

银朗姆酒不同蒸馏段香气物质的鉴定

杨华峰^{1,2}, 王松磊¹, 于淑娟¹, 曾新安¹

(1. 华南理工大学轻工与食品学院, 广东省天然产物绿色加工与产品安全重点实验室, 广东广州 510640)

(2. 云南太阳魂酒业有限公司, 云南昆明 650023)

摘要: 为探索银朗姆酒蒸馏过程中香气成分变化, 优化蒸馏工艺, 本文采用夏朗德釜式蒸馏对发酵完成的浊汁进行处理, 获得不同蒸馏段的馏分, 经溶剂微萃取法提取不同蒸馏段馏分的香气成分, 利用气相色谱-质谱联用方法 (GC-MS) 并结合计算机检索技术对分离化合物进行鉴定。结果显示, 不同蒸馏段银朗姆酒共鉴别出 56 种香气物质, 其中酯类 23 种、醇类 11 种、羰基化合物 5 种、烷烃类 5 种、脂肪酸 3 种, 还有少量的缩醛、醚、酚和杂环类化合物。在蒸馏过程中, 不同蒸馏段朗姆酒的香气物质种类和含量不断发生变化。其中, 酯类物质的相对含量先增加后减少, 醇类物质除第五段有所上升外其余均呈递减趋势, 醛酮类物质的比例则逐渐增加。本研究结果为优化朗姆酒酿造和蒸馏工艺, 改善产品品质提供了科学依据和技术基础。

关键词: 银朗姆酒; 香气成分; 蒸馏; 馏分; 气质联用 (GC-MS)

文章编号: 1673-9078(2013)9-2252-2257

Identification and Analysis of Aroma Components in Silver Rum during Different Stages of Distillation

YANG Hua-feng^{1,2}, WANG Song-lei¹, YU Shu-juan¹, ZENG Xin-an¹

(1. College of Light Industry and Food Science, South China University of Science and Technology, Guangdong Province Key Laboratory for Green Processing of Natural Products and Product Safety, Guangzhou 510640, China)

(2. Yunnan Sunspirit Winery Co., LTD, Kunming 650023, China)

Abstract: In order to optimize the distillation process, the aroma components changes during silver rum distillation was investigated. After fermentation, sugarcane juice was distilled in charentes potstill to obtain six fractions. The aroma components of each fraction were extracted by solvent micro-extraction and analyzed by gas chromatography - mass spectrometry (GC-MS) combined with NIST database. About fifty six kinds of compounds were isolated and identified from different distillation fractions in silver rum, including 23 esters, 11 alcohols, 5 carbonyl compounds, 5 alkanes, 3 acids, a small amount of acetals, ethers, phenols, and heterocyclic compounds. The aroma components in different distillation fractions were distinctly different during the distillation processing. The content of esters firstly increased and then decreased. The content of total alcohols showed a decreasing trend, but increased in the fifth distillation stage. Besides, the contents of carbonyl compounds increased gradually. These results provided a scientific basis to optimize the distillation process for manufacture of high-quality rum.

Key words: silver rum; aroma components; distillation; fraction; gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS)

朗姆酒是用甘蔗汁或者甘蔗糖蜜为原料, 经过发酵、蒸馏、陈酿、调配、过滤而成的一种国际知名烈性酒。它与白兰地、威士忌、伏特加一起被称为世界四大蒸馏酒^[1]。朗姆酒主要分为银朗姆酒、金朗姆酒和黑朗姆酒三大类: 银朗姆酒又称白朗姆酒, 是指蒸

收稿日期: 2013-06-03

基金项目: 国家自然科学基金项目 (2107608), 广东省科技攻关项目 (2012A020200002), 广东省科技计划项目 (2011B050400035), 广东省教育部产学研结合项目 (2011B090400361)

作者简介: 杨华峰 (1987-), 男, 博士, 高级工程师, 主要从事葡萄酒酿造
通讯作者: 于淑娟 (1955-), 女, 教授, 博士生导师, 主要从事制糖工程研究

