

发酵茶酒的制备及其挥发性成分分析

王晓娜, 杜先锋*, 蒋 军, 徐晓南, 杨志凯

(安徽农业大学茶与食品科技学院, 合肥 230036)

摘 要: 以小麦、大米和夏秋茶为原料, 茶酒曲和母曲作为发酵剂, 采用传统固态发酵技术发酵, 酿造一种具有独特茶香、保留传统酒香特色且酒体清澈透明的白酒。探讨不同茶叶含量酒曲酒醅中游离氨基酸以及结合感官审评分析比较发酵茶酒之间挥发性成分的差异。结果表明, 所酿造的茶香型白酒风味独特, 酒醅中含有 17 种游离氨基酸, 其中 30% 茶酒曲的酒醅中的游离氨基酸总量高于其他样品总量; 其挥发性成分包括醇类、酯类、酮醛类、含氮化合物、芳香族、酸类等 78 种化合物, 其中添加茶酒曲酿造的白酒中总酯含量高于母曲酿造的白酒中的含量。

关键词: 茶酒曲; 固态发酵; 游离氨基酸; 挥发性成分

中图分类号: TS262.39

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2019)06-0901-07

Preparation of fermented tea liquor and analysis of its volatile components

WANG Xiaona, DU Xianfeng, JIANG Jun, XU Xiaonan, YANG Zhikai

(School of Tea and Food Science Technology, Anhui Agricultural University, Hefei 230036)

Abstract: In this paper, wheat, rice and summer-autumn tea were used as raw materials, and tea jiuqu and mother jiuqu were used as starter to prepare liquor with traditional wine flavor and unique tea flavor by traditional solid-state fermentation technology. The free amino acids in fermented grain with different tea contents were determined by automatic amino acid analyzer, and volatile components were determined by GC-MS combined with sensory evaluation. The results showed that the fermented grains contained 17 kinds of free amino acids, and which had higher total amount of free amino acids with addition of tea jiuqu containing 30% tea than other samples; they also contained 78 kinds of compounds, including alcohols, esters, ketoaldehydes, nitrogen-containing compounds, aromatic compounds and acids, of which the total ester content in the liquor brewed with tea jiuqu was higher than that in the liquor brewed with mother jiuqu.

Key words: tea jiuqu; solid state fermentation; free amino acids; volatile component

夏秋茶是指在夏秋季节采摘加工的茶叶。夏秋茶产量很高, 占全年的 60% 以上, 茶叶受夏秋季节的影响, 夏秋茶中多酚、花青素、咖啡碱类物质含量较高, 氨基酸含量偏低, 酚氨比变大, 苦涩味加重, 鲜爽味较低, 品质下降^[1]。虽然夏秋茶的产量很高, 但其产值仅占全年产值的 20%, 因此, 充分利用夏秋茶资源不仅能够带动夏秋茶产业, 还可以增加茶农的收入, 提高夏秋茶的经济效益。

中国白酒的生产工艺种类繁多, 不同厂家生产的白酒香气特征差异较大。一般来说, 生产清香型白酒的主要原料是高粱、大麦和豌豆^[2]。清香型白酒应无色、清澈透明, 无悬浮物、无沉淀, 香气纯

正, 具有乙酸乙酯优雅和谐的香气^[3]。

目前, 夏秋茶的应用范围比较广泛, 如: 食品业、畜牧业、养殖业等^[4], 然而将夏秋茶应用在酒曲制作中, 并作为发酵剂发酵白酒的研究还鲜见报道。鉴于此, 作者在此基础上, 将夏秋茶酒曲和酿酒原料进行混合发酵, 酿造具有茶香且保留传统白酒特色的白酒。

1 材料与方法

1.1 材料

夏秋茶, 霍山茶厂提供; 小麦, 合肥种子分公司; 东北大米、糯米, 合肥家乐福超市; 母曲, 安徽某

收稿日期: 2019-03-13

作者简介: 王晓娜, 硕士研究生。E-mail: 1578658337@qq.com

* 通信作者: 杜先锋, 博士, 教授, 博士生导师。E-mail: dxfa@ahau.edu.cn

知名酒厂；所用试剂均为分析纯。

1.2 仪器与设备

HH-恒温水浴锅, 金坛市杰润尔电器有限公司; JW-3021H 台式高速离心机, 安徽嘉文仪器装备有限公司; TD5A-WS 台式低速离心机, 上海安亭科学仪器厂 SW-CJ-ID; 净化工作台, 苏州净化设备有限公司; Agilent 7000D 安捷伦气质联用仪 7000D, 美国赛默尔飞世尔公司; L-8900 氨基酸自动分析仪, 日立仪器有限公司。

