

四种发酵果酒香气成分及抗氧化活性

胡博文, 陈皓文, 张焱盈, 郑云洁, 周云霄, 鞠亚辛, 赵静怡, 敖常伟*

河北农业大学食品科技学院, 河北 保定
Email: 260664267@qq.com, *aocw@163.com

收稿日期: 2021年6月9日; 录用日期: 2021年7月30日; 发布日期: 2021年8月10日

摘要

以太行山区主产赤霞珠葡萄、阜平大枣、富士苹果和磨盘柿为原料, 以常规果酒加工工艺制备四种发酵果酒。通过气相色谱-质谱法联用(GC-MS), 对四种果酒的香气成分进行分析, 对其抗氧化效果, 总酚和总黄酮含量进行测定。结果表明四种水果发酵酒共检测出66种香气成分。四种果酒的特有主要香气成分包括: 葡萄发酵酒含乳酸乙酯、丁二酸二乙酯等; 枣发酵酒含庚酸乙酯、肉豆蔻稀酸乙酯等; 苹果发酵酒含三甲基十二碳四烯、金合欢烯等; 柿发酵酒含二羟基丙酮、乙基己基乙酸酯等。四种果酒均果香浓郁, 典型性明确, 味感醇厚, 酒体协调, 具有自身水果所特有的风格。DPPH、羟基自由基清除率、总酚和总黄酮含量测定结果表明, 四种水果发酵酒均具有一定的抗氧化活性, 但葡萄酒的抗氧化活性显著高于其它几种果酒。

关键词

发酵果酒, 香气成分, 抗氧化性, 气相色谱-质谱法(GC-MS)

Aroma Composition and Antioxidant Capacity of Four Fruit Fermented Wine

Bowen Hu, Haowen Chen, Yanying Zhang, Yunjie Zheng, Yunxiao Zhou, Yaxin Ju, Jingyi Zhao, Changwei Ao*

College of Food Science and Technology, Hebei Agricultural University, Baoding Hebei
Email: 260664267@qq.com, *aocw@163.com

Received: Jun. 9th, 2021; accepted: Jul. 30th, 2021; published: Aug. 10th, 2021

Abstract

The aroma components and antioxidant activity of fermented fruit wine were studied. With Cabernet

*通讯作者。

文章引用: 胡博文, 陈皓文, 张焱盈, 郑云洁, 周云霄, 鞠亚辛, 赵静怡, 敖常伟. 四种发酵果酒香气成分及抗氧化活性[J]. 食品与营养科学, 2021, 10(3): 212-223. DOI: 10.12677/hjfn.2021.103025

Sauvignon grape, Fuping jujube, Fuji apple and Mopan persimmon mainly produced in Taihang mountain area as raw materials, the fruit wine was fermented by conventional processing technology. By gas chromatography mass spectrometry (GC-MS), the four kinds of wine aroma compounds were tested analysis, four kinds of fruit fermented detected 66 kinds of aroma components analysis, find out the characteristic of the fermented wine aroma components, ethyl grapes fermented drinks contain lactic acid, succinic acid diethyl ester, such as jujube fermented drinks contain heptanoic acid ethyl ester, nutmeg dilute acid ethyl ester; such as apple fermented drinks contain trimethyl twelve carbon olefine, four farnesene, persimmon wine containing dihydroxyacetone; such as ethyl hexyl acetate, etc., the whole is fruity, representativeness, sense of taste is mellow, full-bodied coordination, with fruit fermented peculiar style, gas composition differences. The results of DPPH, hydroxyl radical scavenging rate, total phenol, and total flavonoids showed that the four fruit fermented wines had certain antioxidant activity, but the antioxidant activity of wine was significantly higher than that of other fruit wines.

Keywords

Fermented Wine, Aroma Composition, Antioxidant, Gas Chromatography Mass Spectrometry (GC-MS)

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

据统计,我国果酒的年消费量目前正在以 15% 的速度增长,消费者健康意识的提高使得果酒发展前景十分广阔[1]。果酒市场的主流是葡萄酒,产量最大,但果酒在我国酒类中属于一个小品种,因此亟需对葡萄酒以外的其他种类的果酒进行开发,加快开发水果酿造的果酒,既能够解决粮食酒耗粮问题,还可以增加附加值,减少水果运输、贮藏中的损耗[2]。

果酒具有免疫抑制、抗氧化、抗炎、镇痛、心脏保护、抗菌、胃保护和皮肤改善等作用[3]。果酒的风味与消费者的偏好关系紧密。果酒风味的形成与其中的挥发性物质有关。果酒中的挥发性成分种类繁多,这些香气成分一部分来自水果本身具有的香气物质,另一部分来自于后期的发酵过程[4]。果酒的香气成分由水果自身保留的香气成分和发酵过程产生的芳香物质组成,往往给果酒带来清新香甜的味道[5]。因此香气成分对果酒至关重要,决定着果酒品质的好坏。

本研究以太行山区主产赤霞珠葡萄、阜平大枣、富士苹果和磨盘柿为原料,以常规果酒加工工艺发酵果酒,对几种果酒的香气成分和抗氧化性能力进行了检测分析,研究结果将促进当前果酒加工的多元化发展,符合目前果酒产业的发展需求。

2. 材料与amp;方法

2.1. 主要材料与试剂

磨盘柿,购于保定满城柿子沟;阜平大枣,购于保定市阜平县;赤霞珠葡萄,购于张家口怀来县;红富士苹果,购于保定市曲阳县果园;无水乙醇(色谱纯),天津市天力化学试剂有限公司;叔戊醇,乙酸正戊酯和 2-乙基丁酸等均为分析纯。

