

不同产地朗姆酒质量安全检测及分析

莫星忱¹, 何善廉², 伍彬³, 杨国欢³, 毋福海^{1*}, 莫天生¹, 宋粉云¹, 吴帅⁴

(1. 广州工商学院工学院, 广东佛山 528138) (2. 广西产品质量监督检验院, 广西南宁 530015)
(3. 广东海洋大学食品科技学院, 广东湛江 524088) (4. 杭州泽健医药有限公司, 浙江杭州 310020)

摘要: 为评估不同产地朗姆酒质量安全状况, 该文参考《轻工业行业标准—朗姆酒》及《食品安全国家标准—蒸馏酒及其配制酒》等相关标准, 检测了 19 批产自 5 个不同国家(中国、古巴、危地马拉、牙买加、菲律宾)朗姆酒的理化指标。结果发现, 12 批样品酒精度实测值与标签标示值误差超过 1.0% vol, 达标率仅为 36.8%; 固定酸和挥发酸的含量范围分别为 0.01~0.45 和 0.02~0.42 g/L; 甲醇、铅、铜含量范围分别为 0.012~0.061 g/L、0.006~0.058 mg/L 和 0.011~0.157 mg/L, 所有样品未检测到氰化物; 正丙醇、异丁醇、活性戊醇三种高级醇的含量范围分别是 0.020~0.261 g/L, 0.06~0.149 g/L 和 0.01~0.516 g/L, 整体含量较低; 非酒精性挥发物总量为 0.092~2.028 g/L, 达标率为 73.7%。由此可见, 正规生产或正规渠道购买的朗姆酒其主要理化指标基本符合标准要求, 安全性较高。研究结果对增进消费者对朗姆酒质量安全状况的了解, 为监督管理部门实现科学监管以及促进朗姆酒产业的健康发展具有一定的现实意义。

关键词: 朗姆酒; 品质分析; 质量安全

文章编号: 1673-9078(2024)05-282-289

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2024.5.0677

Quality Analysis of Physicochemical Properties of Rums Produced in Different Areas

MO Xingyou¹, HE Shanlian², WU Bin³, YANG Guohuan³, WU Fuhai^{1*},

MO Tiansheng¹, SONG Fenyun¹, WU Shuai⁴

(1. Engineering College, Guangzhou College of Technology and Business, Foshan 528138, China) (2. Guangxi Institute of Product Quality Inspection, Nanning 530015, China) (3. College of Food Science and Technology, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524088, China) (4. Hangzhou Zejian Pharmaceutical Co. Ltd., Hangzhou 310020, China)

Abstract: To evaluate the safety and quality of Rum, 19 batches of Rums from five different origins (China, Cuba, Guatemala, Jamaica, and Philippines) were tested for physicochemical properties according to the relevant standards provided in the 'People's Republic of China Light Industry Standard -Rum' and 'National Food Safety Standard- Distilled Liquor and Compound Wine' in this paper. The results showed that 12 out of 19 batches had a volume error of >1.0% between the measured and labeled values, with only 36.8% meeting the standard; The content of fixed and volatile acids ranged

引文格式:

莫星忱,何善廉,伍彬,等.不同产地朗姆酒质量安全检测及分析[J].现代食品科技,2024,40(5):282-289.

MO Xingyou, HE Shanlian, WU Bin, et al. Quality analysis of physicochemical properties of Rums produced in different areas [J]. Modern Food Science and Technology, 2024, 40(5): 282-289.

收稿日期: 2023-06-06

基金项目: 广州工商学院校级科研项目(KA202037); 广州工商学院横向科研项目(KYHX2022102); 国家级大学生创新创业训练项目(202013714002)

作者简介: 莫星忱(1992-), 男, 硕士研究生, 助理研究员, 研究方向: 食品加工与安全, E-mail: 1020410466@qq.com

通讯作者: 毋福海(1961-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 食品卫生检验, E-mail: fuhaiwu@163.com

from 0.01 to 0.45 g/L and 0.02 to 0.42 g/L, respectively; The content of methanol, lead, and copper ranged from 0.012 to 0.061 g/L, 0.006 to 0.058 mg/L, and 0.011 to 0.157 mg/L, respectively; Cyanide was not detected in any samples; Levels of N-propanol, isobutanol, and primary active amyl alcohol were tested, and their contents ranged from 0.020 to 0.261 g/L, 0.06 to 0.149 g/L and 0.01~0.516 g/L, respectively, indicating overall low content. Levels of total nonalcoholic volatiles were 0.092~2.028 g/L, with a compliance rate of 73.7%. It can be seen that the main physicochemical properties of Rum produced in regular ways or purchased through regular channels basically meet the standard requirements and have a high safety level. The results of this research are of practical significance for consumers to gain a deeper understanding of the quality and safety of Rum, as well as for supervisory and managerial departments to realize scientific supervision and to promote the sound development of the Rum industry.

