

# 澳洲青苹与红富士苹果冷破碎混合果浆 发酵酒品质研究

梁佳蕊<sup>1</sup>, 刘旻昊<sup>1</sup>, \* 邓红<sup>1,2,3</sup>, 王晓宇<sup>1,2,3</sup>, 孟永宏<sup>1,2,3</sup>, 郭玉蓉<sup>1,2,3</sup>

(1. 陕西师范大学 食品工程与营养科学学院, 陕西 西安 710062; 2. 国家苹果加工技术研发专业中心, 陕西 西安 710062;  
3. 西部果品资源高值利用教育部工程研究中心, 陕西 西安 710119)

**摘要:** 以澳洲青苹 (Granny Smith apple) 与红富士苹果 (Fuji apple) 为原料, 采用 SY 酵母不同比例 (GSA 与 FA 果浆体积比 1:1, 1:2, 1:3, 1:4, 0:1) 的冷破碎混合果浆, 制备低度苹果酒, 分析果酒各项品质指标。结果表明, 不同比例混合果浆发酵, 其残糖与酒精度与单种果浆发酵均无显著性变化; 混合果浆发酵酒的酸度 (100%) 随 GSA 果浆添加比例减小而降低 ( $66 \pm 0.31 > 58 \pm 0.23 > 44 \pm 0.11 > 39 \pm 0.18 > 33 \pm 0.33$ ), 总酚含量 ( $53.3 \pm 0.11 < 57.7 \pm 0.30 < 59.7 \pm 0.24 < 65.7 \pm 0.61 < 68.5 \pm 0.43$  mg/100 mL) 随 GSA 果浆占比的减小而增大, 但抗氧化活性随 GS 添加比例提高而增大, 其色值减小不易发生褐变; 有机酸随着 GSA 比例的增大而增加 ( $8.28 \pm 0.03 > 6.99 \pm 0.10 > 6.23 \pm 0.06 > 5.62 \pm 0.03 > 5.33 \pm 0.01$  mg/mL); 混合发酵酒香气中共检测出 42 种呈香物质 (19 种酯类物质、11 种醇类物质、9 种低级脂肪酸及 3 种醛酮类), 不同比例 GSA 与 FA 混合发酵酒的呈香物质主要区别在酯类, 而醛酮类、低级脂肪酸及醇类基本无显著差异。加入澳洲青苹原料可使发酵果酒不易褐变, 颜色明亮, GSA 与 FA 混合果浆最佳体积比为 1:1。

**关键词:** 澳洲青苹; 红富士苹果; 发酵; 果酒; 品质

中图分类号: TS255.46

文献标志码: A

doi: 10.16693/j.cnki.1671-9646(X).2021.03.035

## Study on the Quality of Apple Cider Fermented with Cold Crash Mixed Puree of Granny Smith and Fuji Apple

LIANG Jiarui<sup>1</sup>, LIU Minhao<sup>1</sup>, \* DENG Hong<sup>1,2,3</sup>, WANG Xiaoyu<sup>1,2,3</sup>, MENG Yonghong<sup>1,2,3</sup>, GUO Yurong<sup>1,2,3</sup>

(1. College of Food Engineering and Nutrition Science, Shaanxi Normal University, Xi'an, Shaanxi 710062, China;

2. National Research & Development Center of Apple Processing Technology, Xi'an, Shaanxi 710062, China;

3. Engineering Research Center of High Value Utilization of Western China Fruit Resources, Ministry of Education, Xi'an, Shaanxi 710119, China)

