静态顶空-气相色谱法分析不同年份 黄酒中主要香气成分

严冬霞¹, 高红波²

(1.中国绍兴黄酒集团有限公司,浙江 绍兴 312000;2.中国食品发酵工业研究院,北京 100027)

摘要: 以静态顶空-气相色谱法研究了样品量、平衡温度、平衡时间、离子强度等影响因子对静态顶空-气相色谱测定黄酒中香气物质的影响,确定最佳的分析条件为:平衡温度 50 ℃,平衡时间 20 min,样品加入量 5 mL,NaCl 加入量 2 g。该方法在质量浓度范围内有良好的线性关系,且稳定性好、准确度高,采用酒样增量法对黄酒中香气成分进行定量分析。结果表明,乙酸乙酯、乳酸乙酯的含量随着陈酿时间的增加而提高,而异丁醇、异戊醇含量却与之相反。可以考虑将醇酯比特征作为黄酒酒龄和品质的判断依据之一。

关键词: 静态顶空-气相色谱法; 黄酒; 香气成分; 醇酯比

中图分类号:O657.7;TS262.4;TS261.7

文献标识码:A

文章编号:1001-9286(2011)07-0114-04

Analysis of Main Flavoring Components of Yellow Rice Wine of Different Age by Static Headspace-Gas Chromatography

YAN Dongxia¹ and GAO Hongbo²

(1.Shaoxing Yellow Rice Wine Group Co. Ltd., Shaoxing, Zhejiang 312000; 2. China National Research Institute of Food & Fermentation Industries, Beijing 100027, China)

Abstract: Static headspace-gas chromatography was applied to determine the flavoring components of yellow rice wine. And the factors influencing the determination including sample volume, balance temperature, balance time and NaCl concentration were optimized as follows: balance temperature at 50 ℃, balance time 20 min, sample volume 5 mL, and 2 g NaCl addition level. Such method had the advantages such as good linearity within range of mass concentration, good stability and high precise. Furthermore, wine sample incremental method was applied for quantitative analysis of flavoring components of yellow rice wine, and the results showed that the content of ethyl acetate and ethyl lactate increased with wine storage time, however, the content of isobutanol and isoamyl alcohol dropped. Accordingly, the ratio of alcohols and esters could be used to judge the age and the quality of yellow rice wine.

Key words: static headspace- gas chromatography; yellow rice wine; flavoring components; the ratio of alcohols and esters

黄酒是中国的国酒,其风味独特,自成风格。随着人们物质文化生活水平的日益提高,消费者对黄酒产品的要求也在不断提高和变化,黄酒的营养价值和口感,尤其是形成黄酒风味的微量成分越来越受到消费者的普遍重视^[1]。挥发性香气成分是黄酒中的重要风味物质,对判别黄酒风格和质量优劣起着重要作用,因此,分析测定黄酒中的挥发性香气成分对控制和提高黄酒的风味与质量等具有重要意义。

黄酒的香气一般不是某一种香气成分特别突出的结果,而是通常所说的复合香。复合香由酯类、醇类、酸类、羰基化合物和酚类等成分组成,其中以酯类和醇类物质为主。黄酒的香气成分与原料、麦曲、生产过程及贮存时

间等有着密切关系:一是米、麦曲本身的特有香气;二是发酵过程中多种酿酒微生物的代谢产物;三是贮存期间有机酸和醇结合的酯化反应。黄酒俗称老酒,老酒的名称其实就是“越陈越香”并给予人们愉快美好的印象和享受,而逐渐形成的称谓^[2]。

目前,国内已有多种技术用于分析黄酒中的挥发性香气成分,如液液萃取直接进样 GC-MS、顶空固相微萃取气相色谱法以及电子鼻技术等。但此类方法对设备要求较高,分析较复杂^[3]。静态顶空气相色谱法是在已达平衡的密闭容器中液体或固体的顶部空间取气态(或蒸汽)样品,并与气相色谱结合对气态(或蒸汽)样品进行分析的一种特殊的分析技术。静态顶空气态取样的主要优点是