Key words: Rum; quality analysis; safety quality

朗姆酒，又名糖酒，是世界六大蒸馏酒之一，最早产生于加勒比海地区的巴巴多斯。朗姆酒是以甘蔗、甘蔗蜜钱、甘蔗糖浆或其他加工产物为原料，经发酵、蒸馏、陈酿、调配而成的蒸馏酒^[1]。朗姆酒口感丰富敦厚、香醇芳郁、具有甘蔗发酵独特的香味。研究表明，朗姆酒中含有脂类、脂肪醇、高级醇、酚类、含硫化合物、含氧化合物等 200 多种芳香物质，其中芳香脂类物质对朗姆酒的香气贡献值最为突出，达到 4%~64%^[2-4]，这些芳香物质赋予了朗姆酒独特、丰富的芳香口味，因此深受国内外消费者青睐。

随着我国经济持续健康发展，白酒市场的快速复苏，我国消费者对朗姆酒的需求持续稳定增加。根据海关统计（见图 1），2016~2022 年我国朗姆酒进出口总额呈现出良好的发展态势，并且在进口酒精饮料中长期稳居首位。然而，近年来白酒行业陆续出现了添加剂超标、塑化剂污染、勾兑酒和黄曲霉毒素污染等质量问题，不仅给广大消费者安全健康带来了严重威胁，并且严重扰乱了我国白酒市场经济安全监督管理秩序^[5]。此外，随着我国消费者整体认知能力的提升以及对食品安全的日益关注，朗姆酒的质量安全问题也逐渐成为了消费者、企业、行业和政府监管部门关注的焦点。

古巴、牙买加、危地马拉和菲律宾不仅是朗姆酒的生产大国，也是我国朗姆酒主要的进口国，广西壮族自治区则凭借着丰富的甘蔗资源和当地政策支持，已然成为我国最大的朗姆酒生产产地^[6]。鉴于此，本文参考《轻工业行业标准—朗姆酒》(QB/T 5333-2018) 及《食品安全国家标准—蒸馏酒及其配制酒》(GB 2757-2012) 等相关标准，检测了产自 5 个不同国家（中国、古巴、危地马拉、

牙买加、菲律宾) 19 批次朗姆酒样品的理化指标，(检测指标见表 1)，进而评估不同产地市售朗姆酒的质量安全状况。研究结果不仅有助于增进消费者对市售朗姆酒质量安全状况的了解，为监督管理部门实现科学监管提供参考依据，并且对促进朗姆酒产业的健康发展具有一定的现实意义。

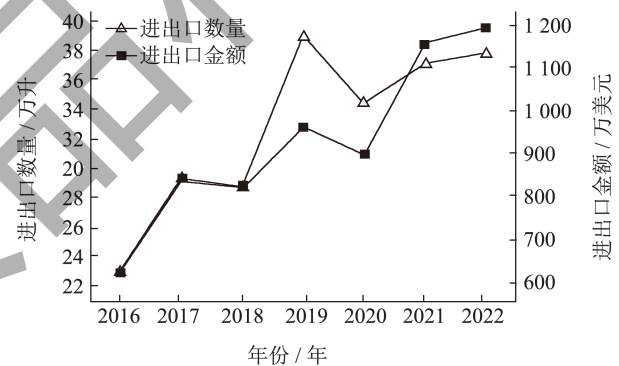


图 1 2016~2022 年我国朗姆酒进出口情况

Fig.1 China's Rum import and export, 2016~2022

表 1 朗姆酒检测指标及其意义

Table 1 Detection index of Rum and its significance

序号	检测指标	检测意义	参考文献
1	酒精度	区分朗姆酒度数和衡量其品质的指标	[7]
2	酸度(总酸、固定酸、挥发酸)	影响朗姆酒口感、风味和品质	[8-10]
3	甲醇	影响朗姆酒安全	[11,12]
4	重金属元素(铜、铅)	影响朗姆酒安全	[13,14]
5	氰化物	影响朗姆酒安全	[15,16]
6	高级醇(正丙醇、异丁醇、活性戊醇)	影响朗姆酒风味和安全	[17-19]
7	非酒精挥发物总量	鉴定朗姆酒酒龄和品质等级的重要指标	[10,17,20]

1 材料与方法

1.1 实验材料

本实验 19 批产自 5 个不同国家的朗姆酒样品均由广西壮族自治区产品质量监督检验院采样及提供, 样品产地、酒精度等信息如表 2 所示。

表 2 19 批不同产地朗姆酒样品信息

Table 2 19 samples of Rum sample information produced in different areas

编号	样品	产地	标签酒精度/(%vol)
S1	旧款摩根船长(白朗姆酒)	牙买加	40
S2	新款摩根船长(白朗姆酒)	牙买加	40
S3	萨凯帕(金朗姆酒)	危地马拉	40
S4	萨凯帕(金朗姆酒)	危地马拉	40
S5	哈瓦那(金朗姆酒)	古巴	40
S6	哈瓦那(金朗姆酒)	古巴	40
S7	姆兰塔(白朗姆酒)	古巴	40
S8	姆兰塔(金朗姆酒)	古巴	40
S9	欧德船长(白朗姆酒)	菲律宾	40
S10	白朗姆	中国	30
S11	白朗姆	中国	40
S12	白朗姆	中国	50
S13	白朗姆(3年酒龄)	中国	50
S14	白朗姆(5年酒龄)	中国	50
S15	金朗姆(3年酒龄)	中国	40
S16	金朗姆(5年酒龄)	中国	40
S17	白朗姆(原酒)	广西甘纳酒业	30
S18	白朗姆(原酒)	广西甘纳酒业	40
S19	白朗姆(原酒)	广西甘纳酒业	50

1.2 实验试剂

磷酸二氢铵、苯酚红、酚酞、酒石酸、碳酸钠均为分析纯, 购自西陇化工股份有限公司; 靛蓝二磺酸钠、无水乙醇均为分析纯, 购自天津科密欧试剂公司; 硝酸钡、硫酸、硝酸均为分析纯, 购自广东省化学试剂工程技术有限公司; 高氯酸(AR)、无水乙醇(色谱纯), 购自天津化工厂; 五水硫酸