1.3 方法

1.3.1 茶酒曲样品处理 将整块茶酒曲粉碎, 过 40 目筛, 利用四分法粉碎混匀。

1.3.2 茶酒曲酿酒方法 准确称取 435 g 小麦和 65 g 大米, 装入发酵罐中, 搅拌均匀后灭菌, 各取 100 g 茶酒曲和母曲加入其中, 密封发酵 30 d, 取出进行蒸馏, 所得的馏出液即为茶香型白酒样品。其中未添加茶酒曲酿造的白酒简称为 NCQJ; 茶酒曲酿造的白酒分别简称为 15% CQJ、30% CQJ 和 50% CQJ。未添加茶酒曲酒醅简称 NCQP; 茶酒曲酒醅分别简称为 15% CQP、30% CQP 和 50% CQP。

1.3.3 感官分析 参照 GB/T 33405-2016《白酒感官品评术语》, 对发酵茶酒进行感官分析。

1.3.4 发酵茶酒挥发性成分的检测 将茶香型白酒的酒精度稀释到 5%, 吸取 5 mL 于样品瓶中, 加入 3 g NaCl, 溶解, 于 50℃ 水浴锅中用 50/30-mm CAR/DVB 萃取针吸附 40 min, 于进样口中进行检测^[5]。

气相色谱条件: DB-5 色谱柱 (30 m×0.25 mm,

0.25 μm); He 作为载气, 流速控制为 1 mL·min⁻¹; 采取程序升温方案: 起始温度 60℃, 维持 2 min, 以 3℃·min⁻¹ 速度升至 200℃, 保持 1 min 再以 10℃·min⁻¹ 升至 260℃·min⁻¹ 维持 5 min; 汽化室温度为 260℃; 不分流进样。

质谱条件: 选择电子轰击电离离子源 (EI), 电子倍增器电压为 350 V, 电子能为 70 eV, 发射电流为 200 μA, 接口温度 250℃, 离子源温度为 200℃, 质量范围控制在 33~450 u。

1.3.5 游离氨基酸测定 称取 0.3 g 酒醅, 加入 3 mL 磺基水杨酸, 超声浸提 30 min, 于 3 000 r·min⁻¹ 离心机中离心 20 min, 取上清液, 于 12 000 r·min⁻¹ 离心机中离心 30 min, 取上清液 1 mL, 过 0.22 μm 水膜于进样瓶中, 待测。

2 结果与分析

2.1 发酵茶酒的感官审评

从表 1 和图 1 中可以看出, CQJ 的香气、口味、口感和风格与 NCQJ 均存在差异, NCQJ 与 CQJ 在外观上差别不大。在香气方面, 随着酒曲中茶叶含量的增加, 清香逐渐减弱, 茶香逐渐凸显, 而曲香差别不大。在口味方面, NCQJ、15% CQJ 和 30% CQJ 的鲜味差别不大, 50% CQJ 的鲜味较弱; CQJ 与 NCQJ 的苦味差别不大; CQJ 的酸味强于 NCQJ。在口感方面, NCQJ 的柔和度和持久度强于 CQJ, 而 30% CQJ 的丰满度和协调度强于其他样品; 在风格方面, 30% CQJ 的典型性较为明显。

表 1 数字标度定量发酵茶酒特征强度

Table 1 Characteristic strength of quantitative fermented tea wine on digital scale

特征名称 Feature		NCQJ	15%CQJ	30%CQJ	50%CQJ
外观 Appearance	色泽 Color and lustre	8	8	8	8
香气 Aroma	清香 Delicate fragrance	7	5	5	7
	茶香 Tea aroma	6	7	8	9
	曲香 Qu fragrance	4	5	5	4
口味 Flavor	鲜 Umami	6	7	7	5
	苦 Bitter	3	4	3	3
	酸 Sour	3	4	5	4
口感 Taste	柔和度 Softness	7	5	6	6
	持久度 Persistence	6	4	5	3
	协调度 Harmony	6	6	7	5
	丰满度 Fullness	5	4	6	5
风格 Style	典型性 Typicality	5	6	8	6