收稿日期:2011-03-23; 修回日期 2011-04-12

作者简介:严冬霞(1978-),女,大学本科,工程师,从事分析检测工作。

避免了在直接进样测定时,复杂的样品基体成分一起被带入分析仪器系统的可能性,从而消除了由基体成分的带入而对样品中可挥发性成分的分析所造成的影响和干扰^[4-5]。由于此方法是吸取容器上部气体进行进样分析,所以能最大程度地表达黄酒酒体的主要香气特征。

本试验将静态顶空和气相色谱相结合,以叔戊醇为内标,采用正交试验研究了样品量、平衡温度、平衡时间、离子强度等影响因子对静态顶空-气相色谱测定黄酒中香气物质的影响,选择了最佳的分析条件,用酒样增量法计算校正因子对不同年份黄酒中主要香气成分进行定量分析。

1 材料与方 法

1.1 材料与试剂

主要材料:不同酿造年份的绍兴花雕酒,由浙江古越龙山绍兴酒股份有限公司提供。

主要试剂:乙醇、甲酸乙酯、乙酸乙酯、甲醇、叔戊醇、乙酸异戊酯、异丁醇、正丁醇、乙酸正戊酯、异戊醇、乙酸乙酯、乳酸乙酯等均为色谱纯,由国药集团化学试剂有限公司提供;NaCl 为分析纯,由国药集团化学试剂有限公司提供。

1.2 仪器与设备

Agilent 6890(美国安捷伦公司);氢火焰离子检测器(FID);Agilent 7694E 静态顶空自动进样器(美国安捷伦公司);毛细管色谱柱 DB-Wax 60 m×0.3mm×0.25 μm(美国 J&W 公司)。

1.3 试验方法

1.3.1 顶空进样条件

样品平衡温度 50 ℃;样品平衡时间 20 min,充气时间 0.13 min,定量环充气时间 0.13 min,定量平衡时间 0.20 min,进样时间 1 min,样品瓶压力 1.39×10⁵ Pa。

1.3.2 气相色谱分析条件

DB-WAX(聚乙二醇键合交联固定相)石英毛细管柱 60 m×0.32 mm×0.25 μm(美国 J&W 公司);柱温采用程序升温:初温 35 ℃,以 3.5 ℃/min 升到 165 ℃,保持 1 min,再以 15 ℃/min 升到 200 ℃,保持 6 min;进样口温度:250 ℃;检测器温度:230 ℃;分流比为 20:1;载气类型:N₂,流速:1.0 mL/min;氢气流量为 30 mL/min,空气流量为 300 mL/min,尾吹气流量为 20 mL/min。

1.3.3 定性定量方法

采用香气成分保留时间定性,酒样增量法定量。

2 结果与讨论

2.1 顶空进样分析条件正交优化

根据热力学和动力学原理分析可知,样品量、平衡温

度、平衡时间、离子强度是影响静态顶空-气相色谱分析的主要因素^[6]。本研究在单因素研究的基础上,分别选择样品量 3 mL、5 mL、8 mL,平衡温度 45 ℃、50 ℃、55 ℃,平衡时间 20 min、25 min、30 min,加盐量 1 g、2 g、3 g 为考察因素,进行 L₉(3⁴)正交试验,以各香气成分的峰面积之和作为参考指标,筛选最佳分析条件,结果见表 1。

表1 正交试验结果

试验号	A 顶空瓶				峰面积
	样品量 (mL)	平衡温度 (℃)	平衡时间 (min)	加盐量 (g)	
1	1(3)	1(45)	1(20)	1(1)	315.68
2	1	2(50)	2(25)	2(2)	826.77
3	1	3(55)	3(30)	3(3)	1064.22
4	2(5)	1	2	3	653.04
5	2	2	3	1	390.84
6	2	3	1	2	976.21
7	3(8)	1	3	2	648.69
8	3	2	1	3	851.75
9	3	3	2	1	445.23
均值 1	635.557	539.137	714.547	383.917	
均值 2	673.363	689.787	641.68	817.223	
均值 3	648.557	828.553	701.25	856.337	
极差	87	289.416	72.867	472.42	