铜、硝酸铅均为优级纯, 购自 sigma 公司; 氢氧化钠(GR), 购自西陇化工股份有限公司; 糠醛(GC), 购自 MERCK 公司; 异戊醇、异丁醇、正丙醇、活性戊醇均为色谱纯, 购自天津科密欧试剂公司; 乙缩醛、乙酸正戊酯、甲醇均为色谱纯, 购自 Thermo 公司。

1.3 实验仪器与设备

HH-1 数显搅拌水浴锅, 金坛市城东新瑞仪器厂; PHS-3C 酸度计, 上海仪电科学仪器股份有限公司; SHIMADZUQP-2010 气相色谱仪, 日本岛津; CP-Wax 57 CB 毛细管柱(50 m×0.25 mm×0.20 μm 安捷伦)、AAS-2000 原子吸收光谱仪, 北京达丰瑞仪器仪表有限公司; 500 mL 全玻璃蒸馏器、UX420H 电子天平, 日本岛津; 电热炉等。

1.4 实验方法

1.4.1 甲醇及高级醇的测定

采用气相色谱法测定甲醇及 3 种高级醇(正丙醇、异丁醇、活性戊醇), 其色谱条件参考 GB/T 11856-2008。

1.4.2 糠醛及醛类的测定

采用 GB/T 11856-2008 中气相色谱法测定糠醛及醛类。色谱条件: 色谱柱 J&W 5MS(60 m×250 μm×0.25 μm) 毛细管柱, 载气为高纯度氮气, 进样量 10 μL; 分流比: 37:1, 尾吹 25 mL/min; 进样口温度 220 °C, 检测温度 220 °C, 柱温开始温度为 40 °C, 恒温 5 min 后以 4 °C/min 的速度程序升温到 200 °C, 保持恒温 10 min; 氢气流速: 35 mL/min, 空气流量 400 mL/min。

1.4.3 其他理化指标测定方法

酒精度(密度瓶法)、酯类、挥发酸(指示剂法, 挥发酸 = 总酸 - 固定酸), 以上指标测定方法均参考 GB/T 11856-2008; 铜的检测采用 GB 5009.13-2017 石墨炉原子吸收光谱法; 铅的检测采用 GB 5009.12-2017 石墨炉原子吸收光谱法; 氰化物的检测参考 GB/T 5009.36-2003。

1.4.4 数据结果分析

所有实验均进行三组平行实验, 最终数据以平均值表示。统计分析采用 Excel 2010 软件, 作图采用 Origin 2019b 软件。

表3 19批不同产地朗姆酒精度

Table 3 Alcohols of 19 kinds Rum produced in different areas

样品	标签酒精度/(%vol)	实测酒精度/(%vol)	实测值与标签值误差/%
S1	40	40.4±0.1	1.0
S2	40	40.5±0.2	1.3
S3	40	40.5±0.0	1.3
S4	40	40.4±0.3	1.0
S5	40	40.5±0.0	1.3
S6	40	40.5±0.2	1.3
S7	40	40.5±0.2	1.3
S8	40	38.5±0.3	-3.8
S9	40	41.6±0.4	4.0
S10	30	32.8±0.2	9.3
S11	40	40.6±0.2	1.5
S12	50	50.4±0.3	0.8
S13	50	49.2±0.3	-1.1
S14	50	49.8±0.0	-0.3
S15	40	41.3±0.2	3.2
S16	40	42.6±0.4	6.5
S17	30	30.2±0.1	0.7
S18	40	40.1±0.3	0.3
S19	50	49.8±0.1	-0.4

注：实测值与标签值误差(%)=(实测酒精度-标签酒精度)/标签酒精度；数值表述为：平均值±SD，以下表格数值表示方式一致。

2 结果与讨论

2.1 不同产地朗姆酒酒精度分析

19批朗姆酒实测酒精度如表3所示。19批朗姆酒中，酒精度实测值与标签示值呈现不同程度的误差(-3.8%vol~9.3%vol)，其中12批朗姆酒误差值大于1.0%vol，超出QB/T 5333-2018允许差概率达到63.2%，尤其是产自我国的30度白朗姆酒，实测值比标签值高出9.3%，远大于1%。尽管我国尚未制定朗姆酒国家安全标准，但参考朗姆酒轻工业行业标准(QB/T 5333-2018)及同类蒸馏酒白兰地国家标准(GB/T 11856-2008)，酒精度实测值和标签示值允许差均不能超过1.0%vol。然而，检测结果显示，仅有7批朗姆酒酒精度实测值与标签示值之差小于或等于1.0%vol，其中5批为国产朗姆酒，2批为国外产酒朗姆酒，达标率分别为50.0%和

22.2%。由此可见，朗姆酒生产企业应严格把控生产工艺，做到酒精度标签值和真实值一致，以此避免朗姆酒行业以次充好、偷工减料和以低度酒冒充高度酒等欺骗消费者的问题。酒精作为多种微量风味物质的重要载体，不同酒精度朗姆酒，其微量风味物质、物化性质和感官评价具有很大不同^[21]，其主要原因可能是不同酒精浓度环境下酒体中总酸、挥发性酸、多酚类物质、高级醇、脂肪酸乙酯等物质的含量有显著差异，并且体系中不同化合物之间可发生复杂的化合反应^[22]。由此可见，酒精度作为评价朗姆酒质量的重要指标应将其列为重点监控对象并准确标示在酒的外包装上，做到真实无欺。

