红曲改善客家黄酒的品质

郑敏怡[1]，洪泽淳[1]，赵文红[1,2]，钱敏[1,2]，凌慧芳[1]，白卫东[1,2]
（1. 仲恺农业工程学院轻工食品学院，广东广州 510225）
（2. 广东省岭南特色食品工程技术研究中心，广东广州 510225）

摘要：本研究采用 HPLC 法研究不同酒曲配方对酿造客家黄酒时产生的风味物质有机酸的影响，考察红曲对黄酒发酵过程中有机酸风味、总量的影响。发酵 30 d 时三种酒样的有机酸总量差异明显，采用酒药、麦曲酿制的黄酒（酒样Ⅱ）最高，单用红曲（酒样Ⅲ）次之，红曲、酒药、麦曲复配（酒样Ⅰ）最少，分别为 33.83 g/L、27.72 g/L 和 22.67 g/L。其中，Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ号酒样中挥发性酸与非挥发性酸的比例分别为 1:4、1:1 和 2:1；酒样中乳酸含量差异较大，Ⅰ号酒样最高，为 11.40 g/L，Ⅲ号酒样最少，为 6.02 g/L；乙酸含量在三种酒中较接近，约 5.5 g/L；Ⅰ、Ⅱ号酒样中琥珀酸含量较接近约为 5 g/L；丙酸在Ⅱ、Ⅲ号酒样中含量大，但在Ⅰ号酒样中未检出。另外，Ⅰ号酒样中还测出少量的苹果酸和柠檬酸。结果表明，在客家黄酒酿造时添加适量红曲，有助于维持客家黄酒的酸味平衡，提升味觉层次感。

关键词：客家黄酒；红曲；有机酸；HPLC 法
文章篇号：1673-9078(2020)02-78-84 DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2020.2.012

Quality Improvement of Hakka Rice Wine of by Adding Monascus

ZHENG Min-yi[1], HONG Ze-chun[1], ZHAO Wen-hong[1,2], QIAN Min[1,2], LING Hui-fang[1], BAI Wei-dong[1,2]
(1.College of Light Industry and Food Science, Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou 510225, China) (2.Guangdong Lingnan Characteristic Food Engineering Research Center, Guangzhou 510225, China)

Abstract: The effects of different koji recipes on the organic acids as flavor substances during the brewing of Hakka rice wine were studied by HPLC. The effects of Monascus on the flavor and total amount of organic acids during brewing were also investigated. The total amount of organic acids in the three wine samples differed significantly on Day 30 after fermentation: the rice wine with the yeast and the koji (wine sample Ⅱ) the highest (33.83 g/L), the wine with Monascus alone (the wine sample III) the second highest (27.72 g/L), and the wine complex with Monascus, yeast and koji (wine sample Ⅰ) the least (22.67 g/L). The ratio of volatile acid to non-volatile acid in the wine samples Ⅰ, Ⅱ and Ⅲ were 1:4, 1:1 and 2:1, respectively; The lactic acid content in the wine samples differed largely, with the wine sample I having the highest amount (11.40 g/L), and thewine sample Ⅲ had the least (6.02 g/L); the acetic acid content in the three kinds of wine resembled (about 5.5 g/L); the wine samples Ⅰ and Ⅱ had a similar succinic acid content (about 5 g/L); The wine samples Ⅱ and Ⅲ had a relatively high propionic acid content with none detected in wine sample I. In addition, small amounts of malic acid and citric acid were detected in the wine sample I. The results showed that adding an appropriate amount of Monascus during Hakka rice wine brewing would help maintain the acidity balance of Hakka rice wine and enhance the sense of taste.

Key words: Guangdong hakka rice wine; monascus; organic acids; HPLC

黄酒是中国特有的传统酿造酒，在 3000 多年前商周时期，人民创造了复式发酵法，开始大量酿造黄酒[1]。黄酒酒体不但香气浓郁，味道醇厚柔和，酒精含量低，而且富含矿物质、氨基酸、维生素、有机酸等营养成分，还具有活血去寒、美容养颜等功效，人们饮适量的黄酒对预防高血压、失眠等疾病有良好的辅助效果[2,3]。客家黄酒是由糯米为原料，添加酒药、红曲、麦曲发酵后煎酒酿造而成[4]。

有机酸分为挥发性和非挥发性有机酸，其种类及含量与黄酒品质的优劣有很大的关系，它调节着酸碱的平衡，影响黄酒的口味及生物稳定性[5,6]，黄酒独有的芳香主要由挥发性有机酸与其它物质共同组成。但非挥发性有机酸对酒的呈味具有重要作用[7,8]。含酸量少的酒，酒味寡淡、单调，香气较少；如酸味过高，酒味粗糙，使酒的质量和风味下降，甚至出现酸败现象。适量的酸在酒中能起到缓冲、调和及谐味的作用，酒体清爽利口，并在贮存过程逐步形成芳香酯[9,10]。