由表 1 结果可知,最佳试验条件组合为:A₂B₃C₁D₂,虽然正交试验得出的最佳平衡温度为 55 ℃,但是考虑到黄酒的香气成分比较复杂,平衡温度太高,会导致部分不稳定的化合物之间发生反应,故选择平衡温度 50 ℃、平衡时间 20 min、样品加入量 5 mL、NaCl 加入量 2 g 为最佳分析条件。

2.2 定性定量分析

2.2.1 溶液的配制

黄酒是基质特别丰富的样品,采用静态顶空-气相色谱分析方法测定其组分含量时,基体效应会对测定结果有很大的影响,所以,采用乙醇和水配制的系列梯度模拟酒样不适合作定量校正。本实验以黄酒酒样作为本底,以叔戊醇作为内标物,分别在黄酒中添加相同浓度内标溶液和不同梯度浓度香气成分混标溶液,用增量法进行定量分析。

2.2.1.1 顶空混标溶液配制

顶空进样分析混标溶液配制结果见表 2。

2.2.1.2 2%(v/v)叔戊醇内标溶液配制

取 10 mL 容量瓶,加入适量 40%乙醇水溶液,再准确加入 200 μL 叔戊醇,最后用 40%乙醇水溶液定容至刻度。

2.2.2 标准曲线和线性回归方程的建立

以组分峰面积对内标物峰面积的比值为 Y,组分浓度与内标物浓度的比值为 X 作线性回归,计算各香气物

表2 顶空混标溶液配制

标准品名	取样量 (μL)	溶剂	定容体积 (mL)	含量 ($\mu\text{L/L}$)
甲酸乙酯	50	40%乙醇水溶液	10	5000
乙酸乙酯	300	40%乙醇水溶液	10	30000
甲醇	100	40%乙醇水溶液	10	10000
异丙醇	100	40%乙醇水溶液	10	10000
丙酸乙酯	100	40%乙醇水溶液	10	10000
异丁醇	100	40%乙醇水溶液	10	10000
乙酸异戊酯	200	40%乙醇水溶液	10	20000
正丁醇	50	40%乙醇水溶液	10	10000
异戊醇	200	40%乙醇水溶液	10	20000
己酸乙酯	200	40%乙醇水溶液	10	20000
正己醇	100	40%乙醇水溶液	10	10000
乳酸乙酯	200	40%乙醇水溶液	10	20000

质的回归方程和相关系数,结果见表3。

表3 部分黄酒香气成分线性范围、回归方程、相关系数

标准品名	线性范围 (mg/L)	回归方程 (y)	相关系数 R^2
甲酸乙酯	2.3~23	$y=0.0077x-0.0022$	0.9909
乙酸乙酯	13.5~135	$y=0.1217x+0.0944$	0.9930
异丁醇	4.2~42	$y=0.0061x+0.0369$	0.9901
乙酸异戊酯	8.7~87	$y=0.0596x+0.5422$	0.9619
正丁醇	4.0~40	$y=0.0024x+0.0064$	0.9972
异戊醇	8.1~81	$y=0.007x+0.0679$	0.9750
己酸乙酯	8.7~87	$y=0.0722x+0.6463$	0.9910
乳酸乙酯	10.3~103	$y=0.0028x+0.0241$	0.9906