2.2 不同产地朗姆酒酸含量

表4 朗姆酒中总酸、固定酸和挥发酸含量(g/L)

Table 4 Total acids, fixed acids & volatile acids contents in Rum

样品	总酸	固定酸	挥发酸
S1	0.52±0.12	0.42±0.08	0.10±0.04
S2	0.51±0.08	0.45±0.11	0.06±0.01
S3	0.42±0.10	0.15±0.03	0.27±0.03
S4	0.41±0.06	0.27±0.04	0.14±0.02
S5	0.15±0.03	0.04±0.02	0.11±0.04
S6	0.05±0.02	0.03±0.01	0.02±0.00
S7	0.07±0.01	0.02±0.00	0.05±0.01
S8	0.23±0.05	0.05±0.01	0.18±0.04
S9	0.10±0.03	0.04±0.02	0.06±0.02
S10	0.06±0.02	0.01±0.00	0.05±0.02
S11	0.08±0.02	0.02±0.01	0.06±0.01
S12	0.18±0.03	0.04±0.02	0.14±0.02
S13	0.22±0.06	0.02±0.00	0.20±0.05
S14	0.23±0.03	0.05±0.01	0.18±0.03
S15	0.33±0.09	0.14±0.04	0.19±0.06
S16	0.82±0.11	0.40±0.07	0.42±0.10
S17	0.04±0.01	0.02±0.00	0.02±0.00
S18	0.06±0.01	0.02±0.00	0.04±0.01
S19	0.10±0.02	0.03±0.01	0.07±0.02
平均值	0.24±0.04	0.12±0.02	0.12±0.03

19批朗姆酒的总酸、固定酸和挥发酸含量如表4所示，总酸、固定酸和挥发酸的含量范围分别为0.04~0.82 g/L、0.01~0.45 g/L和0.02~0.42 g/L，平均含量分别为0.24、0.12、0.12 g/L，三者总体上维持在较低的水平。不产地的朗姆酒，其总酸、固定酸和挥发酸平均含量(见图2)差别较大，其中

总酸含量最高的是产自牙买加的朗姆酒，其平均含量达到 0.52 g/L，总酸含量最低的是产自菲律宾的欧德船长，其含量仅为 0.10 g/L，而国产的 10 批朗姆酒酸含量处于中等水平，其总酸、固定酸和挥发酸平均含量分别为 0.21、0.07 和 0.14 g/L。不同朗姆酒中酸含量表现出较大差异性可能与朗姆酒的发酵环境、原料新鲜度、储存条件和参与发酵的微生物种类及其代谢活动不同有较大关系^[23]。

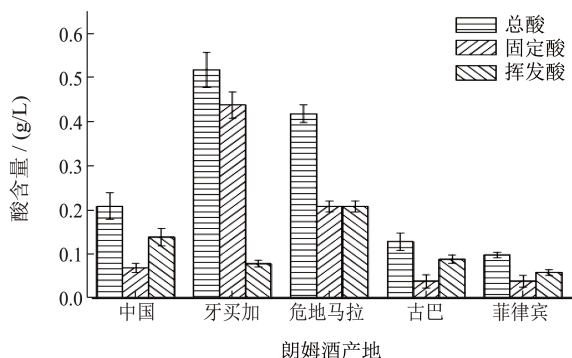


图 2 不同产地朗姆酒中总酸、固定酸和挥发酸平均含量

Fig.2 Total acids, fixed acids & volatile acids contents in Rum which product in different areas

2.3 不同产地朗姆酒甲醇、铅、铜及氰化物含量

19 批朗姆酒甲醇含量如表 5 所示，其含量范围在 0.012~0.061 g/L，平均为 0.036 g/L，所有样品均符合食品安全国家标准（GB 2757-2012）。不同产地朗姆酒中甲醇含量（见表 5）并无显著差别，其中甲醇平均含量最高的是产自危地马拉的萨凯帕，为 0.058 g/L，而国产朗姆酒甲醇平均含量最低，为 0.030 g/L，整体上低于进口朗姆酒。有类似调研发现，市售酒类甲醇含量不达标情况较为普遍，存在一定安全风险^[24]。因此，为限制酒中甲醇含量，确保消费者饮酒安全，多个国家对于酒中甲醇含量制定了限量标准，如德国规定酒中甲醇含量不得高于 1 200 mg/L，日本不得高于为 1 000 mg/L，而澳大利亚则不得高于 100 mg/L^[16]。我国《食品安全国家标准—蒸馏酒及其配制酒》（GB 2757-2012）也明确规定，以谷类原料酿造的酒类中甲醇含量不得超过 0.6 g/L，以其他原料酿造的酒类中甲醇含量则不能高于 2.0 g/L。

19 批朗姆酒铅含量如表 5 所示，其范围为 0.006~0.058 mg/L，平均含量是 0.020 mg/L，所有样品铅含量远低于《食品安全国家标准—食品中污染物限量》（GB 2762-2017）要求（小于 0.5 mg/kg）。不