2.2. 主要仪器与设备

Agilent 7890GC-5977 MS 型气相色谱 - 质谱联用仪, 美国 Agilent 公司; SPME (CAR/PDMS/DVB 萃取头), 美国 Supelco 公司; TU-1810 紫外分光光度计, 北京普析通用仪器有限公司。

2.3. 试验条件

1、原料发酵制酒处理均采用液态果酒生产工艺, 根据自身的特点不同就行微调, 均选用安琪 BV818 果酒酵母[6], 添加量为 0.2~0.4 g/L, 加入酵母之前要进行活化, 将干酵母放入 4%葡萄糖溶液中, 溶液温度 35℃~40℃, 活化 20 min, 活化后应立即加入原料, 糖度 24%, 发酵温度 25℃, 后发酵一个月[7]。

2、基本理化指标的测定四种水果发酵酒的酒精度, 总糖, 总酸, 游离二氧化硫, 挥发酸的测定方法均参照 GB/T15038-2006 葡萄酒、果酒通用分析方法进行测定。水果发酵酒中菌落总数、大肠菌群、致病菌的微生物指标参照 GB2758-2005 发酵酒卫生标准进行检测。

3、香气成分测定量取 8 mL 的酒样于顶空瓶中, 40℃水浴预热平衡 10 min, 然后将活化好的萃取头插入样品瓶中(活化条件按照萃取头所附带的指南操作) [8], 40℃水浴萃取 40 min, 然后取出。每个样品做三次平行处理[9]。进样口温度为 250℃, 解析时间为 8 min [10]。

GC 条件色谱柱: HP-innowax 毛细管色谱柱(60 m × 0.25 mm × 0.25 μm); 升温程序: 50℃保持 2 min, 以 7℃/min 升温到 250℃保持 10 min; 载气(He)流速 1.0 mL/min; 进样口温度 250℃ [11]。

质谱条件离子源温度 230℃, 四极杆温度 150℃, 电子轰击(EI)离子源, 电子能量 70 eV, 采集类型: 全扫描, 质量扫描范围 m/z33~350, 辅助加热器温度 250℃ [12]。

4、抗氧化活性的测定以酿造的四种水果发酵酒作为原液, 分别稀释成 20%, 40%, 60%, 80%, 100% 的待测液, 以 2 mg/mL 的维生素 C 溶液作为对照, 同样稀释成 20%, 40%, 60%, 80%, 100% 的浓度梯度, 置于冰箱中备用。

DPPH 自由基清除活性的测定参考 W.M. Brand-Williams 等[13]的方法, 取样品待测液 2.0 mL 于 10 mL 玻璃试管中, 加入 2.0 mL 的 0.2 mmol/L 新鲜制备的 DPPH 乙醇溶液, 涡旋使其充分混匀。室温下避光反应 30 分钟, 无水乙醇调零, 在波长为 517 nm 下测定吸光度, 测得结果为 A₁。取 2.0 mL 酒样, 加入 2.0 mL 无水乙醇, 充分混合, 于同样条件下测定混合液的吸光度, 测得结果为 A₂。再于同样条件下测定 2.0 mL 同浓度的 DPPH 溶液与 2.0 mL 无水乙醇混合液吸光度, 测定结果为 A₃。

DPPH 清除率计算公式如下:

$$S(\%) = \frac{1 - (A_1 - A_2)}{A_3} \times 100\%$$

羟基自由基清除能力的测定参考徐艳岩[14]对羟基自由基清除能力的测定方法对四种水果发酵酒羟基自由基清除能力进行测定。

5、功能性成分测定总酚含量的测定: 参考 Julkunen-Tiitto 等[15]的测定方法, 采用福林酚试剂法测定几种水果发酵酒中总酚含量。在 765 nm 波长条件下测定没食子酸系列浓度溶液的吸光度, 绘制没食子酸标准曲线。以吸光度(A)对没食子酸浓度(c)进行线性回归。果酒中总酚含量以没食子酸的当量浓度表示, 单位为 GAE mg/L。

总黄酮含量的测定: 采用硝酸铝显色法测定酒样中的总黄酮含量。参考邓长生等[16]的测定方法。

果酒中环磷酸腺苷(cAMP)含量测定: 参考苏豫梅等[17]的测定方法测定四种水果发酵酒中 cAMP 的含量, 以峰面积对标准品 cAMP 浓度(mg/mL)进行线性回归, 绘制 cAMP 标准曲线。在同样条件下测定样品中 cAMP 的峰面积并计算其含量。

6、感官评定组织 10 名有相关经验的评酒员, 从外观(满分 10 分)、香气(满分 30 分)、滋味(满分 40 分)、典型性(满分 20 分) 4 个方面对四种成品果酒进行品尝鉴定, 酒样总分为 4 项得分之和(表 1)。

Table 1. Sensory evaluation of fruit fermented wine

表 1. 水果发酵酒的感官评定表

评价项目	评分标准	分数
外观	澄清, 透明, 具有该产品应有的色泽, 悦目协调	8~10
	澄清, 透明, 具有该产品应有的色泽	6~8
	澄清, 无夹杂物, 与该产品应有的色泽略有不同	4~6
	与该产品应有的色泽明显不符, 微浑	4 分以下
香气	果香、酒香浓郁优雅, 香味纯正协调	25~30
	果香、酒香良好, 尚悦怡	20~25
	果香、酒香较少, 但无异香	15~20
	果香不足, 或不悦人, 或有异香	15 分以下
滋味	酒体丰满, 有新鲜感, 醇厚协调, 酸甜爽口, 回味无穷	35~40
	酒质柔顺, 柔和爽口, 酸甜适当	30~35
	酒体协调, 纯正无杂	25~30
	酒体寡淡、不协调, 或有其他明显的缺陷	25 分以下
典型性	风格独特, 优雅无缺	15~20
	典型明确, 风格良好	10~15
	有典型性, 不够怡雅	5~10
	不具备应有的特征	5 分以下