试验结果(表3)显示,采用本方法时所测定的组分具有良好的线性,回归系数多在0.99以上,符合测定分析需要。

2.2.3 增量法校正因子实验

2.2.3.1 校正因子实验方法

本底酒样加内标:吸取5 mL黄酒酒样至20 mL顶空瓶中,再在顶空瓶中加入2 g NaCl及25 μL 2%的叔戊醇内标溶液,压紧瓶盖,待进样。

本底酒样加内标,再加不同量的混标,配制成不同梯度浓度的溶液:取7只20 mL顶空瓶,编号为1~7,在每

只顶空瓶中都加入5 mL黄酒酒样,2 g NaCl及25 μL 2%的叔戊醇内标溶液,然后在1~7号顶空瓶中分别准确加入2.5 μL 、5 μL 、7.5 μL 、10 μL 、12.5 μL 、15 μL 、25 μL 的顶空混标溶液,压紧瓶盖,待进样。

2.2.3.2 增量法校正因子的计算方法^[7]

将上述样品按照顶空气相色谱条件进行测定分析,记录各组分的峰面积。按照下式计算各梯度浓度下的各组分的f校正因子。

$$f = \frac{A_1}{A_3 - A_2} \times \frac{S_2}{S_1} \quad (1)$$

式中:f——各组分的相对校正因子;

A_1 ——未加混标酒样测定时内标物峰面积;

A_2 ——未加混标酒样中的各物质组分峰面积;

A_3 ——加混标后酒样中的各物质组分峰面积 $\times k$;

k ——未加混标酒样测定时内标的峰面积除以加混标后内标的峰面积;

S_1 ——不同梯度各物质组分的浓度;

S_2 ——内标物的浓度。

2.2.3.3 增量法校正因子f的计算结果

根据上述色谱条件,测定出各梯度混标浓度下各组分的峰面积,结果见表4。

通过公式(1)计算出各梯度混标浓度下各组分的f校正因子,结果见下表5。

2.2.3.4 方法回收率和精密度

分别取5 mL酒样,加入到2个20 mL顶空瓶中,其中一份作为本底,加入25 μL 2%叔戊醇内标溶液;另外一份再加入一定体积的顶空混标溶液,进样分析,回收率测定结果见表6。由表6可以看出,各香气物质加标回收率较好,在82%~102%之间。

按照2.2.3.3黄酒酒样分析,进行精密度测定,结果参照表5,表5中的数据是按照增量法得到校正因子进行计算得到的,结果显示,RSD大多数在10%以下,其中乙酸乙酯的精密度最好,达到4.51%。对于顶空进样系统而言,黄酒样品测定的精密度是良好的,可以基本满足

表4 各梯度混标浓度下各组分的峰面积

组分	加混标情况							
	未加	加2.5 μL	加5.0 μL	加7.5 μL	加10.0 μL	加12.5 μL	加15.0 μL	加25.0 μL
甲酸乙酯	8.6	12.3	13.6	17.4	19.5	27.6	29.1	45.8
乙酸乙酯	186.9	252.5	279.4	341.2	392.7	491.6	541.1	802.9
甲醇	ND	1.9	3.1	5.8	6.4	7.3	8.1	14.2
叔戊醇	201.3	205.0	176.3	189.5	186.4	206.7	205.0	206.2
异丁醇	108.8	117.4	106.3	123.7	126.8	144.4	145.9	173.3
乙酸异戊酯	8.1	121.3	240.4	445.8	521.1	663.6	711.3	1173.2
正丁醇	ND	2.3	4.1	5.8	8.6	11.6	12.8	20.9
异戊醇	245.7	264.6	241.8	280.2	284.5	333.2	325.3	380.6
己酸乙酯	ND	155.3	276.8	516.8	640.7	798.1	871.2	1352.7
乳酸乙酯	14.3	21.2	24.4	34.8	39.0	53.5	52.8	76.1