收稿日期：2019-05-22
基金项目：广东省产学研项目（2013B090600157）；广东省自然科学基金项目（2014A030313592）；广东省教育厅重点项目（201509010005）
作者简介：郑敏怡（1995-），女，在读研究生，研究方向：食品化学
通讯作者：赵文红（1966-），女，博士，教授，研究方向：食品微生物

黄酒中有机酸产生的途径，一部分是来自原料，但大部分是在发酵过程中由酵母代谢生成[11]，对客家黄酒的呈味、营养及质量都具有重要的作用。黄酒中有机酸主要是乙酸、乳酸、草酸等[12]，作为良好的酸味剂和 pH 值调节剂，不仅能提高客家黄酒的口感和稳定性，还能起到抗氧化、防腐的功效[13,14]。

红曲是以大米为原料，经红曲霉(Monascus)发酵而成的一种紫红色米曲，故又称赤曲[15]，具有耐酸、耐高温等的特性，由于曲中含红曲霉和酵母菌等，亦具糖化发酵功能[16]。所以酒曲品种的不同，黄酒因有机酸含量不同而影响黄酒口感，因此在黄酒发酵过程中加入不同酒曲研究有机酸的种类和含量有重要意义，更为客家黄酒提供一定的风味基础。

早期的有机酸分析主要采用化学滴定方法，但由于分离纯化困难，且许多种有机酸含量低，检测精密度及灵敏度都十分有限。随着科技的发展，色谱技术逐渐应用于有机酸的测定，现在常用的分析方法有高效液相色谱(high performance liquid chromatography，HPLC)法、气相色谱及其联用分析方法、离子色谱(ion chromatography，IC)法等[17]。

本研究以糯米为原料，采用酒曲、红曲、酒药等发酵成黄酒的方法。对酒中有机酸进行研究，且利用高效液相色谱法分析不同酒曲的黄酒发酵期间的主要有机酸种类及含量的动态变化，进而探究红曲对客家黄酒有机酸的影响。以期红曲对客家黄酒的影响有一个全新的认识，并为客家黄酒风味物质的相关研究奠定理论基础，进一步促进酒业市场。

1 材料与方法

1.1 材料、试剂及仪器

材料：白糯米（200 g），上海宝锋食品有限公司；红曲（10 g）、麦曲（10 g）、酒药（5 g），广东河源紫金酒厂；米酒（29°）（280 mL），广东石湾酒厂有限公司。

试剂：草酸、酒石酸、丙酸、苹果酸、乙酸、柠檬酸、富马酸、琥珀酸、丙酮酸，广州化学试剂厂；乳酸，天津市科密欧化学试剂有限公司；甲醇（色谱纯），瑞典欧谱生公司；磷酸二氢铵，广州化学试剂厂。

仪器：高效液相色谱仪（Angilent1100），安捷伦科技有限公司；ZORBAX Eclipse Plus C18 柱（4.6×250 mm，5 μm），安捷伦科技有限公司；循环水真空泵（SHZ-Ⅲ型），郑州杜甫仪器仪表厂；SOP 电子天平，赛多利斯科学仪器（北京）有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 广东客家黄酒制备工艺流程

原料（200 g）→浸米（1 d）→蒸饭→摊凉→拌曲（红曲 10 g、麦曲 10 g、酒药 5 g）前发酵（7 d）→后发酵（23 d）→压榨、澄清→煎酒（90 ℃，20 min）→装坛→陈酿

1.2.2 广东客家黄酒酒曲配方

参照传统广东客家黄酒酿造工艺，结合酒曲的特点，经多次试验制定出如下三种酒曲配方，如表 1。

表 1 广东客家黄酒酒曲配方

Table 1 Formulation of liquor starter for Guangdong hakka rice wine

酒样编号	红曲/%	酒药/%	麦曲/%
Ⅰ	5	0.7	0.7
Ⅱ	-	0.7	0.7
Ⅲ	5	-	-

注：酒曲添加量为干糯米质量的百分比。

1.2.3 有机酸检测

1.2.3.1 标准曲线绘制

准确称取丙酮酸 80 mg，乳酸 310 mg，草酸 40 mg，酒石酸 160 mg，乙酸 480 mg，苹果酸 400 mg，柠檬酸 400 mg，富马酸 1 mg，琥珀酸 900 mg，丙酸 800 mg，用超纯水溶解并定容至 100 mL。分别取混合标准样品 1.0 μL、3.0 μL、5.0 μL、7.0 μL、9.0 μL 进样。以浓度为横坐标、色谱峰面积为纵坐标绘制标准曲线，按照有机酸出峰时间及标准回归方程分别将样品中的有机酸进行定性定量分析。