2.2 不同茶叶含量的酒曲酒醅中游离氨基酸测定

白酒发酵过程中, 在乳酸菌、真菌和酵母共同作用下降解原料, 产生大量的氨基酸、蛋白质、低

聚糖和维生素^[6]。氨基酸是芳香化合物的营养成分和前体, 直接影响白酒的风味^[7]。一些氨基酸作为高级醇、醛、酮和酯的挥发性化合物前体, 有助于白

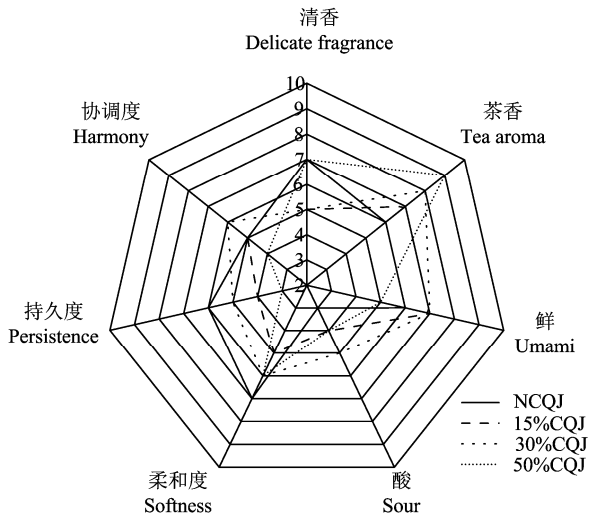


图 1 发酵茶酒口味剖面雷达图

Figure 1 Radar map of fermented tea wine flavor profile

表 2 不同茶叶含量的酒曲酒醅中游离氨基酸组成

Table 2 Free amino acid composition in fermented grains with different tea contents mg·100 g⁻¹

名称 Name	NCQJ	15% CQP	30% CQP	50% CQP
天门冬氨酸 Asp	0.19	0.34	1.01	1.43
苏氨酸 Thr	3.41	2.40	3.78	2.34
丝氨酸 Ser	1.54	1.14	1.76	1.33
谷氨酸 Glu	4.39	5.50	8.40	2.87
脯氨酸 Pro	2.97	3.58	4.52	3.72
甘氨酸 Gly	1.47	1.16	1.64	0.97
丙氨酸 Ala	3.79	3.83	4.70	2.33
胱氨酸 Cys	0.67	0.73	0.43	0.45
缬氨酸 Val	1.10	1.68	1.90	1.26
蛋氨酸 Met	0.43	0.50	0.58	0.38
异亮氨酸 Ile	0.69	0.74	1.13	0.67
亮氨酸 Leu	2.69	3.05	3.61	3.19
酪氨酸 Tyr	1.56	1.66	2.26	1.57
苯丙氨酸 Phe	2.31	2.96	3.65	2.53
赖氨酸 Lys	1.56	0.83	1.10	0.72
组氨酸 His	0.67	1.15	1.14	0.72
精氨酸 Arg	1.51	0.92	3.54	1.21
氨基酸总和 Total AA	30.97	32.17	45.15	27.67

酒香气的提升^[8]。由表 2 可以看出, 酒醅中氨基酸的种类较丰富, 包括天门冬氨酸、苏氨酸、丝氨酸等 17 中氨基酸, 且各组样品之间氨基酸差异比较明显。其中谷氨酸、脯氨酸、丙氨酸、缬氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸和粒氨酸等 9 种氨基酸的含量在 30% CQP 中均高于其他样品。酒醅中的游离氨基酸在白酒酿造过程中, 经过微生物的分解代谢

和酶的催化成为白酒香气物质的前体物质之一, 其中缬氨酸和苯丙氨酸是白酒香气中关键的前体物质, 酒醅中适量的苯丙氨酸使茶香型白酒具有清爽的苦味和芬芳的香气^[9-10]。由表 2 还可知, CQP 中天门冬氨酸、脯氨酸、缬氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸和组氨酸的含量明显高于 NCQP, 赖氨酸的含量则低于 CQP, 苏氨酸、丝氨酸、甘氨酸、胱氨酸和蛋氨酸含量变化不大。

2.3 不同茶酒曲发酵产酒的挥发性风味物质

从表 3 中可以看出, 利用 HS-SPME-GC-MS 方法检测到不同茶酒曲酿造酒的挥发性成分种类差异较大, 检测到的化合物有酯类、醇类、醛酮类、含氮化合物、芳香族和酸类, 含量最高的是酯类和醇类。由图 3 可以看出, CQJ 的含量明显高于 NCQJ 的含量, 样品间差异较明显, 可能与微生物群落有关^[11-13]。

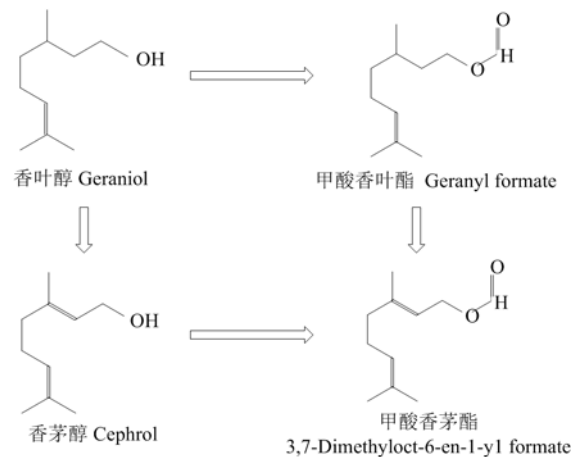


图 2 酵母发酵对一些醇及其衍生物的生物转化

Figure 2 Biotransformation of some alcohols and their derivatives by yeast fermentation

