9703.7	1.4571	2707	2.0067	0.2559	0.4735	6
15	己酸乙酯	25.573	0.144	50555.1	2.4432	15124.2	2.9532	2.1582	2.7944	6
16	乳酸乙酯	28.874	0.154	23308.3	1.6288	8118.3	2.2516	1.7359	3.6363	6
17	正己醇	29.135	0.158	4000.6	1.3756	1393.2	1.9733	0.1005	0.6521	6
18	乙酸	31.265	0.17	11315.2	1.7542	3530.8	1.9584	1.2829	0.2916	6
19	丙酸	33.072	0.183	566.4	2.1693	143	2.7852	0.0358	0.7197	6
20	异丁酸	33.661	0.193	182.3	3.5833	68.9	2.3543	0.0093	2.6542	6
21	丁酸	34.482	0.200	1932.7	2.235	690.2	2.8667	0.0969	0.8129	6
22	异戊酸	35.162	0.207	217.0	9.2500	60.4	7.3075	0.0093	7.4991	6
23	戊酸	36.173	0.221	474.5	3.4874	166.7	3.5054	0.0202	2.1624	6
24	2-乙基丁酸(内标)	36.507	0.224	4208.0	1.8278	1602	2.9256			6
25	己酸	37.685	0.242	14090.2	1.3793	5325.8	2.4686	0.5801	0.6781	6
26	庚酸	39.170	0.288	184.2	5.1819	63.3	3.6421	0.0070	6.0736	6
27	辛酸	40.832	0.360	174.4	4.1493	52.9	4.7135	0.0065	3.8650	6

4.3.4 清香型白酒样品谱图及6针重复性分析结果



峰序	组分名	保留时间[min]	半峰宽 [min]	峰高 [fA]	峰面积 [fA*s]	峰面积 [%]	含量 [g/L]
1	乙醛	4.574	0.094	298.4	1618.2	0.0120	0.1344
2	乙酸乙酯	8.176	0.061	4907.9	19546.4	0.1445	1.0848
3	乙缩醛	8.383	0.072	647.4	3125.0	0.0231	0.2228
4	甲醇	8.782	0.110	220.1	1508.0	0.0111	0.0906

5	乙醇	11.328	0.304	720423 .3	13417104.5	99.1995	0.0000
6	叔戊醇 (内标)	16.252	0.086	1020.0	5664.7	0.0419	
7	仲丁醇	17.038	0.075	256.7	1210.5	0.0089	0.0370
8	正丙醇	17.770	0.074	3225.6	15660.1	0.1158	0.4882
9	异丁醇	20.554	0.054	2601.6	9392.6	0.0694	0.2443
10	正丁醇	22.661	0.047	69.4	207.4	0.0015	0.0067
11	乙酸正 戊酯(内 标)	23.467	0.047	1250.9	4002.2	0.0296	
12	异戊醇	24.827	0.053	4976.0	19655.5	0.1453	0.5057
13	己酸乙 酯	25.515	0.050	386.7	1299.7	0.0096	0.0473
14	乳酸乙 酯	28.815	0.043	3129.2	9069.6	0.0671	0.5752
15	乙酸	31.207	0.048	2316.1	7624.8	0.0564	0.5979
16	丙酸	32.974	0.060	317.1	1206.4	0.0089	0.0527
17	异丁酸	33.588	0.041	115.4	326.1	0.0024	0.0115
18	丁酸	34.541	0.037	58.7	143.1	0.0011	0.0050
19	2-乙基 丁酸(内 标)	36.423	0.039	2317.4	6084.2	0.0450	
20	己酸	37.614	0.042	167.9	468.4	0.0035	0.0133
21	庚酸	38.656	0.041	174.0	456.6	0.0034	0.0120
			总计:	748879 .9	13525373.8	100.000 0	4.1292

序号	组分名	平均时间 [min]	时间 RSD %	平均面积 [fA *s]	面积 RSD %	平均峰高 [fA]	峰高 RS D %	平均含量 [g/L]	含量 RSD %	谱图数
1	乙醛	4.566	0.203	1574.4	3.1245	309.628	2.9628	0.13379	2.0089	6
2	乙酸乙酯	8.159	0.187	18993.3	1.8774	4689.9	2.5227	1.0779	0.8662	6
3	乙缩醛	8.367	0.176	30267.2	1.9420	629.839	2.0396	0.2204	0.9905	6
4	甲醇	8.764	0.185	1472.0	1.5141	217.308	2.04	0.0896	1.5099	6
5	乙醇	11.303	0.191	132536	0.9950	7144.99	0.6214			6
6	叔戊醇 (内标)	16.213	0.158	5594.7	1.1431	1006.1	1.3474			6
7	仲丁醇	17.002	0.144	1205.2	1.4238	252.864	1.331	0.0373	0.7896	6
8	正丙醇	17.73	0.130	15437.1	1.2691	3221.1	1.1202	0.4872	0.4137	6

		9		7			0			
9	异丁醇	20.534	0.116	923.71	1.2052	2542.9	1.7277	0.2433	0.4011	6
10	正丁醇	22.650	0.122	221.0	4.9198	70.4	1.1263	0.0072	5.8979	6
11	乙酸正戊酯(内标)	23.461	0.127	391.35	1.4056	1206.9	2.1757			6
12	异戊醇	24.826	0.142	193.413	1.1805	4852.5	1.8797	0.5038	0.3488	6
13	己酸乙酯	25.517	0.159	128.60	1.7958	379.3	1.6240	0.0478	1.5762	6
14	乳酸乙酯	28.824	0.161	891.27	1.3513	3060.6	1.4485	0.5781	0.4991	6
15	乙酸	31.222	0.171	740.97	1.9844	2249.7	2.0011	0.5944	0.5335	6
16	丙酸	32.991	0.182	120.70	2.2249	316.3	2.9239	0.0539	1.7611	6
17	异丁酸	33.607	0.186	307.1	4.5939	111.1	2.6329	0.0119	4.1523	6
18	丁酸	34.	0.192	131	6.141	55.3	4.9	0.004	4.905	6

		56		.7	9		75	7	4	
							7			
19	2-乙基 丁酸(内 标)	36. 44 8	0.214	594 6.4	1.513 9	2258. 9	1.7 67			6
20	己酸	37. 64 3	0.228	438 .1	4.688 7	155.4	4.3 27 9	0.012 8	3.686 2	6
21	庚酸	38. 68 7	0.255	460 .3	1.910 2	173.3	1.3 94 3	0.012 4	1.871 0	6

从以上实验验证结果可以得出，该方法能够对不同白酒样品中 23 种酯类、醇类和酸类组分同时进行准确定量分析。由于白酒的生产过程通常包括发酵、蒸馏和混合，不同的原材料、微生物以及生产工艺，造成白酒的成分非常复杂，同时白酒中含有高含量的水，当测定其酯类、醇类、醛类、酸类以及其他痕量风味物质的含量时，会出现重复性差、分离度达不到要求以及峰形严重畸变的情况，进而影响各组分的准确定量。本方法参考《白酒分析方法》（GB/T 10345-201X）（征求意见稿）、《食品安全国家标准 食品中甲醇的测定》（GB5009.266-2016）《白酒质量标准 第 1 部分：浓香型白酒》（GB/T1078.1-2021）和《白酒质量标准 第 9 部分：芝麻香型白酒》（GB/T1078.9-2021）的检测方法，通过方法优化、验证很好地解决了上述问题。该方法简单、检测速度快、重现性良好、峰形尖锐、分离度好，并且能对不同白酒样品中 23 种酯类、醇类和酸类组分同时进行准确定量分析，大大提高了检测效率。