1.2.3.2 样品预处理

取 20 mL 样品于离心管中，3600 r/min 离心 10 min，取上清液，用 0.22 μm 滤膜过滤，待 HPLC 检测分析。

1.2.3.3 色谱条件

色谱柱：ZORBAX Eclipse Plus C18 柱（4.6×250 mm，5 μm）；柱温：20 ℃；流动相：0.01 mol/L 的磷酸二氢铵：甲醇（94.2:5.8，*V/V*），pH=3；流速：1 mL/min；检测波长：UV 213 nm。

1.2.4 感官评价测定方法

挑选不吸烟且有食品感官评价经验的食品专业学生 20 人（男女各半）组成感官鉴评小组（GB/T 13662-2008），为了有统一的评定标准，确定各项权重，以外观（10%）、风格（15%）、香气（25%）、口味（50%）为指标制定了如下感官评定表。

表 2 客家黄酒感官评定表

Table 2 The sensory evaluation criteria of Hakka rice wine

项目	特征
外观（10%）	橙红色至深红色，澄清，透明，有光泽，允许有微量聚集物（90~100）
	橙红色至深红色，有光泽，允许有微量聚集物（80~89.9）
	橙红色至深红色，略有光泽，允许有微量聚集物（70~79.9）
	橙红至深红色，微浑，无光泽，允许有微量聚集物（60~69.9）
	橙红色至深红色，浑浊，无光泽（60 以下）
风格（15%）	酒体协调，风格独特，幽雅无缺（90~100）
	酒体较协调，风格良好（80~89.9）
	酒体尚协调，但不够怡雅（70~79.9）
	酒体不协调（60~69.9）
	不具黄酒的酒体风格（60 以下）
香气（25%）	酒体较协调，风格良好（80~89.9）
	黄酒特有的浓郁醇香，协调怡人，无异香（90~100）
	黄酒特有的醇香较浓郁，尚怡悦，无异香（80~89.9）
	黄酒特有的醇香较少，但无异香（70~79.9）
	黄酒特有的醇香不足，或不悦人，或有异香（60~69.9）
	香气不良、使人厌恶（60 以下）
口味（50%）	酒味鲜美，醇厚甘顺，柔和爽口，余味绵长（90~100）
	酒味柔顺，爽口，甜酸适当（80~89.9）
	酒味协调，纯正无杂（70~79.9）
	酒味寡淡，不协调，或有其他明显的缺陷（60~69.9）
	酸，涩，苦，平淡，有异味（60 以下）

1.2.5 数据统计分析

采用 Excle 2013、SPSS 19.0 软件进行数据处理。

2 结果与讨论

2.1 有机酸标准曲线的绘制

在试验所设定的色谱条件下，10 种有机酸在 16 min 内全部分离完毕，并且色谱峰分离完全，峰型良好（图 1）。

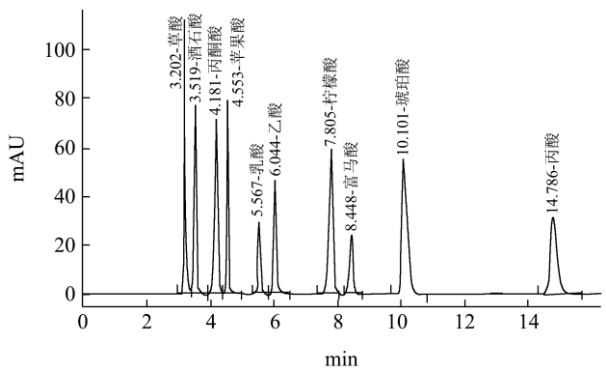


图 1 有机酸标样 HPLC 色谱图

Fig.1 Chromatogram of Organic acid standard HPLC

吸取不同含量的 10 种有机酸混合标准溶液，在上述色谱条件下进行分析，以浓度为横坐标、色谱峰面积为纵坐标绘制标准曲线并制定回归方程，如表 3 所示。各标准曲线回归方程的相关系数 $R^2 \geq 0.9998$，对同一样品进样 6 次，所得精密度（RSD）≤1.46%，说明有机酸组分在设定浓度的范围内，线性关系良好，重复性较好。