同产地朗姆酒中铅含量（见表 6）并无显著差异，其中铅平均含量最高的是国产朗姆酒，为 0.025 mg/L，最低的是菲律宾产的欧德船长，为 0.008 mg/L。肖黎等^[25]研究发现，陶瓷包装材料中的铅可迁移到白酒中，并且迁移率与温度成正比，与酒精度成反比。因此，可通过控制生产温度、酒精度和改良包装材料等方法有效控制朗姆酒中的铅含量。

19 批朗姆酒铜含量如表 5 所示，其含量范围为 0.011~0.157 mg/L，平均含量为 0.054 mg/L，处于较低水平。不同产地间朗姆酒铜含量最高的是产自危地马拉的萨凯帕，平均含量为 0.137 mg/L，而铜含量最低的是国产朗姆酒，平均含量为 0.034 mg/L，仅为萨凯帕的 30%。尽管朗姆酒相关标准未对铜的含量作出明确的限量要求，但适量的铜离子对控制酒体外观颜色、相关酶活性和消解挥发醋酸能力等方面具有重要作用^[26]。

表 5 朗姆酒中甲醇、铅、铜及氰化物含量

Table 5 Methanol, lead, copper & cyanide contents in Rum

样品	甲醇/(g/L)	铅/(mg/L)	铜/(mg/L)	氰化物/(mg/L)
S1	0.052±0.012	0.010±0.002	0.063±0.010	/
S2	0.022 ± 0.004	0.024 ± 0.004	0.040 ± 0.006	/
S3	0.061 ± 0.011	0.012 ± 0.003	0.116 ± 0.016	/
S4	0.054 ± 0.009	0.022 ± 0.007	0.157 ± 0.031	/
S5	0.032 ± 0.008	0.027 ± 0.008	0.107 ± 0.009	/
S6	0.030 ± 0.004	0.013 ± 0.003	0.029 ± 0.004	/
S7	0.042 ± 0.004	0.013 ± 0.002	0.094 ± 0.012	/
S8	0.050 ± 0.012	0.006 ± 0.002	0.035 ± 0.003	/
S9	0.041 ± 0.011	0.008 ± 0.001	0.039 ± 0.005	/
S10	0.021±0.007	0.016±0.004	0.086±0.009	/
S11	0.040 ± 0.007	0.015 ± 0.003	0.031 ± 0.009	/
S12	0.030 ± 0.004	0.024 ± 0.003	0.011 ± 0.002	/
S13	0.032 ± 0.004	0.018 ± 0.004	0.021 ± 0.003	/
S14	0.034 ± 0.005	0.031 ± 0.003	0.054 ± 0.003	/
S15	0.012 ± 0.002	0.015 ± 0.001	0.032 ± 0.005	/
S16	0.025 ± 0.003	0.020 ± 0.005	0.016 ± 0.003	/
S17	0.040 ± 0.006	0.058 ± 0.009	0.013 ± 0.003	/
S18	0.032 ± 0.002	0.040 ± 0.004	0.041 ± 0.008	/
S19	0.029±0.003	0.013±0.002	0.037±0.005	/
平均	0.036±0.005	0.020±0.002	0.054±0.004	/

为保证白酒的质量安全，GB 2757-2012 明确规定了蒸馏酒及其配制酒的氰化物含量不能超过 8 mg/L。实验结果发现，19 批酒样品中，均未

检测到氰化物。酒体中氰化物的含量跟生产工艺和生产原料有密切关系，如以木薯、苦杏仁等含有丰富氰苷的原料生产白酒，其酒体中往往能检出氰化物^[16]。而朗姆酒生产原料主要是甘蔗、甘蔗蜜饯、甘蔗糖浆等，生产原料氰化物几乎不含氰化物，因此未检出氰化物。

表 6 不同产地朗姆酒中甲醇、铅和铜平均含量

Table 6 Methanol, lead, & copper contents in Rum which product in different areas

产地	样品数量	甲醇/(g/L)	铅/(mg/L)	铜/(mg/L)
中国	10	0.030±0.002	0.025±0.002	0.034±0.003
牙买加	2	0.037±0.005	0.017±0.003	0.052±0.004
危地马拉	2	0.058±0.004	0.017±0.002	0.137±0.005
古巴	4	0.039±0.006	0.015±0.001	0.066±0.007
菲律宾	1	0.041±0.006	0.008±0.002	0.039±0.007

2.4 不同产地朗姆酒高级醇含量

本次实验共检测了正丙醇、异丁醇、活性戊醇 3 种高级醇，每批样品高级醇含量见表 7，除 3 年酒龄国产白朗姆 S13 外，所有检测朗姆酒均符合行业标准 (QB/T 5333-2018)。正丙醇、异丁醇、活性戊醇含量范围分别是 0.020~0.261 g/L、0.06~0.149 g/L 和 0.01~0.516 g/L，平均含量为 0.041、0.011 和 0.073 g/L，整体含量较低。不同产地朗姆酒中高级醇平均含量见图 3，不同产地朗姆酒中正戊醇、异丁醇和活性戊醇平均含量最高的均是产自危地马拉的萨凯帕，分别为 0.111、0.141 和 0.448 g/L，而正戊醇、异丁醇和活性戊醇平均含量最低的则是产自菲律宾的欧德船长，分别是 0.057、0.007 和 0.020 g/L。导致发酵酒中高级醇含量差异的原因主要有发酵工艺条件、发酵微生物和前体物质。Richard 等^[27]采用低温发酵技术对赤霞珠葡萄酒不同温度下的高级醇含量进行了分析。结果发现，与传统浸渍发酵相比，低温发酵技术能降低葡萄酒中的杂醇和 1-己醇等高级醇的浓度。黄治国等^[28]探索了芽孢杆菌的添加对小曲酒高级醇含量的影响，结果发现添加芽孢杆菌强化发酵可明显降低高级醇含量，并且中试最高降低率可达 29.87%。Liu 等^[29]对黄酒酿造酵母 HJ 中可同化氮来源的种类、数量及调控高级醇合成的基因进行了评估，通过实时荧光定量聚合酶链式反应得到酿酒酵母 HJ 基因在不同可同化氮水平上不同程度的表达，由此证明了前体物质可同化氮对黄酒中总高级醇浓度有显著影响。