注: 完美, 85~100; 很好, 80~85; 好, 70~80; 一般, 50~70; 不好, <50。

7、试验结果统计分析方法采用 Excel、Origin8.6 和 SPSS 17.0 软件进行数据处理和统计分析。所有样品均平行测定 3 次, 测定结果以平均值±标准偏差(mean ± SD)表示, 显著性界值 P = 0.05。

3. 结果与分析

3.1. 四种水果发酵酒基本理化指标

四种水果发酵酒的基本理化指标结果如表 2 示。从表 2 可知: 在四种水果发酵酒中, 发酵酒酒度均控制在 13% vol 左右, 残糖量低于 5 g/L。符合 NY/T1508-2017 绿色食品果酒标准, 因此四种水果发酵酒属于干型果酒, 总酸含量范围为 3.75~6.81 g/L, 总酸含量均小于 9 g/L。由此可知四种果品原料采用国产安琪酵母均能正常发酵, 能够达到国标中水果发酵酒的要求。

Table 2. Physical and chemical indexes of four fruit fermented wine

表 2. 四种水果发酵酒的理化指标

果酒种类	酒精度(% vol)	挥发酸(g/L)	总酸(g/L)	残糖量(g/L)	游离二氧化硫(mg/L)
葡萄发酵酒	13.4	0.33 ± 0.01b	4.06 ± 0.14c	3.30 ± 0.16b	22.44 ± 2.02b
苹果发酵酒	13.2	0.66 ± 0.03a	4.38 ± 0.07b	3.09 ± 0.08c	20.48 ± 1.81b
柿子发酵酒	13	0.31 ± 0.17b	6.81 ± 0.13a	3.49 ± 0.33a	18.35 ± 0.32c
枣发酵酒	13.9	0.31 ± 0.21b	3.75 ± 0.09d	3.38 ± 0.12b	27.52 ± 2.71a

注: 同列中不同小写字母表示差异显著(P < 0.05)。

3.2. 四种水果发酵酒香气成分分析

1、相对含量分析固相微萃取(SPME)-气相色谱(GC)-质谱(MS)分析结果显示葡萄发酵酒、苹果发酵酒、枣发酵酒香气和柿子发酵酒总的香气成分相对含量分别为 54.776%、56.473%、60.213%和 62.33%，数据显示柿子发酵酒的总含量在这四种果酒中是最高的，枣发酵酒其次，葡萄和苹果发酵酒相对较低。

2、四种水果发酵酒香气成分。

Table 3. Detailed analysis of aroma components of four kinds of fruit fermented wine

表 3. 四种水果发酵酒的香气成分详细分析

序号	香气成分	香气描述	保留指数	香气成分相对含量(%)			
				葡萄发酵酒	苹果发酵酒	枣发酵酒	柿子发酵酒
酯类							
1	乙酸乙酯	菠萝, 甜果味	609	2.305	0.709	2.518	2.525
2	丁酸乙酯	酸果、草莓	1040	0	0.211	0.388	0.194
3	醋酸异戊酯	香蕉气味	1120	1.615	0.704	1.654	3.918
4	己酸乙酯	曲香、菠萝香	1260	2.635	1.436	3.832	3.061
5	乙酸己酯	水果清甜	882	0	0.15	0	0.2
6	2-乙基己基乙酸酯	甜味	1279	0	0	0	0.104
7	辛酸乙酯	果香	1444	9.188	10.448	12.152	9.244
8	癸酸乙酯	微弱果香气味	1645	2.866	19.072	13.415	13.185
9	辛酸-3-甲基丁酯	水果香味	1668	0	0.812	0.239	0.42
10	9-癸烯酸乙酯	-	1697	0	0.112	0.349	0.394
11	乙酸-2-苯乙酯	甜、玫瑰花香	1805	0.245	0.095	0.358	0.61
12	十二酸乙酯	花香	1852	0	7.667	8.599	7.191
13	十五烷酸-3-甲基丁酯	-	1863	0	1.381	0.188	1.121
14	十四酸乙酯	鸚尾油香气	1980	0	1.442	0	1.983
15	月桂酸异戊酯	-	1844	0.18	0.236	0	0.363
16	棕榈酸乙酯	微弱蜡香、果爵和奶油香气	2260	0.306	1.835	1.008	4.252
17	9-十六碳烯酸乙酯	-	2274	0.27	0.171	1.196	0.31
18	邻苯二甲酸二甲酯	稍有芳香味	2256	0	0	0	0.425
19	十八酸乙酯	-	2468	0	0.057	0	0.102
20	亚油酸乙酯	-	1994	0	0.186	0	0.441
21	己酸异戊酯	甜味, 苹果和菠萝蜜的果香	1466	0	0.087	0	0
22	庚酸乙酯	菠萝香气	1341	0	0	1.28	0
23	7-辛烯酸乙酯	玫瑰香甜味	1347	0	0	0.273	0
24	壬酸乙酯	果香	1540	0	0.05	0.553	0
25	4-癸烯酸乙酯	特殊气味	1668	0	0	0.247	0
26	苯甲酸乙酯	稍有水果气味	1685	0	0	0.156	0
27	十一酸乙酯	椰子样香气	2216	0	0	0.292	0