酯类化合物是白酒挥发性成分中最重要的化合物^[14-15], 其中乙酸丙酯、乙酸乙酯 (溶剂状香)、2-羟基乙酸丙酯、乳酸乙酯 (椰子香)、己酸乙酯 (甜苹果香)、辛酸乙酯 (酸苹果香)、苯乙酸乙酯 (玫瑰和蜂蜜香) 和十六酸乙酯 (蜡样气), 是白酒中主要的挥发性成分。在本研究的所有样品中, 共发现 29 种酯, 这些酯的含量差异较显著。在 NCQJ 中乙酸乙酯的含量高于 CQJ 的含量, 其他酯的含量高于 NCQJ。在 CQJ 中乙酸丙酯、2-羟基乙酸丙酯、苯乙酸乙酯和十六酸乙酯的含量随着茶酒曲中的茶叶含量的增加而降低, 而乙酸乙酯和柳酸甲酯则反之。从图 4 中可以看出, 在 CQJ 中还发现了甲酸香茅酯, 而在 NCQJ 中则未被检测到, 主要是由于在茶酒曲中产生了某种酵母, 发生了一系列转化, 茶叶中的

表 3 不同茶叶含量的酒曲酒挥发性成分含量比较
Table 3 Comparison of volatile components in liquor with different tea contents

序号 No.	保留时间/min Retention time	化合物 Compound	相对含量 /% Relative content			
			NCQJ	15%CQJ	30%CQJ	50%CQJ
醇类化合物 Alcohol compound						
1	4.104	乙醇 Dimethyl ether	8.24	9.43	10.44	10.02
2	5.234	丙醇 Propyl alcohol	—	—	0.78	—
3	7.151	2-丙炔-1-醇 Propargyl alcohol	—	3.19	2.22	1.59
4	7.249	2,3-丁二醇 2,3-Butanediol	3.80	2.35	1.62	—
5	7.331	正戊醇 1-Pentanol	—	0.63	1.13	1.78
6	21.036	芳樟醇 1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl- Σ	0.38 12.41	0.31 15.92	— 16.20	— 13.40
酯类化合物 Ester compounds						
7	4.561	β-丙内酯 Propiolactone	—	0.56	—	—
8	5.059	2-羟基丙酸甲酯 Methyl 2-hydroxypropionate	—	—	2.90	—
9	5.259	乙酸丙酯 Propyl acetate	—	3.79	2.65	2.52
10	5.367	乙酸乙酯 Ethyl acetate	9.42	2.90	4.32	8.87
11	5.545	2-羟基乙酸丙酯 Propyl 2-hydroxyacetate	—	6.30	3.66	0.29
12	5.589	2-氧代-丙二酸二异丙酯 Diisopropyl 2-oxo-malonate	—	1.71	—	—
13	6.716	碳酸, 烯丙基 2-甲基丁酯 Carbonic acid, allyl 2-methyl butyl ester	—	—	0.42	—
14	6.875	丙烯酸乙酯 Ethenyl acrylate	2.61	—	—	—
15	6.988	1,3-苯二酚单苯甲酸酯 3-Hydroxyphenyl benzoate	—	—	0.90	1.32
16	7.87	草酸二丙酯 Oxalsaeure-dipropylester	—	0.23	—	—
17	8.844	L(-)-乳酸乙酯 Ethyl L(-)-lactate	1.39	6.30	6.48	6.37
18	10.991	甲酸香茅酯 Citronellol formate	—	2.59	0.72	3.16
19	16.12	己酸乙酯 Ethyl caproate	—	0.16	1.16	0.12
20	24.551	安息香酸乙酯 Benzoic acid, ethyl ester	0.75	—	—	—
21	24.674	丁二酸二乙酯 Succinic acid diethyl ester	1.09	—	—	—
22	25.602	辛酸乙酯 Ethyl n-octanoate	—	0.14	1.66	0.37
23	25.715	柳酸甲酯 Methyl salicylate	0.46	0.46	0.31	0.21
24	27.892	苯乙酸乙酯 Ethyl 2-phenylacetate	0.94	5.07	0.58	0.11
25	30.237	壬酸乙酯 Ethyl perlargonate	—	—	0.19	—
26	33.309	丙位癸内酯 γ-Decalactone	0.11	—	—	—
27	34.321	反式-4-癸烯酸乙酯 Ethyl trans-4-decenoate	—	—	0.21	—
28	34.697	癸酸乙酯 Ethyl decanoate	—	—	0.94	0.42
29	39.312	乙基 9-氧代壬酸酯 Azelaaldehydic acid ethyl ester	0.28	—	—	—
30	42.791	2,4,4-三甲基戊烷-1,3-二基双(2-甲基丙酸酯) Bisisobutyric acid 2,4,4-trimethylpentane-1,3-diyl ester	0.15	—	—	—
31	46.329	3-戊基戊二酸二甲酯 Dimethyl 3-amyl glutarate	0.20	—	—	—
32	50.371	十四酸乙酯 Ethyl tetradecanoate	—	0.41	—	—
33	52.367	邻苯二甲酸 1-苄基酯 2-(4-乙基-1-异丁基 - 辛基) 酯 1- Benzyl phthalate 2- (4- ethyl -1- isobutyl - octyl) ester	0.25	—	—	—
34	55.138	十六酸乙酯 Ethyl palmitate	0.91	2.87	0.13	0.13
35	58.057	油酸乙酯 Ethylis oleas Σ	— 18.54	0.23 33.70	— 27.22	— 23.90
含氮化合物 Nitrogen-containing compound						
36	4.332	3,3'-氧基二(1,2-丙烷二醇)四硝酸酯 3,3'-oxydil (1,2-propanediol) tetranitrate	—	1.48	1.47	—
37	4.754	硝酸甲酯 Nitric acid, methyl ester	—	—	—	1.68
38	4.816	甲酰胺 Potassium deutoformate	0.30	12.48	6.64	1.98
39	5.38	乙酰氧基乙酸 2-Acetyloxyacetic acid	—	4.58	—	0.81
40	5.39	硝基甲烷 Nitro-methane	—	0.79	—	—
41	5.542	(S)-3-羟基四氢呋喃 (S)-(+)-3-Hydroxytetrahydrofuran	—	2.20	—	—