表 7 朗姆酒高级醇含量 (g/L)

Table 7 Contents of higher alcohol in Rum

样品	正丙醇	异丁醇	活性戊醇	高级醇
S1	0.061±0.009	0.022±0.004	0.042±0.005	0.125 ± 0.005
S2	0.067 ± 0.008	0.031 ± 0.003	0.062 ± 0.009	0.160 ± 0.014
S3	0.103 ± 0.008	0.149 ± 0.012	0.485 ± 0.014	0.737 ± 0.011
S4	0.120 ± 0.011	0.132 ± 0.009	0.412 ± 0.011	0.664 ± 0.020
S5	0.087 ± 0.006	0.131 ± 0.012	0.516 ± 0.009	0.734 ± 0.019
S6	0.089 ± 0.009	0.102 ± 0.007	0.195 ± 0.007	0.386 ± 0.011
S7	0.031 ± 0.004	0.017 ± 0.003	0.084 ± 0.005	0.132 ± 0.008
S8	0.043 ± 0.005	0.063 ± 0.006	0.236 ± 0.014	0.342 ± 0.006
S9	0.057 ± 0.003	0.007 ± 0.002	0.020 ± 0.004	0.084±0.005
S10	0.041±0.004	0.011±0.003	0.073±0.005	0.125±0.009
S11	0.034 ± 0.010	0.006 ± 0.000	0.052 ± 0.003	0.092 ± 0.006
S12	0.046 ± 0.011	0.010 ± 0.001	0.081 ± 0.005	0.137 ± 0.012
S13	0.261 ± 0.013	0.100 ± 0.008	0.330 ± 0.005	0.691 ± 0.019
S14	0.239 ± 0.006	0.091 ± 0.005	0.196 ± 0.013	0.526 ± 0.016
S15	0.161 ± 0.005	0.029 ± 0.004	0.221 ± 0.011	0.411 ± 0.020
S16	0.030 ± 0.005	0.019 ± 0.002	0.308 ± 0.006	0.357 ± 0.012
S17	0.020 ± 0.003	0.015 ± 0.003	0.010 ± 0.003	0.030 ± 0.004
S18	0.026 ± 0.002	0.016 ± 0.004	0.010 ± 0.003	0.052 ± 0.007
S19	0.045±0.004	0.082±0.007	0.012±0.004	0.139±0.008
平均	0.082±0.006	0.054±0.005	0.176±0.014	0.312±0.013

注：高级醇含量 = 正丙醇含量 + 异丁醇含量 + 活性戊醇含量。

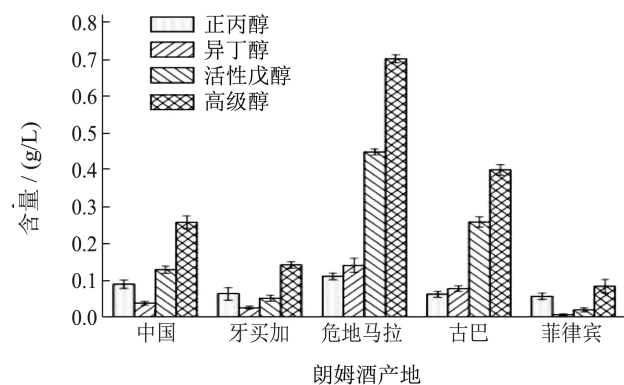


图 3 不同产地朗姆酒中高级醇平均含量

Fig.3 Contents of higher alcohol in Rum which product in different areas

2.5 不同产地朗姆酒非酒精性挥发物含量

非酒精挥发物总量是朗姆酒中除酒精之外的挥发性物质 (挥发酸、酯类、醛类、糠醛及高级醇) 的

总含量,是鉴定朗姆酒酒龄(酒类进行陈酿、储藏的年数)和质量等级的重要指标。通常而言,酒龄越长,非酒精挥发物总量越高,酒的质量等级越高。19批朗姆酒非酒精挥发物总量(见表8)为0.092~2.028 g/L,平均含量为0.672 g/L,其中含量最低的是国产朗姆酒S17,为0.092 g/L,含量最高的是国产5年金色朗姆酒S16,为2.028 g/L。QB/T 5333-2018规定,白朗姆酒非酒精挥发物总量 ≥ 0.10 g/L,金朗姆酒和黑朗姆酒非酒精挥发物总量 ≥ 0.30 g/L。由此可见,19批朗姆酒中有5批未能达到QB/T 5333-2018的要求,其中4批为金朗姆酒(S4、S5、S15、S16),1批为白朗姆酒原酒S17,达标率为73.7%。