馏后未经橡木桶陈酿, 酒体轻淡, 充分保留甘蔗本身特点的朗姆酒; 金朗姆酒又称琥珀朗姆酒, 是指在橡木桶陈酿一定时间, 拥有了橡木桶赋予的浅琥珀颜色及更浓郁香气的朗姆酒; 黑朗姆酒因其较深的酒色而得名, 在橡木桶内陈酿的时间比金朗姆酒更长, 具有更浓郁和强烈的橡木气息, 口感也更加丰满。近年来, 随着世界贸易的频繁和国际交流的日益密切, 朗姆酒越来越受人们所青睐。特别是银朗姆酒, 由于其香气醇和纯净, 适宜调配鸡尾酒, 使得它在烈酒中独具优势, 在世界酒类消费市场中占据着越来越大的份额^[2]。

香气是酒精饮料最重要的感官特性^[3], 且不同的原料和工艺条件生产出的朗姆酒香气差异很大^[4]。优

雅的香气(如长链脂肪酸乙酯)能给人带来感官上的愉悦,从而使产品获得更高的认可。而不和谐的香气则刚好相反,它们往往与有害物质(如糠醛)相关,常给人带来刺鼻的味道,严重影响产品的质量与品质。另外,有些物质(如杂醇油、苯甲醛、乳酸乙酯)含量低的时候对朗姆酒的香气有积极的贡献,但含量高时却会严重影响产品的风味,并带来安全性副作用^[5]。

朗姆酒中的主要香气物质为酯类、高级醇、脂肪酸、羰基化合物、酚类以及一些杂环化合物^[3,6],它们的形成由原料、发酵条件、蒸馏工艺和陈酿条件等因素决定^[7]。在这些因素中,蒸馏是朗姆酒生产过程中重要环节之一。在朗姆酒的蒸馏过程中,发酵阶段产生的香气物质在加热条件下,经蒸馏容器器壁的金属催化,发生一系列反应,从而使香气物质不断变化^[5,8]。所以,研究朗姆酒中的香气成分,尤其是银朗姆酒不同蒸馏段的馏分的香气物质与特点,建立起香气物质与生产工艺之间的内在关系,通过优化生产工艺改善朗姆酒的品质就显得尤为重要。

目前,国内对朗姆酒成分的相关研究还比较少。国外对朗姆酒蒸馏工艺的研究也多停留在蒸馏装置的对比及不同发酵底物产品的对比上,对银朗姆酒不同蒸馏段香气物质的研究尚未见报道。基于银朗姆酒是所有朗姆酒种中最为基础的品种,其他品种的朗姆酒均可通过银朗姆酒在橡木桶陈酿而获得,本文通过对银朗姆酒不同蒸馏段香气物质的研究,探究其蒸馏过程中香气物质的变化规律,从而为优化酿造和蒸馏工艺提供了科学依据。

1 材料与方 法

1.1 材料与试剂

新鲜甘蔗:广州甘蔗糖业研究所试验田,品种为台糖 No.22; MAURIVIN R2 酵母菌:澳大利亚茂瑞酵母有限公司。

酒石酸:天津市科密欧化学试剂有限公司;二氯甲烷:国药集团化学试剂有限公司。所有试剂均为分析纯。

1.2 仪器与设备

pH 计, FE20 型, 瑞士梅特勒托利多仪器有限公司; 阿贝折光仪, WYA-2W 型, 上海精科仪器有限公司; 恒温培养箱, LRH-250 型, 上海一恒科学仪器有限公司; 离心机, TDL-50B 型, 上海安亭科学仪器厂; 蒸馏甑, JY058 夏朗德蒸馏釜, 容积 30 L, 烟台裕昌机械有限公司; 旋转蒸发仪, RE-2000 型, 上海亚荣

生化仪器厂; 气相色谱-质谱联用仪, GC6890-MSD5975 型, 美国 Agilent 公司; 色谱柱, HP-5MS (30 m×0.25 mm×0.25 μm), 美国 Agilent 公司。