注:ND指未检测到。

表5 各梯度混标浓度下各组分的 f 校正因子

组分	密度	f _{梯度1}	f _{梯度2}	f _{梯度3}	f _{梯度4}	f _{梯度5}	f _{梯度6}	f _{梯度7}	f _{平均}	RSD (%)
甲酸乙酯	0.917	1.646	1.653	1.738	1.838	1.566	1.720	1.588	1.683	6.01
乙酸乙酯	0.901	0.553	0.511	0.576	0.569	0.578	0.588	0.565	0.563	4.51
甲醇	0.792	5.302	5.589	4.816	5.725	6.957	7.462	7.135	6.141	16.73
异丁醇	0.806	1.553	1.601	1.336	1.431	1.581	1.752	1.667	1.560	8.96
乙酸异戊酯	0.880	0.198	0.165	0.142	0.159	0.172	0.191	0.193	0.174	11.85
正丁醇	0.811	4.484	4.327	4.931	4.362	4.482	4.834	4.964	4.626	5.92
异戊醇	0.812	1.436	1.335	1.171	1.318	1.287	1.651	1.612	1.401	12.54
己酸乙酯	0.873	0.143	0.138	0.119	0.126	0.140	0.153	0.165	0.141	11.03
乳酸乙酯	1.031	3.951	3.798	3.408	3.703	3.406	4.115	4.293	3.811	8.85

注:内标物叔戊醇密度为 0.8059。

表6 回收率测定结果

组分名称	黄酒中含量 (mg/L)			加入量 (mg/L)	黄酒中加标后测定组分含量 (mg/L)			回收率
	重复 1	重复 2	平均		重复 1	重复 2	平均	
异丁醇	97.03	91.65	94.34	40.30	112.32	119.26	115.79	86
异戊醇	220.56	235.19	227.88	81.20	268.53	281.63	275.08	89
正丁醇	5.22	6.84	6.03	40.55	40.29	37.03	38.66	83
乙酸乙酯	72.58	80.66	76.62	135.09	213.98	217.90	215.94	102
乙酸异戊酯	0.59	0.47	0.53	88.06	89.46	71.78	80.62	91
甲酸乙酯	17.06	21.32	19.19	22.92	38.65	41.35	40.00	95
乳酸乙酯	20.97	25.75	23.36	103.10	98.33	109.07	103.70	82

分析检测的需要。

2.3 黄酒酒样的检测

2.3.1 黄酒中香气组分测定

取古越龙山不同酒龄的花雕酒,在与 f 值测定相同条件下进行检测,计算各物质组分含量。

$$X = (A_4 / A_5) \times f \times I \quad (2)$$

式中: X——酒样中各物质组分的含量, mg/L;

A₄——酒样中各物质组分的峰面积;

A₅——酒样中内标物峰面积;

f——酒样中各物质组分的校正因子;

I——酒样中添加的内标物含量, mg/L。

古越龙山不同酒龄黄酒中各物质组分的含量,由公式(2)计算得出,结果见表 7。

表7 不同酒龄黄酒中各物质组分的含量 (mg/L)

组分	一年	三年	五年	十年	廿年
	陈黄酒	陈黄酒	陈黄酒	陈黄酒	陈黄酒
甲酸乙酯	8.28	17.29	25.92	37.09	41.40
乙酸乙酯	54.16	80.34	89.81	108.98	116.17
甲醇	8.64	10.02	11.59	13.01	13.95
异丁醇	96.92	94.90	88.27	85.75	84.78
乙酸异戊酯	0.45	0.43	0.48	0.46	0.45
正丁醇	5.92	6.25	5.83	5.81	6.07
异戊醇	245.73	220.71	206.19	165.93	132.14
己酸乙酯	0.95	ND	0.87	ND	ND
乳酸乙酯	18.64	28.29	29.06	31.78	33.53