Continued

28	苯丙酸乙酯	-	1904	0	0	1.055	0
29	肉豆蔻烯酸乙酯	鸢尾香气	1986	0	0	0.515	0
30	2-甲基己酸丁酯	-	2012	0	0.129	0	0
31	N-辛酸异丁酯	-	1785	0	0.042	0	0
32	癸酸丙酯	-	2135	0	0.033	0	0
33	N-癸酸异丁酯	-	1549	0	0.074	0	0
34	癸酸己酯	-	1543	0	0.04	0	0
35	乳酸乙酯	具优雅的气味	1356	0.423	0	0	0
36	丁二酸二乙酯	特殊气味	1703	4.546	0	0	0
37	丁二酸乙基3-甲基丁酯	-	1685	0.314	0	0	0
38	十四烷酸乙酯	油脂味	2054	0.189	0	0.592	0
39	琥珀酸乙酯	-	1183	0.341	0	0	0
醇类							
40	异丁醇	青草味	1103	0.828	0.087	0.24	0.156
41	异戊醇	不愉快的气味	1216	13.873	4.421	5.416	2.517
42	2,3-丁二醇	橡皮味	967	0.521	0.079	0	0.358
43	苯乙醇	苦杏仁味	1177	6.335	0.396	1.975	0.739
44	丙三醇	味甜	1068	9.687	1.373	0	0
45	正丁醇	辣味	1153	0	0.075	0	0
46	1-己醇	水果香气	1356	0.931	0.193	0	0
47	正丙醇	酒精味	1061	0	0	0.2	0
酸类							
48	乙酸	刺鼻的醋酸味	1453	0.202	0.092	0.152	2.873
49	甲酸	刺激性气味	1927	0	0	0	0.129
50	己酸	带有类似羊的气味	1848	0	0	0	0.14
51	辛酸	稀释后呈水果香气	2068	0.299	0.638	0.239	1.866
52	癸酸	难闻的气味	1375	0	0.926	0.38	1.864
53	月桂酸	月桂油香味	2500	0	0.334	0.145	0.674
54	正十六碳酸	-		0	0.058	0.607	0
萜烯类和降类异戊二烯							
55	苯乙烯	轻微甜味	1240	0	0	0	0.122
56	反式 β -罗勒烯	郁金香气味	1050	0	0	0	0.103
57	3,7,11-三甲基-1,3,6,10-十二碳-四烯	水果芳香	2043	0	0.044	0	0
58	α -金合欢烯	花香	1492	0	0.433	0	0
59	金合欢醇	铃兰花香气, 并有青香和木香韵	1718	0	0	0	0.075
60	香叶基芳樟醇	-	2005	0	0	0	0.067

Continued

61	1-甲基萘	类似萘的气味	1964	0.281	0	0	0
62	2-甲基萘	-	1931	0.235	0	0	0
63	2,6-二甲基萘	-	1443	0.22	0	0	0
酮类							
64	二羟基丙酮	甜味	2076	0	0	0	0.169
酚类							
65	甲基黑胡椒酚	茴香气味	1199	0	0.145	0	0
呋喃类							
66	5-(羟甲基)-2-糠醛	-	1781	0	0	0	0.19

果酒的香气成分主要包含醇类、脂类、酸类、醛类等[18]。在四种果酒中检测到大量的酯类，多达38种，而在这4种水果发酵酒中有八种共有成分，它们分别是乙酸乙酯、醋酸异戊酯、己酸乙酯、辛酸乙酯、癸酸乙酯、乙酸-2-苯乙酯、十六酸乙酯、9-十六碳烯酸乙酯。酯类化合物是水果发酵酒中主要的风味物质，具有较高的相对质量分数。枣发酵酒和柿子发酵酒中高达50.859%和50.043%，苹果发酵酒和葡萄发酵酒也含有47.179%和32.876%。在酯类中如辛酸乙酯，癸酸乙酯等均具有浓郁的水果香气，酯类是果酒中一类重要的香气物质[19]。在柿子发酵酒中，癸酸乙酯(13.185%、果香气味)，辛酸乙酯(9.244%、果香气味)、十二酸乙酯(12.191%、花香)、乙酸乙酯(7.58%、菠萝，甜果味)、十六酸乙酯(4.252%、花香)和醋酸异戊酯(3.918%、香蕉气味)质量分数较高，很好的形成了柿子酒的典型风味[20]。

果酒中的酸类成分对果酒的风味起到至关重要的作用[21]。酒体中酸含量对酒的后味影响较大，当酒体中酸含量较少时，酒味寡淡且余味短；酸含量大时，则酒味过烈且粗糙[22]。因此分析香气成分物质时要考虑到各香气物质之间的拮抗和协同作用，只有适量酸含量才能使酒体中的各种香气物质趋于平衡、协调，烘托出酒的主体香[22]。

在4种果酒中共检测出7种挥发性有机酸，其中乙酸、辛酸在这四种水果发酵酒中均存在，是所有果酒中共有的。柿子发酵酒中主要含有乙酸(2.873%)，辛酸(1.866%)和癸酸(1.864%)。另外甲酸(0.129%)和己酸(0.140%)只在柿子发酵酒中检测出来，在其他果酒中未发现。

醇类物质由糖代谢、氨基酸脱氢脱羧作用生成，是陈酿后酯类物质的前体物质。醇类组分也是果酒中重要的挥发性物质，主要来自果酒发酵过程，可赋予酒特殊的香气[23]。由表3可知，在葡萄酒，苹果酒，枣酒和柿子酒中分别检测出6，7，4和4种醇类化合物。柿子发酵酒中质量分数较高的是异戊醇(2.517%)，苯基乙醇(0.739%)，2,3-丁二醇(0.358%)。苯乙醇、2-甲基-1-丙醇以及异戊醇在4种果酒中均存在，是4种果酒中共有的醇类物质。苯乙醇具有特殊的香气风味，如紫罗兰香、玫瑰香等花香味以及矿物味、香料辛辣味、果味等，是构成水果蒸馏酒主要特征组分[24]。