表 3 有机酸标准曲线的回归方程和相关系数

Table 3 The regression equations and correlation coefficient of organic acids

有机酸	回归方程	R^2	RSD(%, n=6)
草酸	y=257.99x-0.74	1	0.38
柠檬酸	y=274.28x-0.66	1	1.38
琥珀酸	y=337.45x-0.34	1	0.45
酒石酸	y=193.42x+4.76	0.9999	0.87
富马酸	y=115.11x–3.87	0.9998	0.65
丙酮酸	y=320.08x+1.73	0.9999	0.89
苹果酸	y=227.64x+3.26	0.9999	0.65
丙酸	y=260.027x–1.384	0.9999	1.34
乳酸	y=111.51x–4.80	0.9998	1.46
乙酸	y=157.78x–0.18	0.9998	0.78

2.2 检测方法的回收率测定

通过加标回收试验测得各有机酸的回收率，从表4可以看出酒样的回收率在90.03%~103.18%范围内。证明该方法准确度较高，适用于黄酒中的有机酸检测。

表4 10种有机酸加标回收率

Table 4 The recovery experiment of 10 kinds of organic acids

有机酸	样品含量/(mg/L)	加标量/(mg/L)	应测量/(mg/L)	实测量/(mg/L)	回收率/%
草酸	345.6	420.0	765.6	764.1	99.64
酒石酸	4119.4	1600.0	5719.4	5770.2	103.18
丙酮酸	819.3	420.0	1239.3	1251.5	102.90
苹果酸	9193.8	4020.0	13213.8	12813.2	90.03
乳酸	1627.7	3220.0	4847.7	4804.5	98.66
乙酸	9202.4	4800.0	14002.4	13827.2	96.35
柠檬酸	1295.7	2010.0	3305.7	3368.9	103.14
富马酸	2952.8	2020.0	4972.8	4789.2	90.91
琥珀酸	1804.3	4820.0	6624.3	6567.3	98.82
丙酸	0.0	4010.0	4010.0	3763.4	93.85

2.3 红曲对客家黄酒发酵过程中有机酸总量的影响

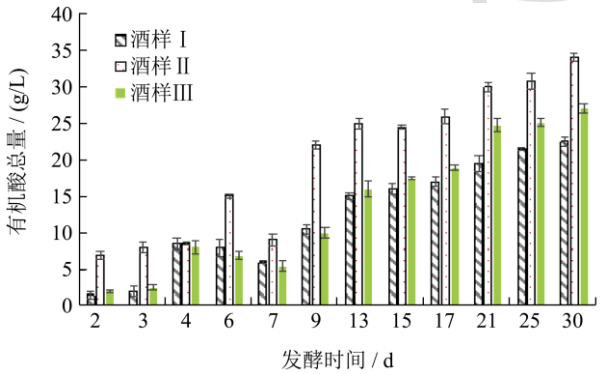


图2 不同酒曲客家黄酒发酵过程中有机酸总量的变化

Fig.2 Changes of organic acids of hakka rice wine during fermentation by different starter

注：结果表示为平均值±标准偏差（n=3）。

由图2可知，三种酒样在发酵过程中有机酸总量变化大体趋势一致，都是前发酵期有机酸逐含量渐增加到加入白酒后有机酸含量下降，酒样被白酒稀释，然后呈上升趋势。从发酵的第30 d可知，对比三种酒样，有机酸总量差异明显，三种含量从高到低的顺序为酒样II（33.83 g/L）、酒样III（27.72 g/L）、酒样I（22.67 g/L）。酒样II的香气和口感比酒样I和酒样III好。客家黄酒的有机酸总量比葡萄酒和白酒高[18,19]。适量的有机酸，能够使口感逐渐醇厚圆润、清爽利口、缓冲口味、稳定香气，有助于丰富和提高黄酒的香味和品质。添加红曲可以降低有机酸的含量，使黄酒口感更好、更柔和。使客家黄酒香气不至于淡而无味。