1.3 方法

1.3.1 酒样制备

新鲜甘蔗经压榨过滤后得甘蔗清汁 120 L, 加酒石酸调节 pH 至 5, 然后加入 MAURIVIN R2 酵母菌在 26 °C 下的恒温培养箱内发酵至残糖低于 4 g/L。发酵完后, 发酵汁在 4000 r/min 的转速下离心 10 min, 收集上清液, 即得准备蒸馏的酒样 110 L。

1.3.2 馏分制取

馏分的制取采用夏朗德二次蒸馏法^[7]。将发酵好的甘蔗酒经第一次蒸馏得粗馏酒, 混合均匀后再进行第二次蒸馏并分段截取馏分。即: 将粗馏酒 25 L 倒入蒸馏甑中, 小火蒸馏, 去除 100 mL 酒头后, 每间隔 2000 mL 收集一段样品, 共收集得到六段蒸馏酒样, 分别依次编号, 密封保存。重复两次, 相同段次的酒样分别收集后合并。

1.3.3 样品制备

准确量取 100 mL 第一段酒样, 倒入梨形分液漏斗中, 加入 100 mL 的二氯甲烷, 摇匀后静置 2 min, 将下层液体排出。重复上述操作, 依次加入 60 mL 二氯甲烷溶液萃取两次, 得萃取液。将萃取液固定在真空旋转蒸发仪上, 转速设定为 300 r/min, 温度设定为 36 °C, 缓慢旋蒸至样品至 5 mL, 收集样品, 经 0.22 μm 微孔滤膜过滤后, 置于气质小瓶内。其它酒样依此方法操作收集样品。

1.3.4 GC-MS 分析酒样中香气成分

色谱条件: 载气为氦气 (He), 流速设定为 1.0 mL/min, 无分流模式, 隔垫吹扫气体量为 20 mL/min, 进样口温度为 250 °C。

质谱条件: EI 源电离, 电离能量 70 eV, 离子源温度 230 °C, 四级杆温度 150 °C, 扫描范围为 33.0~500.0 amu。

其中, HP-5MS 升温程序为 45 °C 保留 1.5 min, 按照 5 °C/min, 升至 195 °C, 保留 3 min, 然后以 10 °C/min, 升至 220 °C, 保留 5 min, 全程 42 min。溶剂延迟 3 min。

2 结果与讨论

图 1 是不同蒸馏段银朗姆酒香气物质的 GC-MS 总离子流图 (TIC)。通过 GC-MS 软件自带的化学工作站进行积分, 并运用美国国家标准与技术研究院开发的 NIST 谱库进行检索, 得到不同蒸馏段银朗姆酒