在四种果酒中还检测出酮类、酚类和呋喃类三种组分。其中，酮类化合物中二羟基丙酮只在柿子发酵酒中检测出，可赋予柿子果酒甜味和特殊香气[25]；另外还检测出一部分萜烯类和降类异戊二烯组分：苯乙烯，反式 β -罗勒烯，香叶里拉醇等为柿子发酵酒中的特有成分， β -罗勒烯可赋予柿子酒温暖的草香气温[26]，香叶里拉醇可赋予柿子酒木香味[27]，虽然各类组分的化合物的种类比较少、相对质量分数也较低，但考虑到这些化合物的阈值，它们也可能是柿子果酒中重要的风味物质[28]。

3.3. 抗氧化活性分析

1、DPPH 自由基清除能力四种果酒对 DPPH 自由基清除能力如图 1 所示。从图 1 中可知，四种发

酵酒的 DPPH 自由基清除率随着浓度的增加均呈上升趋势, 参照 100%原液的清除率测定结果, 其中葡萄、枣、柿子发酵酒的清除率均比 2 mg/mLvc 的清除率效果要好, 而苹果发酵酒的清除率低于 Vc (69.73%)的清除能力。四种水果发酵酒的 DPPH 自由基清除率比较结果为: 葡萄发酵酒(72.50%) > 枣发酵酒(71.70%) > 柿子发酵酒(70.98%) > 苹果发酵酒(68.72%), 这与随后的总酚和总黄酮含量测定结果相吻合。

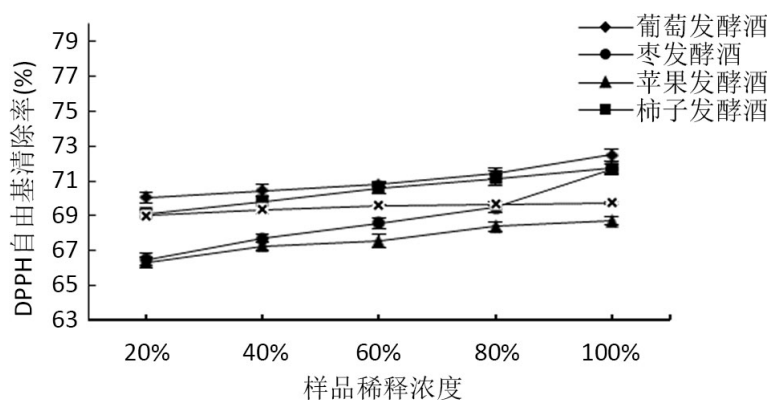


Figure 1. DPPH clearance rate of four fruit fermented wines

图 1. 四种水果发酵酒对 DPPH 的清除率

2、羟基自由基清除能力四种果酒对羟基自由基清除能力如图 2 所示。从图 2 中可知, 各水果发酵酒的羟自由基清除率都是随着酒样浓度的增加而增大。四种品种的发酵果酒的羟自由基清除率大小为: 葡萄酒(89.1%) > 枣酒(78.2%) > 苹果(57.81%) > 柿子酒(56.66%), 四种发酵酒原液对羟自由基的清除能力均高于 2 mg/mLvc 的清除能力。总体说来, 在四种果酒中, 葡萄酒和枣酒的抗氧化能力较强。

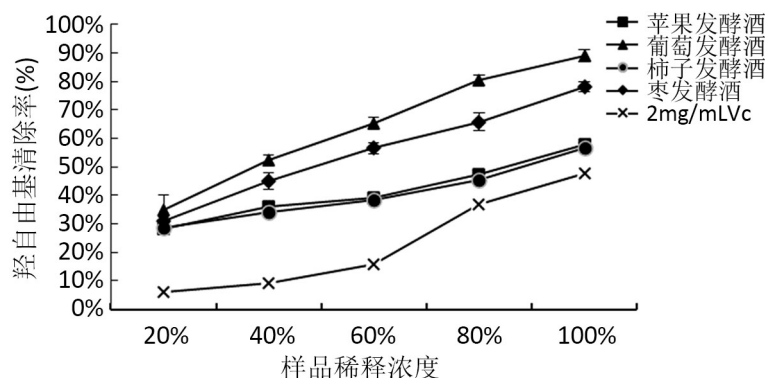


Figure 2. Comparison of hydroxyl radical scavenging ability of four fruit fermented wines

图 2. 四种水果发酵酒羟自由基清除能力对比

3.4. 功能性成分分析

1、水果发酵酒中总酚含量分析酚类化合物被看做是一类非常重要的生物活性成分, 酚类化合物一般体现较强的抗氧化性能。本次试验对四种水果发酵酒总酚的含量进行了测定。利用福林酚法测定四种水果发酵酒中的总酚含量, 以酒样单位体积内没食子酸标准品的当量来表示酒样的总酚含量。

没食子酸溶液浓度 X 与吸光度 Y 呈现良好的线性关系, 其标准曲线方程为 $y = 0.0211x + 0.0226$, $R^2 = 0.9990$, 绘制标准曲线如图 3 所示。