2.4 红曲对客家黄酒有机酸风味的影响

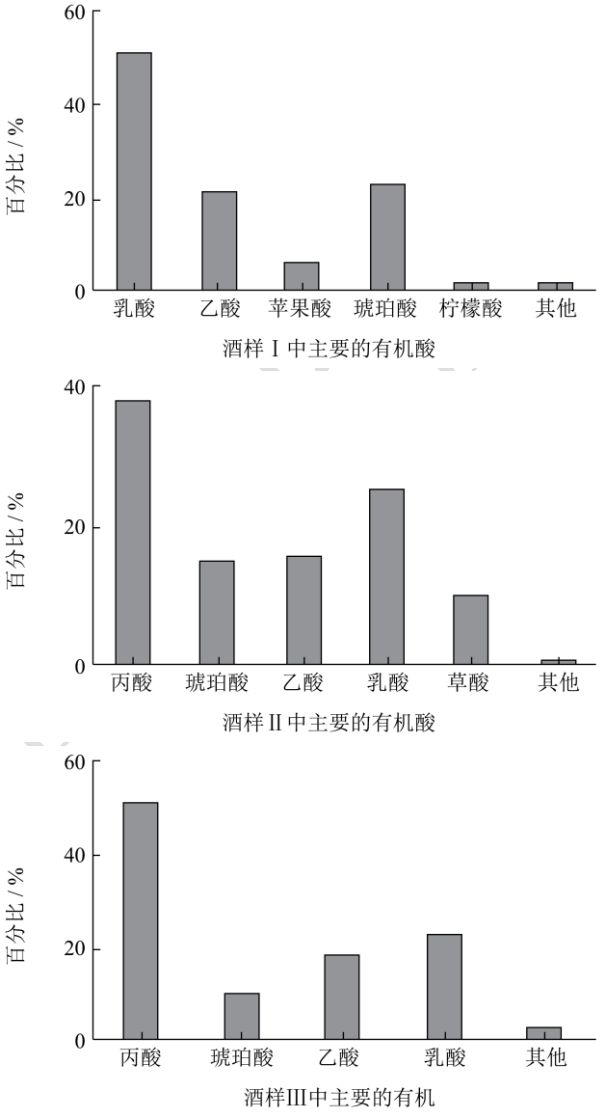


图3 不同酒曲客家黄酒中的主要有机酸

Fig.3 Main organic acids of hakka rice wine by different starter

注：挥发性有机酸：乙酸、丙酸；非挥发性有机酸：草酸、酒石酸、丙酮酸、苹果酸、乳酸、柠檬酸、富马酸、琥珀酸。

从图3可知，不同酒曲的客家黄酒有机酸的比例有较大差别。酒样I有机酸含量最多是乳酸，占总有机酸含量的50.29%；酒样II有机酸含量最多是丙酸，占总有机酸含量的36.64%；酒样III有机酸含量最多是丙酸，占总有机酸含量的59.67%。三种酒样中，乳酸、乙酸含量占的比例较大。客家黄酒中大部分的乳酸是在发酵中乳酸菌产生的，乳酸味道比较柔和，给客家黄酒带来良好的风味[20]。而乙酸主要由醋酸菌将乙醇氧化成乙酸，适量的乙酸可以增强黄酒的厚重，过量

会使客家黄酒口感粗糙[21]。中丙酸在酒样Ⅱ和酒样Ⅲ中占的比例都是最大，而酒样Ⅰ检测出的丙酸含量很少，丙酸可能对黄酒口感和香气有较大影响。三种酒样中酒样Ⅰ的挥发性和非挥发性有机酸含量最少，酒样Ⅲ的挥发性和非挥发性有机酸含量最多。不同的酒曲配方酿制的客家黄酒中有机酸的风味呈现不同的特点。

2.5 红曲对客家黄酒主要有机酸含量的影响

由图 4 可知，三种酒样都含有乳酸、乙酸和琥珀酸，也是江浙黄酒中有机酸含量最高的 3 种[22]。乳酸含量差异较大，酒样Ⅰ乳酸含量最高，为 11.40 g/L，酒样Ⅲ乳酸含量最少，为 6.02 g/L；乙酸差异较小，约为 5.5 g/L；Ⅰ、Ⅱ号酒样中琥珀酸含量较接近约为 5 g/L，酒样Ⅲ最少，为 3.05 g/L；丙酸在Ⅱ号和Ⅲ号酒样中含量大，但在Ⅰ号酒样中未检出。另外，Ⅰ号酒样中还测出苹果酸和柠檬酸，这在其他两种酒中含量甚微。Ⅱ号酒样中测出草酸，这在其他两种酒中含量甚微。多种有机酸综合作用赋予了客家黄酒复杂的味感特征。所以，在客家黄酒酿造时添加红曲，有助于维持客家黄酒的酸味平衡，提升味觉层次感。