的挥发性成分及其百分含量如表1。

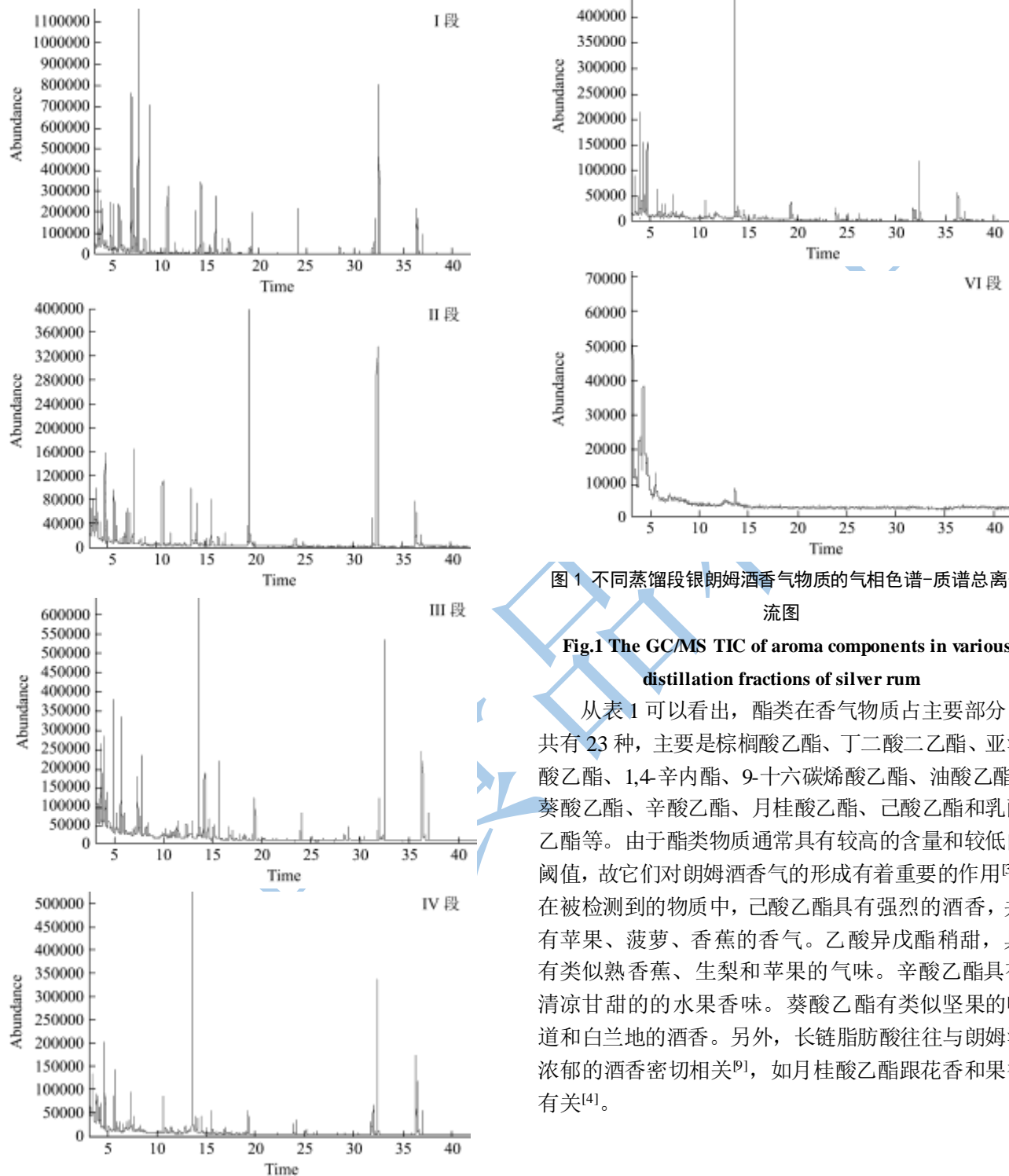


图1 不同蒸馏段银朗姆酒香气物质的气相色谱-质谱总离子流图

Fig.1 The GC/MS TIC of aroma components in various distillation fractions of silver rum

从表1可以看出，酯类在香气物质占主要部分，共有23种，主要是棕榈酸乙酯、丁二酸二乙酯、亚油酸乙酯、1,4-辛内酯、9-十六碳烯酸乙酯、油酸乙酯、葵酸乙酯、辛酸乙酯、月桂酸乙酯、己酸乙酯和乳酸乙酯等。由于酯类物质通常具有较高的含量和较低的阈值，故它们对朗姆酒香气的形成有着重要的作用^[1]。在被检测到的物质中，己酸乙酯具有强烈的酒香，并有苹果、菠萝、香蕉的香气。乙酸异戊酯稍甜，具有类似熟香蕉、生梨和苹果的气味。辛酸乙酯具有清凉甘甜的的水果香味。葵酸乙酯有类似坚果的味道和白兰地的酒香。另外，长链脂肪酸往往与朗姆酒浓郁的酒香密切相关^[1]，如月桂酸乙酯跟花香和果香有关^[4]。