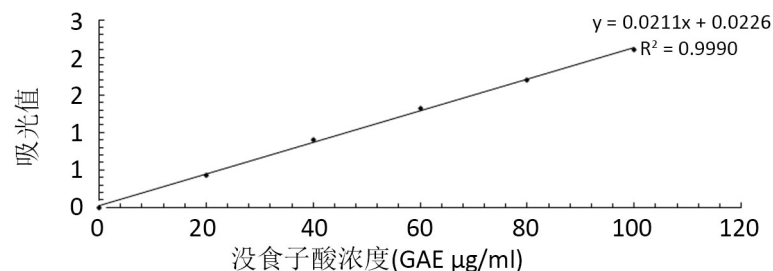


Figure 3. Gallic acid standard curve

图 3. 没食子酸标准曲线

从图 4 可知, 四种发酵酒的总酚含量的比较结果为: 葡萄酒 > 枣酒 > 苹果酒 > 柿子酒。四种水果发酵酒中总酚含量最高的是葡萄发酵酒(1155.03 GAE mg/L), 应该是葡萄酒中含有更多的原花青素和单宁等物质, 因为葡萄酒是带皮渣发酵, 酒中保留了更多原花青素和植物单宁。其次是枣发酵酒(983.67 GAE mg/L), 根据郝会芳[29]对枣果中多酚物质的测定得出赞皇大枣各组织中多酚含量大小比较为: 枣核 > 枣皮 > 枣肉, 枣皮中的多酚含量要比果肉中含量高, 因此可能是由于枣酒在制备过程中带核带皮一起预煮, 使枣中的酚类物质更充分的溶解出来。而苹果发酵酒和柿子发酵酒的总酚含量在四种水果发酵酒中含量较低, 而二者中苹果发酵酒的总酚含量(443.13 GAE mg/L)略大于柿子发酵酒(422.93 GAE mg/L), 但参照王晓宇[30]对葡萄酒的抗氧化研究结果, 苹果发酵酒和柿子发酵酒的总酚含量仍约为白葡萄酒的 1.4 倍。综上, 四种水果发酵酒均具有较高的营养和保健功能。

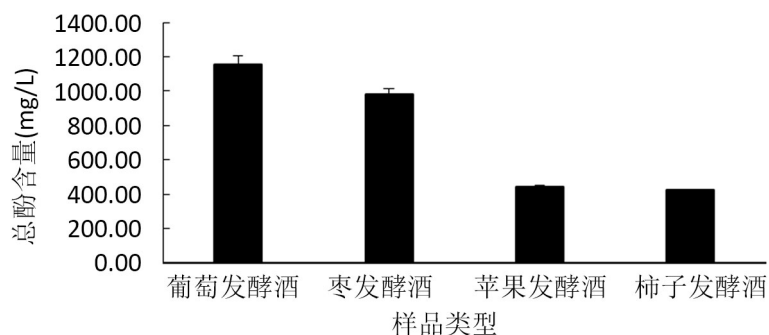


Figure 4. Comparison of total phenolic content of four fruit fermented wines

图 4. 四种水果发酵酒的总酚含量对比

2、水果发酵酒中总黄酮含量分析在紫外可见分光光度计 510 nm 波长下测定不同浓度梯度的芦丁吸光度值, 绘制标准曲线如图 5 所示。得到标准线性回归方程: $A = 11.193T + 0.0038$, 其中 $R^2 = 0.9995$, A: 不同浓度芦丁的吸光度值(Abs); T: 芦丁的质量浓度(mg/mL)。

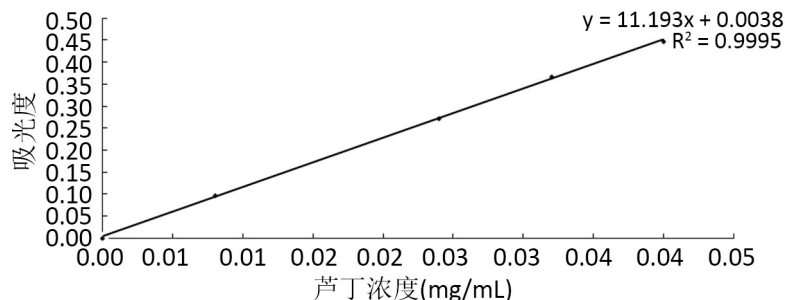


Figure 5. Rutin standard curve

图 5. 芦丁标准曲线

以芦丁浓度来表示酒样中的总黄酮含量。四种果酒的总黄酮含量如图 6 所示。总黄酮也属于果酒中起抗氧化作用的主要功能性成分, 试验测定了不同果酒总黄酮含量, 结果表明总黄酮含量: 葡萄发酵酒为 419.27 mg/L, 苹果发酵酒为 161.92 mg/L, 柿子发酵酒为 157.64 mg/L, 枣发酵酒为 118.91 mg/L, 相互间差异显著。综合来看, 葡萄发酵酒中所含的总黄酮含量比其他三种发酵酒的含量更高。

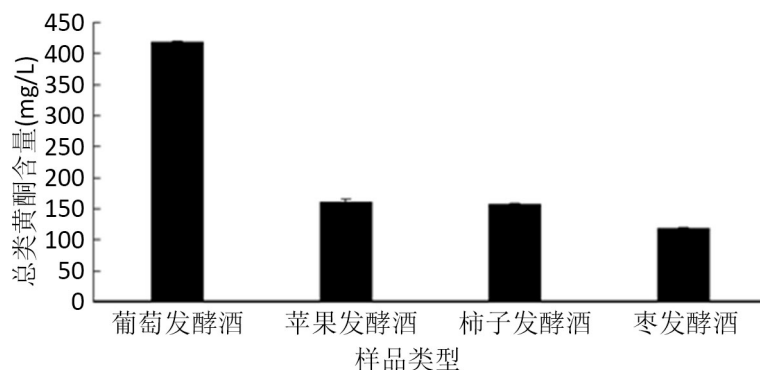


Figure 6. Comparison of total flavonoids in four fruit fermented wines

图 6. 四种水果发酵酒总类黄酮含量对比

3、cAMP 测定分析绘制 cAMP 标准曲线如图 7 所示。得到标准线性回归方程: $y = 11907x + 89.275$, 其中 $R^2 = 0.9992$, y: 不同浓度 cAMP 的峰面积; x: cAMP 的浓度(mg/mL)。