酯类化合物香气阈值较低,贡献白酒中大部分的花香味和水果味,醛类化合物是白酒麦芽清香味和类青草味的重要成分,对白酒香气起到协调作用,糠醛在白酒中则呈现杏仁香及甜香味,但含量过高会出现怪味和杂味,降低酒品质,甚至给人体健康安全带来威胁^[20,30]。检测结果表明,酯类化合物含量最低的是产自古巴的朗姆酒S7,为0.020 g/L,含量最高的是国产的5年金色朗姆酒S16,为0.722 g/L;醛类化合物含量最低的是国产朗姆酒S17,为0.007 g/L,含量最高的则是国产的5年金色朗姆酒S16,为0.530 g/L;9个样品测出含有糠醛,含量最高的是产自牙买加的新款摩根船长,为0.116 g/L。

表8 不同产地朗姆酒非酒精挥发物总量(g/L)

Table 8 The total amount of non-alcohol volatiles contents in Rum

样品	挥发酸	酯类	醛类	糠醛	高级醇	非酒精性挥发物
S1	0.097±0.041	0.124±0.020	0.073±0.005	0.037±0.005	0.125±0.009	0.456±0.021
S2	0.063±0.010	0.090±0.008	0.048±0.006	0.116±0.010	0.160±0.014	0.477±0.014
S3	0.270±0.029	0.119±0.013	0.091±0.008	0.037±0.002	0.737±0.022	1.254±0.032
S4	0.142±0.022	0.128±0.007	0.095±0.008	0.065±0.005	0.664±0.014	1.094±0.021
S5	0.114±0.042	0.101±0.009	0.072±0.004	/	0.734±0.027	1.021±0.051
S6	0.021±0.003	0.020±0.003	0.031±0.005	0.013±0.000	0.386±0.008	0.471±0.020
S7	0.005±0.008	0.020±0.003	0.015±0.004	/	0.132±0.010	0.172±0.011
S8	0.183±0.037	0.110±0.008	0.095±0.010	/	0.342±0.016	0.730±0.029
S9	0.060±0.024	0.040±0.006	0.030±0.002	0.028±0.004	0.084±0.004	0.242±0.011
S10	0.050±0.016	0.040±0.004	0.026±0.003	/	0.125±0.006	0.241±0.017
S11	0.060±0.011	0.082±0.07	0.037±0.005	/	0.092±0.008	0.271±0.011
S12	0.137±0.024	0.137±0.011	0.075±0.006	/	0.137±0.016	0.486±0.015
S13	0.196±0.050	0.182±0.015	0.072±0.009	0.007±0.000	0.691±0.023	1.148±0.011
S14	0.181±0.026	0.228±0.012	0.097±0.008	/	0.526±0.014	1.032±0.022
S15	0.188±0.056	0.293±0.019	0.200±0.011	/	0.411±0.011	1.092±0.024
S16	0.419±0.095	0.722±0.022	0.530±0.016	/	0.357±0.013	2.028±0.033
S17	0.019±0.004	0.036±0.007	0.007±0.000	/	0.030±0.007	0.092±0.009
S18	0.038±0.009	0.055±0.005	0.010±0.001	0.006±0.001	0.052±0.004	0.161±0.006
S19	0.070±0.020	0.073±0.008	0.013±0.002	0.008±0.001	0.139±0.010	0.303±0.014
平均值	0.122±0.032	0.137±0.013	0.085±0.009	0.017±0.006	0.312±0.017	0.672±0.018

3 结论

本文通过检测不同产地朗姆酒的理化指标,评估了不同产地朗姆酒的安全质量状况,结果表明:(1)19批朗姆酒中,有12批酒精度实测值与标签示值之误差小于1.0% vol,其中国产酒为5批,国外产地的为7批,达标率为36.8%;(2)总酸、固定酸和挥发酸的含量范围分别为0.04~0.82 g/L、

0.01~45 g/L和0.02~0.42 g/L,平均含量分别是0.24、0.12、0.12 g/L,三者总体上维持在较低的水平;(3)铅、甲醇、铜的检出率分别为100%、68.7%、47.4%,三者含量范围分别为0.006~0.058 mg/L、0.012~0.061 g/L和0.011~0.157 mg/L,氰化物检出率为0;(4)检测了正丙醇、异丁醇、活性戊醇3种常见的高级醇,其含量范围分别是0.020~0.261 g/L、0.06~0.149 g/L和0.01~0.516 g/L,平均含量为0.041、

0.011 和 0.073 g/L, 整体含量较低; (5) 19 批朗姆酒中有 14 批非酒精挥发物符合 QB/T 5333-2018 要求, 达标率为 73.7%。基于以上调研数据表明, 正规生产的朗姆酒各项理化指标基本符合国家相关标准要求, 整体质量较高, 消费者可放心饮用。