表1 银朗姆酒不同蒸馏段馏分的香气物质

Table 1 Aroma components in different distillation fractions of silver rum

R.T. ^a /min	中文名称	蒸馏各段香气物质百分含量/%					
		I	II	III	IV	V	VI
3.731	亚硝酸仲丁酯	ND ^b	ND	ND	1.78	1.62	ND
3.946	L-乳酸乙酯	0.75	2.16	3.00	ND	ND	33.36
4.612	(S)-3-羟基-γ-丁内酯	ND	ND	0.20	ND	ND	ND

转下页

接上页

4.768	1,4-辛内酯	3.05	5.58	5.05	4.05	4.96	ND
5.219	乙酸异戊酯	0.14	ND	0.12	0.20	0.24	ND
5.981	甲酸异戊酯	1.61	0.98	0.76	0.57	0.41	ND
8.387	己酸乙酯	0.52	ND	0.46	0.42	0.77	ND
10.895	甲基酮环己酯	ND	ND	0.44	ND	ND	ND
11.416	γ -庚内酯	ND	0.69	0.39	ND	ND	ND
13.59	丁二酸二乙酯	1.78	4.38	11.01	17.43	21.96	4.08
14.015	辛酸乙酯	0.90	0.86	1.14	1.23	1.33	ND
14.525	己酸丙酯	ND	ND	0.97	1.30	0.91	ND
19.116	9-癸烯酸乙酯	0.29	ND	0.34	ND	ND	ND
19.315	癸酸乙酯	1.75	1.23	1.71	1.64	1.87	ND
24.11	月桂酸乙酯	2.01	0.73	1.21	1.05	0.58	ND
28.455	十四酸乙酯	0.30	ND	0.33	ND	ND	ND
30.474	十五酸乙酯	0.19	ND	0.20	0.32	ND	ND
31.795	邻苯二甲酸二丁酯	0.31	ND	0.58	1.58	1.47	ND
32.009	9-十六碳烯酸乙酯	1.61	2.22	2.06	2.47	1.09	ND
32.482	棕榈酸乙酯	8.56	14.01	10.34	12.36	5.57	ND
36.375	亚油酸乙酯	1.97	2.86	3.96	5.24	2.42	ND
36.493	油酸乙酯	1.66	2.22	3.01	4.04	1.97	ND
36.971	硬脂酸乙酯	0.88	0.98	1.15	1.72	0.56	ND
	酯类总量	28.28	38.89	48.43	57.41	47.73	37.44
3.457	2,3-丁二醇	4.20	1.82	0.53	2.99	3.01	ND
3.506	仲戊醇	ND	2.05	2.84	ND	ND	ND
3.849	异丙醇	ND	ND	ND	ND	6.25	ND
4.247	2-己醇	ND	ND	1.06	ND	ND	ND
5.117	1,3,5-环己烷三醇	2.56	1.39	1.15	ND	ND	ND
5.799	3-乙基-2-戊醇	0.34	ND	0.47	0.34	ND	ND
6.523	2,2-二乙氧基乙醇	0.24	0.39	ND	0.42	1.23	ND
6.964	3-(1-乙氧基乙氧基)-2-甲基-1-丁醇	6.52	2.01	0.70	1.27	0.40	ND
8.768	3-甲基-2-(1-乙氧基乙氧基)-1,4-丁二醇	5.20	0.66	ND	0.22	ND	ND
12.576	β -苯乙醇	ND	ND	0.06	0.30	3.51	ND
17.017	2-甲基-1,3-丁二醇	1.02	ND	0.66	ND	ND	ND
	醇类总量	20.09	8.32	7.47	5.55	14.40	0.00
4.311	糠醛	ND	0.78	1.23	2.31	7.99	48.02
5.568	环己酮	0.56	ND	1.23	1.95	ND	5.26
7.265	苯甲醛	1.90	2.26	3.24	4.04	3.11	ND
12.828	3-己烯-2-酮	ND	ND	0.63	ND	ND	ND
15.61	6-甲基-2-乙酰苯酮	2.24	2.56	3.11	1.43	0.36	ND
	醛酮类总量	4.71	5.61	9.43	9.72	11.45	53.28
4.048	1-(1-乙氧基)-丙烷	2.84	2.51	ND	0.72	ND	ND
5.697	(1-甲基乙氧基)-丁烷	1.50	2.74	3.60	3.23	1.98	ND