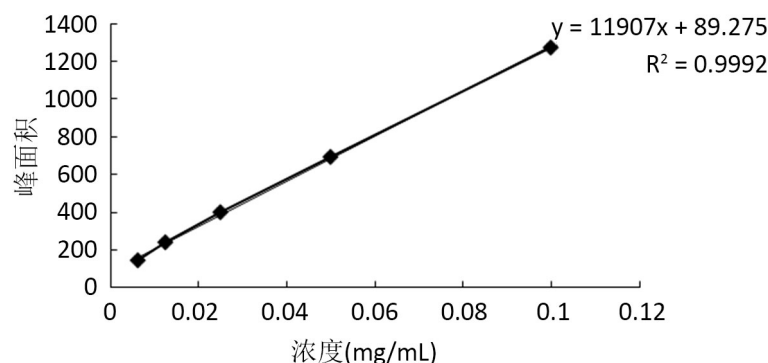


Figure 7. cAMP standard curve

图 7. cAMP 标准曲线

将四种酒样原液经 0.45 μm 滤膜过滤后通过高效液相色谱仪进行 cAMP 测定, 测定出样品的峰面积, 通过 cAMP 标准曲线计算得出四种水果发酵酒的 cAMP 的含量。

通过对四种水果发酵酒进行 cAMP 的检测, 从图 8 可知, 枣发酵酒中的 cAMP 含量显著高于其它果酒, 为 0.147 mg/mL, 其次为葡萄发酵酒, 含量为 0.019 mg/mL, 而柿子发酵酒和苹果发酵酒的 cAMP 含量很少, 分别为 0.0017 mg/mL 和 0.0016 mg/mL。由此可知, cAMP 在枣发酵酒中含量很高, 是枣酒所具有的一种优势, 能够吸引消费者, 可作为枣发酵酒的一种特色来扩大枣酒的市场。

3.5. 感官评价

四种水果发酵酒的感官评价如表 4 所示。由表 4 可知, 各类水果发酵酒的感官得分均在 70 分以上。其中, 柿子发酵酒相对来说评分较高, 质量为“很好”, 原因可能是柿子果酒酒精度相对较低, 酸甜可口, 并带有花香和果香。但是由于陈酿时间不够或者未加果胶酶等原因, 柿子酒的透明程度相对较低,

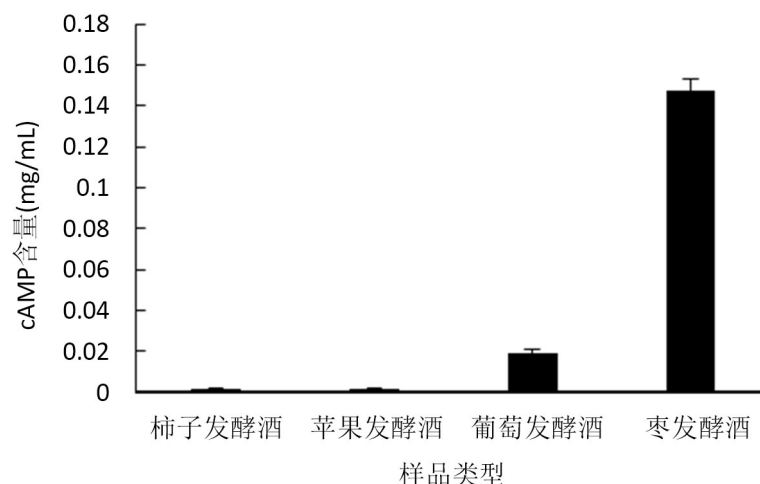


Figure 8. Contents of cAMP in four kinds of fruit fermented wine

图 8. 四种水果发酵酒中 cAMP 的含量

出现轻微浑浊的现象；葡萄发酵酒和苹果发酵酒分数在 80~85 之间，质量为“很好”；枣发酵酒的质量为“好”，枣酒的得分偏低，可能是枣酒呈一定的苦味，影响感官评价的结果。从各类水果发酵酒的感官描述综合来看，四种酒样各自具有自身的色泽和香味，口感圆润，酒体平衡，典型明确，风格良好。

Table 4. Results of sensory evaluation of fruit fermented wine

表 4. 水果发酵酒感官评定结果

酒样类型	外观描述	香气描述	滋味描述	典型性描述	感官得分
葡萄发酵酒	宝石红，透明发亮	酒香，葡萄，幽雅	酸度适当，酒质柔顺	典型明确，优雅	84.43 ± 5.83a
苹果发酵酒	黄绿色，透明发亮	酒香，苹果清香	酸度适当，柔和爽口	典型明确，风格良好	82.93 ± 7.79a
柿子发酵酒	柠檬黄，较澄清	酒香，柿子，花香	酸甜可口，有新鲜感	典型明确，风格独特	84.86 ± 3.89a
枣发酵酒	深红色，透明发亮	酒香，枣香浓郁	味感醇厚，酒体协调	典型明确，风格良好	74.57 ± 7.32b

注：1.同列小写字母不同表示差异显著(P < 0.05)。2.完美，85~100；很好，80~85；好，70~80；一般，50~70；不好，<50。

4. 结论

采用 GC-MS 初步确定了各类水果发酵酒的香气成分。四种水果发酵酒共检测出 66 种香气成分，均以酯类和醇类为主，酯类含量最高，是构成果酒香气主要成分，四种水果发酵酒的香气成分差异较大。四种水果发酵酒整体果香浓郁，典型性明确，味感醇厚，酒体协调，具有水果发酵酒所特有的风格，葡萄发酵酒含有乳酸乙酯、丁二酸二乙酯等、枣发酵酒含有庚酸乙酯、肉豆蔻稀酸乙酯等、苹果发酵酒含有三甲基十二碳四烯、金合欢烯等、柿子酒含有二羟基丙酮、乙基己基乙酸酯等，其中柿子发酵酒具有更加协调丰富的香气组成。

通过对四种发酵型果酒的抗氧化活性进行分析比较发现，葡萄发酵酒，枣发酵酒抗氧化活性相对较高。葡萄酒的总酚、总黄酮含量也显著高于其它三种酒。果酒较好的抗氧化性能使其在保藏过程具有更好的稳定性和更长的贮藏时间。这也说明了当前市面上为什么葡萄酒的消费量更大，更能得到消费者认可的原因。