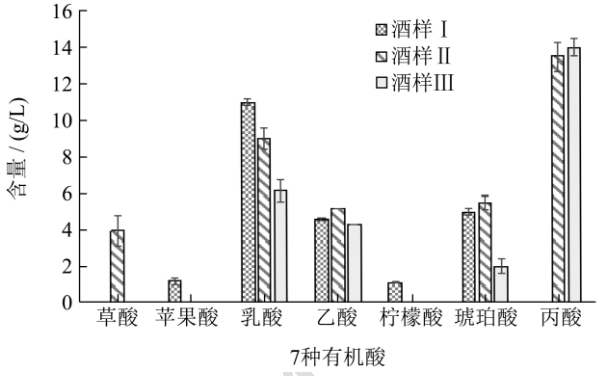


图 4 不同酒曲客家黄酒中主要有机酸的含量

Fig.4 The content of main organic acids of hakka rice wine by different starter

注：结果表示为平均值±标准偏差（n=3）。

2.6 红曲对客家黄酒感官品质的影响

从表 5 可知，感官评价分数由高至低为酒样Ⅰ、酒样Ⅱ、酒样Ⅲ，分数分别为 92.3 分、81.4 分、80.3 分。在外观、香气方面：含有红曲的酒样Ⅰ和Ⅲ，香气和色泽优势突出，外观和香气香气分别都>9 分和>20 分，可能是由于发酵过程中红曲与酵母发生协同作用，产生更多的酸类、醇类、酯类等风味代谢产物，使酒液香味浓郁。红曲较强的酯化力增加了酒中酯类物质含量，赋予黄酒特有的香气。同时，由于红曲的加入改善了酒体微黄的色泽，红曲色素使酒液呈现出宝红色，透明清亮，有光泽。在口味方面：酒样Ⅰ46.5 分>酒样Ⅱ42.7 分>酒样Ⅲ38.8 分，但有机酸总量酒样Ⅱ>酒样Ⅲ>酒样Ⅰ，说明总酸含量越高，口味的分数越低，酒体会体现出酸涩感。在风格方面：酒样Ⅰ最优为 13.2 分，具有客家黄酒特有的风格，酒体成分尚协调。酒样Ⅲ次之为 11.6，具有黄酒风格，酒体成分较为协调；酒样Ⅱ最低为 10.9 分，成分尚协调，但风味不明显。综上所述，使用传统酒曲配方的Ⅰ号酒具有较高的成品质量。Ⅱ、Ⅲ号酒虽各有风味特点，但其质量还有待于进一步提升。由此可知，传统客家黄酒酿造过程中，红曲是必不可少的，但仅仅使用红曲又是不足够的。只有依照传统的酿造配方的基础上，进一步改进生产工艺，才能保证高质量传统客家黄酒的生产。

表 5 不同酒样的感官评价统计表

Table 5 Sensory evaluation statistics of different wine samples

酒样	外观/分	香气/分	口味/分	风格/分	总分/分
Ⅰ	9.5	23.1	46.5	13.2	92.3
Ⅱ	8.2	19.6	42.7	10.9	81.4
Ⅲ	9.1	20.8	38.8	11.6	80.3

2.7 强度（TAV）值分析

客家黄酒中影响有机酸的种类和含量的其中一个因素是酒曲[23]，在发酵过程中微生物代谢产生有机酸，在 3 种酒样中对酸味起重要作用的是草酸、苹果酸、乳酸、乙酸、柠檬酸、琥珀酸和丙酸。不同的有机酸不仅味感不同，其阈值也不同。基于此，试验采用 TAV 值分析法对呈味有机酸对客家黄酒的呈味贡献进行分析。TAV 值是样品中呈味物质含量与其对应物质的阈值之比。从表 6 可知，酒样Ⅰ TAV 值最大的 3 种有机酸是乳酸、乙酸和琥珀酸。酒样Ⅱ TAV 值最大的 3 种有机酸是乳酸、乙酸和琥珀酸。酒样Ⅲ TAV 值最大的 3 种有机酸是乳酸、乙酸和丙酸。酒中乳酸和乙酸的 TAV 值都>100，风味显著。客家黄酒中不管是否添加红曲乳酸和乙酸的 TAV 值都在酒中贡献最大，只添加红曲的客家黄酒贡献呈味的有机酸比三种酒曲都添加的酒样Ⅰ和只添加酒药和白曲的酒样Ⅱ少。草酸、苹果酸、柠檬酸等含量较少，TAV 值较小是酒中的辅助酸味特征成分。三种酒样中只有酒样Ⅰ含有苹果酸和柠檬酸，且不含有丙酸。结合表 5 感官评价得出，可能苹果酸和柠檬酸有利于增加黄酒口感，丙酸会降低黄酒的品质。添加红曲使客家黄酒有机酸种类增加而使酒体更富有层次感。

表 6 客家黄酒中 7 种主要有机酸的呈味特性及在客家黄酒的 TAV 值

Table 6 Taste characteristics of 7 major organic acids in Hakka rice wine and TAV values in Hakka rice wine