转下页

接上页

7.152	1,1-二乙氧基-2-甲基丁烷	2.65	1.91	1.43	0.79	0.60	ND
7.667	1-(1-乙氧基乙氧基)戊烷	11.49	5.72	3.64	1.16	0.39	ND
10.658	1,1,3-三乙氧基丙烷	2.46	3.48	ND	2.41	1.56	ND
3.801	乙酰丙酸	0.33	1.02	1.66	ND	ND	ND
6.228	3-乙氧基丙酸	0.23	ND	ND	ND	0.84	ND
8.129	双乙酰酒石酸	ND	ND	0.72	0.44	ND	ND
3.898	丙醛二乙基乙缩醛	3.07	3.05	2.25	3.95	ND	ND
4.827	丁醛二乙缩醛	ND	ND	0.67	ND	ND	ND
3.205	乙烯基乙二醇醚	ND	ND	ND	ND	ND	9.27
4.177	乙二醇单乙基醚	ND	ND	ND	1.05	0.71	ND
6.857	N,N',N"-次甲基三甲酰胺	9.65	0.52	0.44	ND	ND	ND
14.17	3,4,5-三甲氧基苯酚	2.76	2.34	2.44	ND	ND	ND
15.083	2-苯基-1,3-二氢咪唑	ND	ND	0.83	ND	ND	ND
19.433	2,3-二甲基喹啉	ND	18.44	ND	ND	1.11	ND
4.467	氯苯	ND	ND	ND	ND	1.73	ND
	其它总量	36.97	41.73	17.66	13.75	8.92	9.27

注：^a为保留时间；^b表示没有检测到。

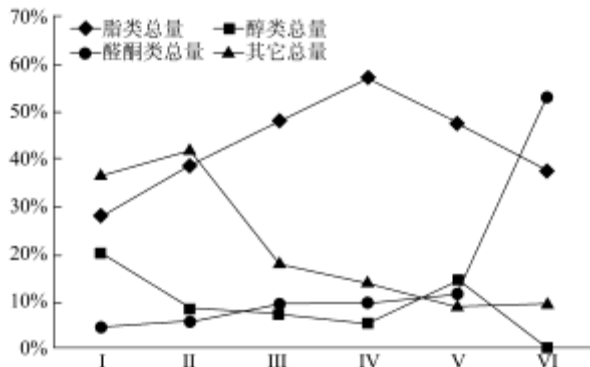


图2 不同种类香气物质在蒸馏过程中含量的变化

Fig.2 Content changes of different kinds of aroma components during distillation

在银朗姆酒蒸馏过程中，馏分中酯类物质的相对含量在不断变化。由图2可知，随着蒸馏进行，馏分中的酯类总量先增加后减少，在第IV段达到最大。主要原因可能是：一方面，在蒸馏过程中，随着温度逐渐增加，蔗汁发酵酒中醇和酸发生了酯化反应（本实验条件下母液已经沸腾约2h），使得酯类的总量有所增加^[5,8,10]；另一方面，物质的挥发往往与其沸点和溶解性有关^[11]。由于被检测的酯类物质长链脂肪酸乙酯含量较多，沸点均比较高，所以随着蒸馏进行，温度升高，馏分中酯类物质的含量逐渐增加。同时酯类物质的挥发又受到溶解性的影响，在蒸馏过程中，相比水来说，酯类物质更易溶于乙醇，随乙醇挥发。而在蒸馏后段，乙醇的浓度逐渐降低，所以酯类物质的含量逐渐减少。另外，在本研究中，发现有较多的长链脂肪酸乙酯检测出，这可能与蒸馏过程中酵母菌