续表 3 Continued table 3

42	6.962	异氰酸甲酯 Metilisocianato	2.11	—	—	—
43	7.023	2,2-双乙酰氧乙酮 2, 2-Diacetophenone	—	1.66	1.27	—
44	19.75	2-氨基-6H-吡唑并[4', 3': 3,4]苯并[1,2-d]噻唑-4-羧酸甲酯 2-Amino-6H-pyrazole [4', 3' : 3,4] benzo [1,2-d] thiazol-4-carboxylic acid methyl ester	0.26	—	—	—
		Σ	2.67	23.20	9.37	4.47
芳香族化合物 Aromatic compounds						
45	6.944	3-(苯甲酰硫基)-2-甲基丙酸 3-(Benzoylthio)-2-methylpropanoic acid	2.99	—	—	—
46	11.732	苯基丁二酸 2-Phenyl-butanedioic acid	—	—	—	0.15
47	11.76	苯乙烯 Styrene monomer	—	—	0.31	—
48	14.681	苯甲醛 Benzaldehyde	0.40	0.14	0.25	0.30
49	15.43	苯酚 Fenol	—	0.14	—	—
50	18.438	苯乙醛 Phenyl-acetaldehyd	0.45	0.23	—	—
51	21.827	苯乙醇 Phenethyl alcohol	2.67	0.53	—	—
52	24.279	4-乙基苯酚 4-Ethyl-phenol	0.23	0.28	—	—
53	29.46	4-乙基-2-甲氧基苯酚 4-Ethyl-2-methoxyphenol	2.55	—	—	—
54	30.078	4-烯丙基苯甲醚 4-Allylanisole	0.14	—	—	—
55	31.167	2-羟基-5-甲基苯乙酮 1-(2-Hydroxy-5-methylphenyl)ethanone	0.17	1.41	0.14	0.22
56	31.462	(2,2-二氧基乙基)-苯 Benzeneacetaldehyde, diethyl acetal	—	0.14	—	—
57	44.157	{3-[6-(3-哌啶-1-基-丙氧基)-咪唑并[1,2-b]噻唑-3-基] - 苯基}-甲醇 {3-[6-(3-Piperidine-1-base-c oxygen radicals)-imidazole and [1, 2-b] pyridazine-3-base] - phenyl} - methanol	—	0.15	—	—
58	44.219	苯乙酮 Acetophenone	2.98	—	1.10	0.29
		Σ	12.58	3.03	1.80	0.97
醛类化合物 Aldehyde compound						
59	5.134	三聚甲醛 1,3,5-Trioxane	—	1.11	1.00	1.66
60	5.598	3-羟基丁醛 3-Hydroxy-butana	—	0.57	—	0.70
61	6.772	乙缩醛 Decanal diethyl acetal	—	4.11	12.22	9.87
62	7.205	丙烯醛 Acraldehyde	—	1.81	—	0.20
63	9.641	3-糠醛 3-Furaldehyde	—	0.13	0.17	0.25
		Σ	—	7.73	13.40	12.68
酸类化合物 Acid compound						
64	4.273	乙酸 Acetic acid	1.63	1.05	9.40	1.84
65	5.447	顺-1,4-二醋酸基-2-丁烯 cis-2-Butene-1,4-diol diacetate	—	—	—	1.41
66	15.309	缬草酸 Pentanoic acid	0.17	—	—	—
67	24.567	辛酸 n-Octoic acid	0.25	—	0.11	—
68	29.156	正壬酸 Nonanic acid	0.40	—	—	—
		Σ	2.45	1.05	9.51	3.24
酮类化合物 Ketone compounds						
69	5.538	3-羟基-2-丁酮 3-Hydroxy-2-butanone	—	—	—	0.98
70	7.184	2,2,3-三甲基环丁酮 2,2,3-Trimethyl-cyclobutanon	2.24	—	1.52	—
71	7.199	丁烯酮 Butenone	—	—	2.86	3.95
		Σ	2.24	—	4.38	4.92
其他化合物 Other compounds						
72	4.217	二甘醇酐 1,4-Dioxane-2,6-dione	0.26	—	—	—
73	5.417	2-乙氧丙烷 Propane, 2-ethoxy	—	2.91	—	—
74	5.678	1,2,5-恶二唑 1,2,5 - Oxadiazoles	—	0.38	—	—
75	5.714	迭氮化氢 Azoimide	—	1.07	6.29	2.07
76	5.781	2,3-二甲氧基-1,4-二恶烷 2,3-Dimethoxy-1,4-dioxane	—	0.96	—	—
77	9.05	4-甲基-1-戊烯 4-Methyl-1-pentene	—	0.34	—	—
78	13.921	1,1-二乙氧基-3-甲基丁烷 3-Methyl butanal diethyl acetal	—	—	0.15	0.17
		Σ	2.24	5.66	6.44	2.24