基金项目

河北农业大学大学生创新创业训练计划资助项目(202110086018)、河北省重点研发计划项目(19227141D)。

参考文献

- [1] 张影陆, 范文来, 姜文广, 等. 4种果酒中的挥发性成分分析比较[J]. 食品与生物技术学报, 2008(5): 102-107.
- [2] 陈静, 程晓雨, 潘明, 等. 中国果酒生产技术研究现状及其产业未来发展趋势[J]. 食品工业科技, 2017, 38(2): 383-389.
- [3] 王鑫. 果酒的营养价值评价[J]. 中国农村科技, 2015(9): 29.
- [4] 蔡坤, 吴武阳, 林雪. 果酒酿造工艺及香气成分研究进展[J]. 中国酿造, 2017, 36(11): 20-23.
- [5] 覃瑶, 吴波, 秦晗, 等. 我国果酒发展及研究现状[J]. 中国酿造, 2020, 39(9): 1-6.
- [6] 高清山, 魏怀生, 刘明洋. 柿子果酒的酿造技术研究[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(13): 145-149.
- [7] 王旭增. 鲜食葡萄酿酒酵母的筛选及其活性干酵母制备工艺的研究[D]: [硕士学位论文]. 上海: 上海应用技术大学, 2018.
- [8] 敖常伟, 吕姗, 吴香菊, 等. 枣花及枣花蜜香气成分分析[J]. 食品科学, 2018, 39(20): 182-189.
- [9] 吕姗, 凌敏, 董浩爽, 等. 烘干温度对大枣香气成分及理化指标的影响[J]. 食品科学, 2017, 38(2): 139-145.
- [10] 李晴, 黄晓兰, 林晓珊, 等. 选择性吸附地沟油杂质的不锈钢固相微萃取头研究[J]. 分析化学, 2015, 43(9): 1422-1428.
- [11] 黄龙, 彤霖, 朱巍, 等. 缙草挥发油的超临界 CO₂ 萃取及其在烟草中的应用[J]. 湖北农业科学, 2011, 50(21): 4492-4495.
- [12] 于立洋, 左力辉, 徐卫华, 等. 套袋对五个新疆野苹果优系果实品质的影响[J]. 北方园艺, 2017(21): 42-49.
- [13] Brand-Williams, W.M., Cuvelier, M.E. and Berset, C.L.W.T. (1995) Use of Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. *LWT-Food Science and Technology*, **28**, 25-30. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)
- [14] 徐艳岩. 水果发酵酒抗氧化活性分析研究[D]: [硕士学位论文]. 烟台: 烟台大学, 2016.
- [15] 吴香菊, 王彦立, 凌敏, 等. 高多酚含量植物提取物对 4 种典型臭味化合物除臭性能的影响[J]. 中国食品学报, 2017, 17(4): 132-139.
- [16] 邓长生, 彭秧, 王新宇, 等. 新疆雪莲养生葡萄酒中总黄酮及多糖含量的测定[J]. 中国酿造, 2010(6): 153-156.
- [17] 苏豫梅, 许玲, 孙振荣, 等. 用 HPLC 法测定红枣中 cAMP 含量的研究[J]. 农产品加工, 2011(7): 76-78.
- [18] 原潞, 李桂峰, 燕妮, 等. 青枣果酒酿造工艺优化及其香气成分分析[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(17): 102-108.
- [19] Vararu, F., Moreno-García, J., Zamfir, C.-I., Cotea, V.V. and Moreno, J. (2016) Selection of Aroma Compounds for the Differentiation of Wines Obtained by Fermenting Musts with Starter Cultures of Commercial Yeast Strains. *Food Chemistry*, **197**, 373-381. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.10.111>
- [20] 吕佳玮, 刘亚琼, 路瑶, 等. 原料预处理对柿子酒发酵过程中挥发性风味物质的影响[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(12): 61-69.
- [21] 常婷婷. 柿果实多酚的提取测定及混菌发酵对柿子酒品质的影响[D]: [硕士学位论文]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2018.
- [22] 万景瑞, 蒋鹏飞, 史冠莹, 等. 三种发酵酒活性成分、抗氧化活性及其香气成分对比分析[J/OL]. 食品工业科技, 1-18. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1759.TS.20200723.1642.010.html>, 2020-10-10.
- [23] 赵宁, 魏新元, 樊明涛, 等. SPME-GC-MS 结合电子鼻技术分析不同品种猕猴桃酒香气物质[J]. 食品科学, 2019, 40(22): 249-255.
- [24] 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(8): 731-736.
- [25] Oyama-Okubo, N. and Tsuji, T. (2013) Analysis of Floral Scent Compounds and Classification by Scent Quality in Tulip Cultivars. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, **82**, 344-353. <https://doi.org/10.2503/jjshs1.82.344>
- [26] 李鹏宇, 张宁, 陈海涛, 等. SDE-GC-MS 结合 GC-O 分析番茄牛腩的挥发性风味成分[J]. 食品工业科技, 2017, 38(2): 89-97.
- [27] 张影陆, 范文来, 姜文广, 等. 顶空固相微萃取法测定果酒中的挥发性成分[J]. 食品与生物技术学报, 2008, 27(6): 115-120.
- [28] 王芮东, 高文庚, 李楠, 等. 柿子酒发酵工艺优化及其香味成分的测定[J]. 运城学院学报, 2015(6): 57-60.
- [29] 郝会芳. 枣果中多酚类物质的提取工艺及体外抗氧化作用研究[D]: [硕士学位论文]. 保定: 河北农业大学, 2005.
- [30] 王晓宇. 葡萄酒抗氧化活性及其检测方法的研究[D]: [博士学位论文]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2008.