的存在有关^[12]。

高级醇也是朗姆酒中的重要香气物质。它们往往有强烈刺鼻的味道，但含量低于300mg/L时，它们对朗姆酒的香气有积极贡献^[4]。当高级醇的含量过高时，对人体有毒害作用，它们对人体的麻醉作用比乙醇强，能使神经系统充血，使人感到头痛。另外，高级醇的存在对酒的风味也有影响，它们是蒸馏酒苦味和涩味的主要来源^[13]。由表1可知，朗姆酒中的高级醇包括2,3-丁二醇、仲戊醇、异丙醇、2-己醇、1,3,5-环己烷三醇、3-乙基-2-戊醇、2,2-二乙氧基乙醇、3-(1-乙氧基乙氧基)-2-甲基-1-丁醇、3-甲基-2-(1-乙氧基乙氧基)-1,4-丁二醇、β-苯乙醇、2-甲基-1,3-丁二醇等。其中异丙醇、2,3-丁二醇、仲戊醇均为常见的高级醇。异丙醇味辣，略有讨厌的酒精味。2,3-丁二醇有甜香、稍带苦味，可使酒发甜，有橡皮味^[14]。仲戊醇微涩稍苦，刺舌，有香蕉味^[13]。朗姆酒中的高级醇主要形成于发酵阶段，在蒸馏阶段富集并受到蒸馏器皿的影响^[12]。在发酵过程中，氨基酸经酵母分解代谢成含氧的酸，后者经过脱羧作用形成高级醇^[15]。在本研究的银朗姆酒蒸馏过程中，馏分中醇类物质所占比例大体上逐渐减少，在第V段有所上升（图2）。这可能是由于高级醇类物质通常有着较低的沸点，且更容易溶于乙醇中有关^[11]。而第V段的上升，可能与酯类的比重下降有关。

醛酮类物质的存在，对香气物质的细微差别有重要影响^[9]。另外，醛类有助于整体风味形成，影响陈酿后酒色的稳定性。由表1可以看出，朗姆酒中的醛

酮类物质有糠醛、环己酮、苯甲醛、3-己烯-2-酮、6-甲基-2-乙酰萘酮。其中糠醛有杏仁味,它本身可以从甘蔗渣中提取,所以糠醛很有可能是原料中引入的。另外,苯甲醛同样有苦杏仁的气味,它同样被 Da Porto, Carla 等人检测到^[4]。如图 1 所示,随着蒸馏进行,醛酮类物质的相对含量呈逐渐上升的趋势。与酯类物质的变化类似,这是因为,一方面,蒸馏过程中,醛酮类物质可以由对应的醇氧化生成^[5,8,10];另一方面,被检测出的醛酮类物质均有较高的沸点,这也使得它们在后段的含量急剧上升。

由表 1 可知,银朗姆酒的香气物质中还有烷烃类、脂肪酸、缩醛、醚类、酚类以及少量杂环化合物。其中 1,1-二乙氧基-2-甲基丁烷、1-(1-乙氧基乙氧基)-戊烷、1,1,3-三乙氧基丙烷同样被 Pino J A 检测出^[6]。脂肪酸与朗姆酒中的果香味、奶酪和脂肪味有关^[4]。早期的研究者发现,黑朗姆中含有更多的长链脂肪酸,浓香型朗姆酒中脂肪酸的含量高于清香型^[9]。在不同的蒸馏段,我们共检测出来三种酸,他们分别是乙酰丙酸、3-乙氧基丙酸和双乙酰酒石酸。朗姆酒中的缩醛有丙醛二乙基乙缩醛和丁醛二乙缩醛,它们均为二乙基缩醛,这一点与 Gómez S M 的研究结果一致。在蒸馏过程中,香气物质发生了缩醛化反应,一个醛基和一个醇羟基首先形成半缩醛,然后半缩醛和另外一个醇羟基形成稳定的缩醛^[5,8,10,12]。这些香气物质与酯类、醇类和醛酮类共同形成了朗姆酒独特香气。