有机酸	阈值/(mg/L)[17,24,25]	酸味特性[22,26]	TAV 值		
			酒样Ⅰ	酒样Ⅱ	酒样Ⅲ
草酸	45	酸味	0	70.51	0
苹果酸	87	酸味爽口，微有涩苦，呈味缓慢持久	13.56	0	0
乳酸	47	酸味柔和且浓厚	242.55	175.53	127.66
乙酸	40	醋香味	114.25	128.25	122.25
柠檬酸	85	酸味，后苦时间短	6.35	0	0
琥珀酸	65	酸、咸苦味	76.31	74.92	38
丙酸	245	辛辣、刺激、酸味	0	50.62	56.20

注：阈值表示呈味物质在水溶液中有味觉刺激的最小质量浓度。

3 结论

本实验采用液相色谱法对 3 种客家黄酒酒样以外标法进行10种有机酸定量分析并对3种客家黄酒品质进行分析。结果表明，添加红曲可以降低客家黄酒中的有机酸总量，降低酸度，加强黄酒口感。红曲使客家黄酒中的有机酸种类增加从而使酒体更富有层次感。乳酸和乙酸对客家黄酒的贡献最大，红曲的添加会使乳酸和乙酸的含量增加并增大 TAV 值。

参考文献

[1] 杨海玲.黄酒的酿制工艺及营养成分分析[J].现代农业科技,2018,21:258-259
YANG Hai-ling. Analysis of brewing process and nutrient composition of rice wine [J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2018, 21: 258-259

[2] 寇巧花,曾钧,黄名扬,等.半甜型客家糯米黄酒大罐发酵工艺研究[J].酿酒科技,2013,6:65-67
KOU Qiao-hua, ZENG Yun, HUANG Min-yang, et al. Study on fermentation process of semi-sweet hakka rice wine [J]. Liquor-Making Science & Technology, 2013, 6: 65-67

[3] 赵莹雪,陈文芳.论梅州客家娘酒的旅游开发[J].市场研究,2008,9:8-9
ZHAO Xue-ying, CHEN Wen-fang. On the tourism development of Meizhou Hakka Niang wine [J]. Marketing Research, 2008, 9: 8-9

[4] 周家骐.黄酒生产工艺[M].北京:中国轻工业出版社,1996
ZHOU Jia-qi. Yellow Wine Production Process [M]. Beijing: China Light Industry Press, 1996

[5] 管敬喜,谢太理,杨莹,等.NW196 毛葡萄干酒降酸工艺的研究[J].酿酒科技,2014,3:41-43
ZHOU Jing-xi, Xie TAI-li, YANG Ying, et al. Study on the acid reduction process of NW196 raisin wine [J]. Liquor-Making Science & Technology, 2014, 3: 41-43

[6] 彭传涛,贾春雨,文彦,等.苹果酸-乳酸发酵对干红葡萄酒感官质量的影响[J].中国食品学报,2014,14(2):261-268
PENG Chuan-tao, JIA Chun-yu, WEN Yan, et al. Effect of Malic Acid-lactic Acid Fermentation on Sensory Quality of Dry Red Wine [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2014, 14(2): 261-268

[7] 叶芙蓉,陈细丹,倪夏红.高效液相色谱法测定绍兴黄酒中有机酸[J].山东食品发酵,2014,1:26-34
YE Fu-rong, CHEN Xi-dan, NI Xia-hong. Determination of organic acids in shaoxing rice wine by high performance liquid chromatography [J]. Shandong Food Fermentation, 2014, 1: 26-34

[8] 冯爱军,赵文红,白卫东,等.不同黄酒中有机酸的测定[J].中国酿造,2010,8:144-146
FENG Ai-jun, ZHAO Wen-hong, BAI Wei-dong, et al. Determination of organic acids in different yellow wines [J]. China Brewing, 2010, 8: 144-146

[9] 王家林,张颖,于秦峰.黄酒风味物质成分的研究进展[J].酿酒科技,2011,8:96-103
WANG Jia-lin, ZHANG Ying, YU Qing-feng. Research progress on flavor components of yellow wine [J]. Liquor-Making Science & Technology, 2011, 8: 96-103

[10] 李红蕾,冯涛,荣志伟.黄酒酿制过程中风味物质变化规律的研究[J].食品工业,2011,12:69-72
LI Hong-lei, FENG Tao, RONG Zhi-wei. Study on the change law of flavoring substances in the process of yellow rice brewing [J]. The Food Industry, 2011, 12: 69-72

[11] 张海波,张彦,陈少峰.江米酒中有机酸的分析[J].酿酒科技,2007,10:93-94,101
ZHANG Hai-bo, ZHANG Yan, CHEN Shao-feng. Analysis of organic acids in jiangmi liquor [J]. Liquor-Making Science & Technology, 2007, 10: 93-94, 101