注:以上每个数据均为 5 次平均值;公式(2)中 I 即内标物叔戊醇含量为 80.59 mg/L; ND: 没有检测到。

2.3.2 黄酒中香气组分与储存年代关系的初步探讨

由表 7 可以看出,甲酸乙酯、乙酸乙酯、乳酸乙酯、异

丁醇、异戊醇等是构成黄酒芳香气体的主要成分。黄酒的香气一般不是某一种化合物的突出香气,而是由多种组分共同作用所产生的复合香气。黄酒中的芳香成分主要是在发酵过程中,由以酵母为主的多种微生物共同代谢而生成的,其中以醇酯类物质为主。黄酒中甲酸乙酯、乙酸乙酯、乳酸乙酯随着黄酒年份的增加其含量也增加明显,这是黄酒在贮存陈酿老熟过程中,有机酸与醇的酯化反应所致。由于酯化反应速度较慢,因此年份较久的黄酒中酯类物质含量较高,这些成分对陈香的贡献也较大。黄酒中异丁醇、异戊醇在黄酒贮存过程中,会发生氧化反应,产生醛类,酯化反应产生酯类等,所以,其含量随着黄酒年份的增加反而下降,特别是异戊醇含量下降明显,而异戊醇是黄酒杂醇油味道的主体,含量减少有利于这种味道的减弱^[8]。

高级醇和总酯的比值称为醇酯比,由于醇酯比在白酒中是对其风味特点进行评价的重要依据,而且高级醇和酯类又是黄酒风味物质中最重要的组成部分,因此,在本实验中也引用醇酯比作为黄酒风味评价的一项依据。由于黄酒中各种风味物质的协同作用,在品尝时其本身的醇味并不十分明显,所以,对白酒的醇酯比风味特征进行适当的调整后,列出了黄酒的醇酯比风味特征,见表 8^[9-10]。

表8 黄酒醇酯比风味特征

醇酯比 (高级醇:总酯)	风味特征
小于 2:1	酯香味突出 (浓郁)
2~3.5:1	风味适中
大于 3.5:1	醇味突出

(下转第 120 页)

2.7 《本草纲目》

李时珍撰的该书卷二五《酒》明确提出了谷物蒸馏酒(白酒)起源于元代说:“烧酒:烧酒非古法也。自元时始创其法,用浓酒和糟入甑,蒸令气上,用器承取滴露。凡酸坏之酒,皆可蒸烧”。记载的是元代的制蒸馏酒方法,即采用浓酒拌糟入甑的液态法。孟乃昌^[21]、邢润川^[4]认为,李时珍的元代说来源于他对《饮膳正要》、《辘赖机酒赋》的误解或理解。按:此说非。李时珍的元代说,首先是因为元以前“本草”均不载蒸馏酒,其次主要来自于李杲、许有壬与叶子奇。不同的是,叶更强调我国蒸馏制白酒的技术受外来技术的影响,而李强调的传统白酒业的起源和发展,是在酿造黄酒业基础上发展起来的。

从文献考辨中可见得出结论是:白酒起源于元代之说可信。我国蒸馏制白酒的技术既受外来技术的影响,也受传统的蒸馏取药、取花露、取汞炼丹的技术影响,在酿造黄酒业基础上发展起来的。

参考文献:

- [1] [日]筱田统.中国食经丛书·宋元酒造史[M].东京都:八坂书房,1978.
- [2] 李华瑞.中国烧酒起始探微[J].历史研究,1993(5):43-44.
- [3] 周恒刚,付金泉.古今酿酒技术[M].北京:中国计量出版社,2000.
- [4] 邢润川.论蒸馏酒源出唐代——关于我国蒸馏酒起源年代的再探讨[J].酿酒科技,1982(2):3.