3 结论

经 GC-MS 分析,本银朗姆酒馏分香气的分析鉴别与研究中,不同蒸馏段的馏分样品共鉴别出了 56 种香气成分。其中酯类 23 种、醇类 11 种、羰基化合物 5 种、烷烃类 5 种、脂肪酸 3 种,还有少量的缩醛、醚、酚和杂环类化合物。在蒸馏过程中,不同种类香气物质在各蒸馏段呈现一定规律的变化。这为优化酿造和蒸馏工艺、生产高品质的朗姆酒提供了理论依据和技术参考。

参考文献

- [1] 唐立群.广西农垦糖业让甘蔗“从头甜到尾”[J].中国农垦,2012,9:9-11
Tang L Q. Guangxi state farms let sugar cane sweet from the beginning to the end [J]. China State Farms, 2012, 9: 9-11
- [2] 王晋.朗姆酒威胁威士忌领军地位? [N].2011-07-20.
Wang J. Rum threat the leadership of whiskey? [N]. 2011, 07(20)

- [3] Nonato E A, F Carazza, F C Silva, et al. A headspace solid-phase microextraction method for the determination of some secondary compounds of Brazilian sugar cane spirits by gas chromatography [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2001, 49(8): 3533-3539
- [4] Da Porto C, D Decorti, F Tubaro. Evaluation of volatile compounds and antioxidant capacity of some commercial rums from Dominican republic [J]. International Journal of Food Science and Technology, 2011, 46(5): 988-993
- [5] García-Llobodanin L, I Achaerandio, M Ferrando, et al. Pear distillates from pear juice concentrate: effect of lees in the aromatic composition [J]. Journal of agricultural and food chemistry, 2007, 55(9): 3462-3468
- [6] Pino J A. Characterization of rum using solid-phase microextraction with gas chromatography-mass spectrometry [J]. Food chemistry, 2007, 104(1): 421-428
- [7] Lea A G, J R Piggott. Fermented beverage production [M]. New York: Plenum Publishing Corporation, 2003
- [8] Bruno S N F, D S Vaitsman, C N Kunigami, et al. Influence of the distillation processes from Rio de Janeiro in the ethyl carbamate formation in Brazilian sugar cane spirits [J]. Food chemistry, 2007, 104(4): 1345-1352
- [9] Nykänen L, I Nykänen. Rum flavor [M]/PIGGOTT J R. *Flavour of Distilled Beverages: Origin and Development*. Chichester, Ellis Horwood Limited, 1983
- [10] Rodríguez Madrera R, J J Mangas Alonso. Typification of cider brandy on the basis of cider used in its manufacture [J]. Journal of agricultural and food chemistry, 2005, 53(8): 3071-3075
- [11] Léauté R. Distillation in alambic [J]. American Journal of Enology and Viticulture, 1990, 41(1): 90-103
- [12] Gómez S M. Rum Aroma Descriptive Analysis [D]. Faculty of the Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College in partial fulfillment of the requirements of the degree of Master of Science in The Department of Food Science by Sabina Maza Gómez BS, La Salle University, Mexico, 2002
- [13] 张跃廷,刘琼.浅谈杂醇油[J].酿酒,2002,5:18-20
Zhang Y T, Liu Q. Talking about fusel oil [J]. Liquor Making, 2002, 5: 18-20
- [14] 吴芳华,林兆里,陈如凯.蔗汁与朗姆酒香气成分相似性分析[J].化学通报,2010,08:731-736
Wu F H, Lin Z L, Chen R K. Analysis of similarity in favoring compositions between cane juice and rum [J].

Chemistry Online, 2010, 08: 731-736

[15] 张莲珍.朗姆酒的芳香成分及其形成[J].酿酒,1993,05:14-17,+41

Zhang L Z. Composition and formation of aroma components in rum [J]. Liquor Making, 1993, (05): 14-17+41

现代食品科技