[12] 吕旭聪,黄清,黄若兰等.反相高效液相色谱法同时快速测定黄酒和葡萄酒中有机酸的含量[J].食品与发酵工业,2010,36(6):132-136
LYU Xu-chong, HUANG Qing, HUANG Ruo-lan, et al. Simultaneous determination of organic acids in yellow wine and wine by reversed-phase high performance liquid chromatography [J]. Food and Fermentation Industries, 2010, 36(6): 132-136

[13] Cheung H N B, G H Huang, H Yu. Microbial-growth inhibition during composting of food waste: Effects of organic acids [J]. Bioresource Technology, 2010, 101(15): 5925-5934

[14] Inés Mato, Silvia Suárez-Luque, José F Huidobro. A review of the analytical methods to determine organic acids in grape juices and wines [J]. Food Research International, 2005, 38(10):1180-1188

[15] 王玲,吴军林,吴清平.红曲降血脂功能的研究及应用概况[J].食品工业科技,2014,35(8):387-390
WANG Ling, WU Jun-lin, WU Qing-ping. Research and application of red yeast blood lipid lowering function [J]. Food and Fermentation Industries, 2014, 35(8): 387-390

[16] 黄宏南.福建红曲的活性物质及其医疗保健效应[D].福州:福建农林大学,2006
HUANG Hong-nan. Active substances of fujian red yeast rice and its health care effect [D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2006

[17] 黄明泉,王璐,孙宝国.甜面酱中非挥发性有机酸成分分析[J].食品科学,2013,34(18):123-130
HUANG Ming-quan, WANG Lu, SUN Bao-guo. Analysis of nonvolatile organic acids in sweet noodle sauce [J]. Food Science, 2013, 34(18):123-130

[18] 范文来,龚舒蓓,徐岩.白酒有机酸谱[J].酿酒,2019,46(1):37-42
FAN Wen-lai, GONG Shu-pei, XU Yan. Liquor organic acid spectrum [J]. Liquor Making, 2019, 46(1): 37-42

[19] 郑海宏,罗华,侯红萍.葡萄醋发酵工艺研究及其有机酸组分分析[J].中国酿造,2019,38(2):139-143
ZHENG Hai-hong, LUO Hua, HOU Hong-ping. Study on fermentation process of grape vinegar and analysis of organic acid components [J]. China Brewing, 2019, 38(2): 139-143

[20] 毛青钟.黄酒发酵过程中乳酸杆菌的功与过[J].酿酒,2001,28(6):72-75
MAO Qing-zhong. The work and overwork of *Lactobacillus* during rice wine fermentation [J]. Liquor Making, 2001, 28(6): 72-75

[21] Cao Y, Xie G, Wu C, et al. A study on characteristic flavor compounds in traditional chinese rice wine-guyue longshan rice wine [J]. Journal of the Institute of Brewing, 2010, 116(2): 182-189

[22] 郭金英,杨慧.黄酒中主要有机酸的分析[J]. 酿酒科技,2014,10:94-96
GUO Jin-ying, YANG Hui. Analysis of main organic acids in rice wine [J]. Liquor-Making Science & Technology, 2014, 10: 94-96

[23] Cai H, Zhang T, Zhang Q, et al. Microbial diversity and chemical analysis of the starters used in traditional Chinese sweet rice wine [J]. Food Microbiology, 2018,73:319-326

[24] 董霞.啤酒中有机酸类物质的研究[D].无锡:江南大学,2004
DONG Xia. Study on organic acids in beer [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2004

[25] Yang Y M, Yang P Y, Wang X R. Electronic nose based on SAWS array and its odor identification capability [J]. Sensors & Actuators B, 2000, 66(1):167-170

[26] 丁耐克.食品风味化学[M].中国轻工业出版社,1996
DING Nai-ke. Food Flavor Chemistry [M]. China Light Industry Press, 1996

（上接第 136 页）

[20] Bau H M, Villaume C, Giannangeli F, et al. Optimal heating and nutritional and functional value of soy proteins [J]. Cahiers de Nutrition et de Dietetique, 2001, 36(2): 96-102

[21] Yang J, Wu X, Chen H, et al. A value-added approach to improve the nutritional quality of soybean meal byproduct: Enhancing its antioxidant activity through fermentation by *Bacillus* amyloliquefaciens SWJS22 [J]. Food Chemistry, 2019, 272: 396-403

[22] Sharmila G R, Halami P M, Venkateswaran G. Identification and characterization of a calcium dependent bacillopeptidase from *Bacillus subtilis* CFR5 with novel kunitz trypsin inhibitor degradation activity [J]. Food Research International, 2018(103): 263-272