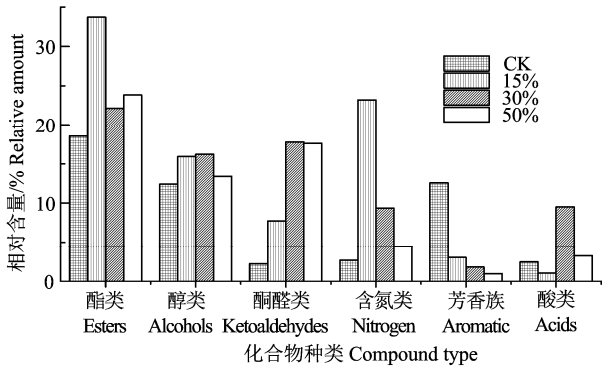


图 3 不同茶叶含量的酒曲酒中不同化合物种类相对含量的比较

Figure 3 Comparison of the relative contents of different compounds with different tea contents in jiuqu

香叶醇通过酵母发酵转化为香茅醇，进一步转化为甲酸香茅酯（图 2 和图 4），甲酸香叶酯也可以直接转化为甲酸香茅酯^[16-17]。这些酯都是茶香型白酒中主要的挥发性成分。

醇类是茶香型白酒挥发性成分的第二主要成分，在 NCQJ 和 CQJ 中确定了 6 种醇，NCQJ 的总含量低于 CQJ。白酒中的醇类化合物主要是通过糖酵解的途径产生，同时在发酵过程中，糖在好氧条件下或氨基酸在厌氧条件下均可形成高级醇，由于原料(小麦)含有丰富的氨基酸，酵母可以通过埃利希代谢途径将氨基酸转化为高级醇^[18-19]。其中最重

要的是 2-丙炔-1-醇（蘑菇香）、2, 3-丁二醇（酒香味）和正戊醇（水果香），是茶香型白酒中重要的挥发性成分。在 CQJ 中检测到了 2-丙炔-1-醇，而在 NCQJ 中未检测到。从表 3 中可以看出，在 CQJ 中 2-丙炔-1-醇的含量随着茶酒曲中茶叶含量的增加而降低；2, 3-丁二醇主要是细菌将葡萄糖在 α-乙酰乳酸合成酶、α-乙酰乳酸脱羧酶和 2, 3-BD 脱氢酶 3 个关键酶共同催化下形成^[20]，而在茶香型白酒中 2, 3-丁二醇的含量随着酒曲中含量的增加而降低，可能是由于茶叶中的多酚类物质抑制了细菌的生长^[21]，致使茶酒曲中的含量达到 50%时，含量已经检测不到。从表 3 中还可以看出，正戊醇仅存在 CQJ 中，由此能够看出茶酒曲更有助于茶香型白酒中醇类物质的生成。