- [5] 曹元宇.烧酒史料的搜集和分析[M]//赵匡华.中国古代化学史研究.北京:北京大学出版社,1985:553-554.
- [6] 刘广定.再探我国蒸馏酒的时期[C]//第二届科学史研讨会汇刊.台北:1989.
- [7] [日]花井四郎.黄酒[M].东京都:东方社,1992:182.
- [8] 周嘉华.中国蒸馏酒源起的史料辨析[J].自然科学史研究,1995(3):232.
- [9] 李华瑞.宋代酒的生产 and 征榷[M].保定市:河北大学出版社,1995:51-53.
- [10] 吴德铎.辉煌的世界酒文化[M].成都:成都出版社,1993.
- [11] 吴德铎.烧酒问题初探[J].史林,1988(1):141.
- [12] 龙晦.蜀酒与烧酒[J].中华文化论坛,2001(2):127.
- [13] 方心芳,程光胜.数典话酿酒[N].光明日报,1978-09-01.
- [14] 贾元宇.中国化学史[M].南京:江苏科技出版社,1979.
- [15] 包启安.白酒的起源及蒸馏酒的演进[J].中国白酒协会会刊,1992(5):56.
- [16] 叶闰桐.金华酒、烧酒及其他——谈《金瓶梅》中的“金华酒”及我国烧酒的起源和流行[J].贵州文史丛刊,1992(4):74.
- [17] [日]筱田统.中国食经丛书·宋元酒造史[M].东京都:八坂书房,1978.
- [18] 赵永康.泸州老窖大曲源流[J].中国农史,1997(4):52-55.
- [19] 赵建华.宋书玉.蒸馏酒的起源[J].酿酒科技,2007(11):74.
- [20] 洪光住.酿造白酒科技史中国酿酒科技发展史[M].北京:中国轻工业出版社,2001.
- [21] 孟乃昌.中国蒸馏酒年代考[M].科技史料第6卷.1985(6):34.

(上接第117页)

由表7和表8可看出,十年陈和廿年陈黄酒醇酯比小于2:1,表现出来就是酯香味突出,体现出传统陈年黄酒浓郁的香气;三年陈和五年陈黄酒醇酯比为2~3.5:1,体现出风味适中;而一年陈黄酒的醇酯比大于3:5:1,相对来说醇味就较突出了。

3 结论

3.1 利用静态顶空-气相色谱法,通过正交试验成功优化最佳的检测条件,用增量法计算校正因子对不同年份黄酒中主要香气成分进行了定量分析。该方法重复性良好、成本低,适合企业对黄酒中主要香气成分进行质量控制。

3.2 乙酸乙酯、乳酸乙酯等酯类主要是由黄酒中的有机酸和醇类物质经缓慢酯化作用形成的,其随着年份的增长而增加,因此也就更能反映出黄酒的陈香。

3.3 异丁醇、异戊醇由于氧化反应、酯化反应等,其含量随着黄酒贮存年份的增加而减少,醇味也就相应减少了。

3.4 可以考虑将醇酯比特征作为黄酒酒龄和品质的判断依据之一。

参考文献:

- [1] 王立媛,曹建明.黄酒中挥发性风味物质检测方法的进展[J].中国卫生检验杂志,2006(3):380-381.
- [2] 李家寿.黄酒色、香、味成分来源分析[J].酿酒科技,2001(3):48-50.
- [3] 胡健,池国红,等.利用风味物质鉴别黄酒产地[J].酿酒科技,2009(6):17-19.
- [4] 王永华.顶空气相色谱分析原理与技术[J].中国环境监测,2006(2):7-12.
- [5] 王昊阳,郭寅龙,等.顶空气相色谱法进展[J].分析测试技术与仪器,2003(3):129-135.
- [6] 刘虎威.气相色谱方法及应用[M].北京:化学工业出版社,2001.
- [7] 郑校先,陈丽花,等.气相色谱法分析黄酒中p-苯乙醇、醛类及酯类的研究[J].中国酿造,2009(12):121-123.
- [8] 汪建国.黄酒中色、香、味、体的构成和来源浅析[J].中国酿造,2004(4):6-10.
- [9] 钱松,薛惠茹.白酒风味化学[M].北京:中国轻工业出版社,1997.
- [10] 郭翔,胡普信,等.黄酒挥发性风味物质的研究[J].酿酒科技,2004(5):79-81.