参考文献

- [1] 中华人民共和国工业和信息化部. QB/T 5333-2018 朗姆酒》[S].
- [2] JORGE A P, SEBASTINA T, RECEP G, et al. Characterisation of odour-active compounds in aged rum [J]. *Food Chemistry*, 2012, 132(3): 1436-1441.
- [3] 郑平, 覃先武, 陈晖, 等. 朗姆酒与甘蔗醋联产工艺研究[J]. *中国食品添加剂*, 2022, 33(12): 178-184.
- [4] DANIEL H N, SERGIO P B, JOSÉ A R H, et al. Characterization of rums sold in Spain through their absorption spectra, furans, phenolic compounds and total antioxidant capacity [J]. *Food Chemistry*, 2020, 323: 126829.
- [5] 马静. 我国西南地区白酒质量安全监管中存在的问题及对策[J]. *食品质量安全检测学报*, 2021(12): 7863-7869.
- [6] 樊晓璐. 朗姆酒发酵过程中微生物群落结构及丁酸菌对其风味物质的影响[D]. 南宁: 广西大学, 2018.
- [7] 胡耀强, 郭敏, 叶秀深, 等. 近红外光谱法间接测定白酒酒精度[J]. *光谱学与光谱分析*, 2022, 42(2): 410-414.
- [8] 郑敏怡, 洪泽淳, 赵文红, 等. 红曲对客家黄酒有机酸及品质的影响[J]. *现代食品科技*, 2020, 36(2): 78-84.
- [9] YAN S B, WANG S C, WEI G G, et al. Investigation of the main parameters during the fermentation of Chinese Luzhou-flavour liquor [J]. *Journal of the Institute of Brewing*, 2015, 121(1): 145-154.
- [10] MIAO Z J, HAO H Y, YAN R Y, et al. Individualization of Chinese alcoholic beverages: Feasibility towards a regulation of organic acids [J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2022(172): 114168.
- [11] RAPHAEL C, CLAUS P, KESHAV K, et al. ¹H NMR spectrometry for methanol quantification in apple wines and ciders as optimised by comparison to SIDA-HS-GC-MS [J]. *Food Chemistry*, 2022, (387): 132912.
- [12] QIN B Y, WANG X Y, TANG L, et al. Comparative study of headspace and headspace single drop microextraction combined with GC for the determination of methanol in wine [J]. *Journal of Chromatography*, 2022 (1673): 463079.
- [13] 李碧波, 鄢兵华, 陈志勇. 石墨炉标准加入法测定白酒质控样中铅含量[J]. *食品研究与开发*, 2019, 40(12): 219-224.
- [14] AVERY S V. Metal toxicity in yeasts and the role of oxidative stress [J]. *Adv Appl Microbiol*, 2001, 49: 111-142.
- [15] 何海茵, 李南, 熊含鸿, 等. 顶空气相色谱-质谱法测定白酒中的氰化物含量[J]. *食品安全质量检测学报*, 2019, 10(13): 4068-4073.
- [16] REN M H, YANG F, HUA L, et al. Rapid and high-throughput measurement of cyanide in liquor by negative photoionization time-of-flight mass spectrometry [J]. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2023(120): 105317.
- [17] 格绒泽仁, 皇甫洁, 韩兴林, 等. 浓香型白酒酒后不适感关键高级醇类物质关联性判定新方法[J]. *食品与发酵工业*, 2019, 45(14): 1-7.
- [18] JEFFREY C, KLAUS S, CHRISTOPHE C. Permeability of a fluid lipid bilayer to short-chain alcohols from first principles [J]. *Journal of Chemical Theory and Computation*, 2017, 13(6): 2523-2532.
- [19] HYUNG M K, GUN Y, JUNG Y K, et al. Simultaneous determination of volatile organic compounds in commercial alcoholic beverages by gas chromatography with flame ionization detection [J]. *J AOAC Int*, 2017, 100(5): 1492-1499.
- [20] BRANISLAVA S C, NEBOJŠA K, BILJANA B, et al. Harmful volatile substances in recorded and unrecorded fruit spirits [J]. *Arabian Journal of Chemistry*, 2022 (15): 103981.
- [21] 郎召伟. 泸型酒酿造过程中风味物质变化分析[D]. 无锡: 江南大学, 2015.
- [22] MANUEL J V M, DANIEL B B, MARÍA G C, et al. Influence of alcoholic strength on the characteristics of Brandy de Jerez aged in Sherry Casks [J]. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2022, 111: 104618.
- [23] LI H, HE R Y, XIONG X M, et al. Dynamic diversification of bacterial functional groups in the Baiyunbian liquor stacking fermentation process [J]. *Annals of Microbiology*, 2016, 66(3): 1229-1237.
- [24] 管悦, 泮燕媚. 2019-2021年台州地区水果蒸馏酒风险监测结果分析[J]. *现代食品*, 2022, 28(11): 149-151, 155.
- [25] 肖黎, 董占华, 孙长江, 等. 陶瓷食品接触材料中铅向酸性食品模拟物迁移规律[J]. *食品科学*, 2019, 40(19): 145-150.
- [26] 曾英杰, 许笑男, 廖芸, 等. 铜离子对荔枝酒降酸酵母发酵性能及醋酸代谢的影响[J]. *食品科技*, 2014, 39(10): 43-47.
- [27] RICHARD G, YAELLE S, RAVI P, et al. Impact of fermentation temperature and grape solids content on the chemical composition and sensory profiles of Cabernet Sauvignon wines made from flash detente treated must fermented off-skinss [J]. *Food Chemistry*, 2022, 369(1): 130861.
- [28] 黄治国, 罗润森, 李彦中, 等. 芽孢杆菌强化发酵降低小曲白酒中高级醇的含量[J]. *现代食品科技*, 2023, 39(2): 145-151.
- [29] LIU S P, MA D L, LI Z H, et al. Assimilable nitrogen reduces the higher alcohols content of Huangjiu [J]. *Food Control*, 2020, 121(5): 107660.
- [30] FAN W L, MICHAEL C Q. Identification of aroma compounds in Chinese 'Yanghe Daqu' liquor by normal phase chromatography fractionation followed by gas chromatography/olfactometry [J]. *Flavour and Fragrance Journal*, 2006, 21(2): 333-342.