芳香族化合物在 CQJ 和 NCQJ 中的差别较大，NCQJ 中的芳香族化合物总含量明显高于 CQJ 的含量。由图 3 可以看出，随着酒曲中茶叶含量的增加，芳香族化合物的总量逐渐降低。苯乙醛（花香）、苯乙醇（花香）和 4-乙基苯酚（马厩味）仅在 NCQJ 和 15% CQJ 中检测到，可能是由于其他样品中茶酒曲中茶叶含量过高，抑制了部分真菌的生长^[22]。2-羟基-5-甲基苯乙酮（花香）和苯乙酮（花香）在 CQJ 和 NCQJ 中均被检测到，是白酒中主要的香气贡献者。

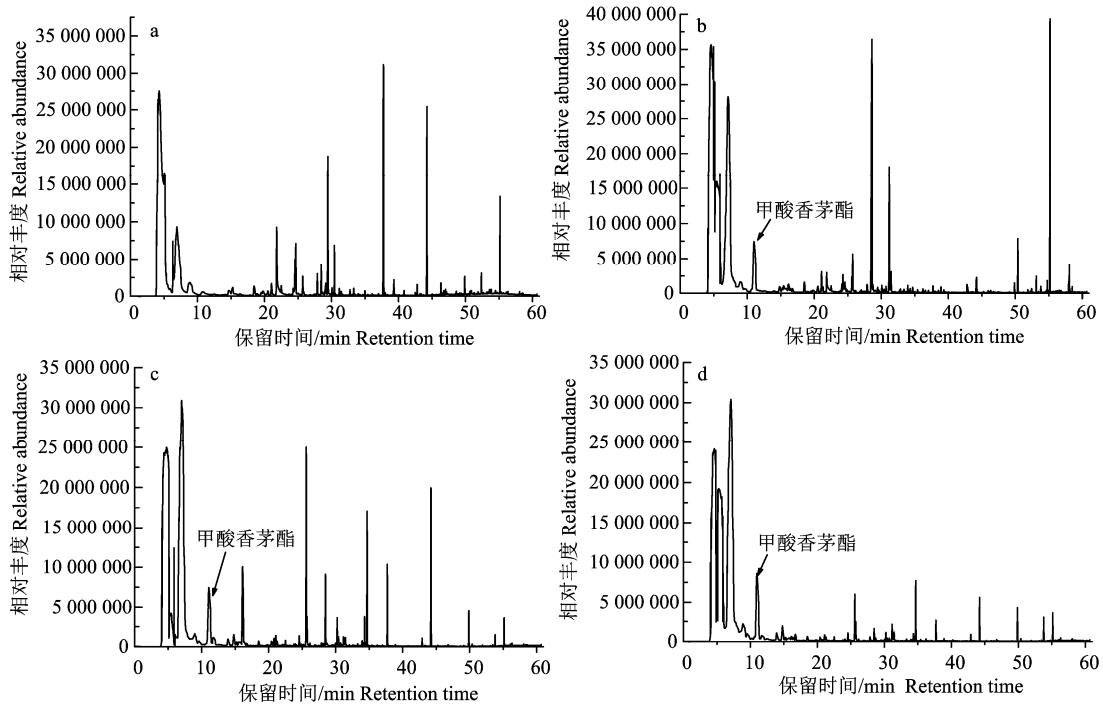


图 4 发酵茶酒总离子图比较

Figure 4 Comparison of total ions in fermented tea liquor

3 结论

本试验研究了一种具有独特茶香、保留传统酒香特色、口感醇和、酒体清澈透明的发酵茶酒, 并研究了不同茶叶含量的酒曲酒醅中游离氨基酸和以及茶香型白酒挥发性成分的差异。结果发现: 酒醅中含有 17 种游离氨基酸, 其中 30% 茶酒曲的酒醅中的游离氨基酸总量高于其他样品总量, 其中作为芳香物质前体物的苯丙氨酸和缬氨酸的含量均高于未添加茶酒曲; 挥发性成分包括醇类、酯类、酮醛类、含氮化合物、芳香族、酸类等 78 种化合物, 将茶叶香气与白酒香气更好的结合, 其中添加茶酒曲酿造的白酒中总酯含量高于母曲酿造的白酒中的含量。由此可以看出, 加入茶叶后酒曲酿造的白酒不仅有助于酯类化合物的释放, 还能够促使发酵茶酒中新物质的产生, 如甲酸香茅酯, 为发酵茶酒提供了新的风味。

参考文献:

- [1] 刘亚云. 夏秋茶饲料添加剂固体发酵及富硒试验条件的优化[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2018
- [2] 胡宝东, 王晓丹, 班世栋, 等. 白酒大曲酶系研究进展[J]. 酿酒, 2015, 42(1): 17-22.
- [3] NIU Y W, YAO Z M, XIAO Q, et al. Characterization of the key aroma compounds in different light aroma type Chinese liquors by GC-olfactometry, GC-FPD, quantitative measurements, and aroma recombination[J]. Food Chem, 2017, 233: 204-215.
- [4] 侍丽君. 茶叶在饲料添加剂中的应用[J]. 新疆畜牧业, 2015(11):15-16,35
- [5] RONG L, PENG L J, HO C, et al. Brewing and volatiles analysis of three tea beers indicate a potential interaction between tea components and lager yeast[J]. Food Chem, 2016, 197: 161-167.
- [6] LV X, JIA R B, LI Y, et al. Characterization of the dominant bacterial communities of traditional fermentation starters for Hong Qu glutinous rice wine by means of MALDI-TOF mass spectrometry fingerprinting, 16S rRNA gene sequencing and species-specific PCRs[J]. Food Control, 2016, 67: 292-302.
- [7] SHEN F, NIU X Y, YANG D T, et al. Determination of amino acids in Chinese rice wine by Fourier transform near-infrared spectroscopy[J]. J Agric Food Chem, 2010, 58(17): 9809-9816.
- [8] BOUZAS-CID Y, TRIGO-CÓRDOBA E, FALQUÉ E, et al. Influence of supplementary irrigation on the amino acid and volatile composition of godello wines from the ri-beiro designation of origin[J]. Food Res Int, 2018, 111: 715-723.
- [9] 聂元皓, 徐岩, 吴群, 等. 芳香族化合物前体物质酪氨酸和苯丙氨酸在白酒中的来源解析[J]. 食品与发酵工业, 2018, 44(10): 1-6.
- [10] 程伟, 潘天全, 张杰, 等. 一种黑米营养发酵酒的制备及其检测分析[J]. 酿酒, 2018, 45(6): 85-90.
- [11] CHI Z M, CHI Z, LIU G L, et al. *Saccharomycopsis fibuligera* and its applications in biotechnology[J]. Biotechnol Adv, 2009, 27(4): 423-431.
- [12] CHEN S, XU Y. The influence of yeast strains on the volatile flavour compounds of Chinese rice wine[J]. J Inst Brew, 2010, 116(2): 190-196.
- [13] DING X F, WU C D, HUANG J, et al. Characterization of interphase volatile compounds in Chinese Luzhou-flavor liquor fermentation cellar analyzed by head space-solid phase micro extraction coupled with gas chromatography mass spectrometry (HS-SPME/GC/MS)[J]. LWT - Food Sci Technol, 2016, 66: 124-133.
- [14] PIRES E J, TEIXEIRA J A, BRÁNYIK T, et al. Yeast: the soul of beer's aroma: a review of flavour-active esters and higher alcohols produced by the brewing yeast[J]. Appl Microbiol Biotechnol, 2014, 98(5): 1937-1949.
- [15] RIU-AUMATELL M, MIRÓ P, SERRA-CAYUELA A, et al. Assessment of the aroma profiles of low-alcohol beers using HS-SPME-GC-MS[J]. Food Res Int, 2014, 57: 196-202.
- [16] KING A, RICHARD DICKINSON J. Biotransformation of monoterpene alcohols by *Saccharomyces Cerevisiae Torulaspora delbrueckii* and *Kluyveromyces lactis*[J]. Yeast, 2000, 16(6): 499-506.
- [17] KING A J, DICKINSON J. Biotransformation of hop aroma terpenoids by ale and lager yeasts[J]. FEMS Yeast Res, 2003, 3(1): 53-62.
- [18] FAN W L, XU Y, HAN Y H. Quantification of volatile compounds in Chinese ciders by stir bar sorptive extraction (SBSE) and gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS)[J]. J Sci Food Agric, 2011, 91(7):1187-1198.
- [19] FAN W L, QIAN M C. Characterization of aroma compounds of Chinese "Wuliangye" and "Jiannanchun" liquors by aroma extract dilution analysis[J]. J Agric Food Chem, 2006, 54(7): 2695-2704.
- [20] KIM J, KIM J, SEO S, et al. Enhanced production of 2, 3-butanediol by engineered *Saccharomyces cerevisiae* through fine-tuning of pyruvate decarboxylase and NADH oxidase activities[J]. Biotechnol Biofuels, 2016, 9: 265.
- [21] 林晓婕, 黄飞, 何志刚, 等. 绿茶提取物对红曲黄酒酿造特性的影响[J]. 茶叶科学, 2016, 36(6): 631-638.
- [22] WANG Y L, LI F, ZHUANG H, et al. Effects of plant polyphenols and α -tocopherol on lipid oxidation, residual nitrites, biogenic amines, and N-nitrosamines formation during ripening and storage of dry-cured bacon[J]. LWT - Food Sci Technol, 2015, 60(1): 199-206.