**Abstract:** Using Granny Smith and Fuji apple as raw material and strain of SY as fermentation yeast, the cold crushing mixed apple puree with different ratio (the ratio of Granny Smith apple : Fuji apple was 1:1, 1:2, 1:3, 1:4, 0:1 (V/V) respectively) was fermented to prepare apple cider, and analyzing the quality indexes of cider. The experiment results showed that there was no significant difference in residual sugar and the alcohol content between different ratio of mixed apple puree, but the acidity (100%) decreasing ( $66 \pm 0.31 > 58 \pm 0.23 > 44 \pm 0.11 > 39 \pm 0.18 > 33 \pm 0.33$ ) with Granny Smith apple ratio (1:1, 1:2, 1:3, 1:4, 0:1 (V/V)) decreases, while the total phenol content ( $53.3 \pm 0.11 < 57.7 \pm 0.30 < 59.7 \pm 0.24 < 65.7 \pm 0.61 < 68.5 \pm 0.43$  mg/100 mL) increasing as Granny Smith apple ratio decrease. But the antioxidant activity of cider increased with the increase of Granny Smith apple addition ratio, and the color value of cider decreased which indicating cider's browning was not easy. The organic acid content ( $8.28 \pm 0.03 > 6.99 \pm 0.10 > 6.23 \pm 0.06 > 5.62 \pm 0.03 > 5.33 \pm 0.01$  mg/mL) decreased with the decrease of Granny Smith apple proportion. There were 42 species of fragrant substances in fermented cider with mixed apple pulp (including the 19 kinds of ester substances, 11 kinds of alcohols, 9 kinds of low-level fatty acid and 3 kinds of aldehydes and ketones). The main different fragrant substances between different fermented cider with different proportion of Granny Smith apple was in esters, but other fragrant substances (such as aldehydes and ketones, low-level fatty acids, and alcohols) were no significant difference basically. It was found that the cider has bright color and lower brown with the addition of Granny Smith apple puree in fermented raw materials, and the optimal ratio of Granny Smith apple pulp to red Fuji apple pulp was 1:1 (V/V) for mixed fermentation cider.

**Key words:** Granny Smith apple; Fuji apple; fermentation; cider; quality

收稿日期: 2020-08-19

基金项目: 农业部苹果产业体系 (CARS-27); 科技部国家重点研发计划项目联合资助 (2017YFD0400700)。

作者简介: 梁佳蕊 (1998—), 女, 硕士, 研究方向为食品工程。

\*通讯作者: 邓红 (1967—), 女, 博士, 副教授, 研究方向为苹果加工与植物资源高值利用。

苹果酒是一种由苹果汁发酵而成的酒精饮料,主要营养成分为矿物质、维生素、氨基酸等,其食用功效为软化血管、降低血脂和开胃<sup>[1-2]</sup>。苹果酒酒精含量低,为2.0%~8.5%。苹果酒的香气清新并略带苹果气息,入口略带甜伴随轻微果酸,果味或浓或淡,因其口感爽快且不易醉而深受人们喜爱,逐渐成为了酒文化中不可或缺的品种<sup>[3-4]</sup>。

根据加工方法和产品的特点可将苹果酒分类为发酵苹果酒、气酒和露酒等<sup>[5]</sup>。相较于国外先进的苹果酒产业,我国的苹果酒产业起步时间晚。随着国民健康意识逐渐提高和技术进步,我国果酒产业迅速发展,苹果酒的加工生产成为果酒产业链中一个值得开发的方向<sup>[6-7]</sup>,其中烟台苹果香槟酒的生产标志着我国苹果酒产业重要起步,苹果酒研发与生产更是实现苹果产业振兴的重要举措<sup>[8]</sup>。

目前,苹果酒的生产过程主要包括苹果原料处理、主发酵、过滤与澄清和陈酿、后熟等,其生产工艺基本模仿葡萄酒的生产工艺<sup>[9-10]</sup>,且苹果清汁发酵酒的研究已经趋于成熟,如Lorenzin M等人<sup>[11]</sup>对苹果果酒的挥发性化合物进行了研究。刘婧琳等人<sup>[12]</sup>采用分析仪检测了4种工艺生产的苹果酒及原料中的游离氨基酸,不同原料发酵酒游离氨基酸的呈味特征有差异。曹有芳等人<sup>[13]</sup>采用相同品种不同产地的苹果酿造果酒,对苹果酒的挥发性气味和滋味成分进行检测和主成分分析,实现了苹果酒的检测和鉴别。魏志萍<sup>[14]</sup>研究了不同处理方法对果酒褐变的抑制作用,发现抗褐变剂复合处理对苹果酒褐变的抑制效果明显优于单因素抗褐变剂。这些成果为苹果多元化加工提供了新的思路与发展方向,酿制苹果酒无疑是提高苹果利用率、带动产业发展的有效途径。

国外苹果酒产品见图1。



图1 国外苹果酒产品

与现有苹果汁发酵酒不同,试验采用冷破碎苹果浆进行发酵制备果酒。通常苹果酒发酵过程中需要进行酸度调整,一般是添加柠檬酸、柠檬酸钠等添加剂。为了不破坏苹果原有的味道,试验不使用柠檬酸等添加剂,而用高酸度苹果品种的果浆代替添加剂,进行混合果浆发酵试验。澳洲青苹<sup>[15]</sup>是世界知名苹果品种,以酸度高而闻名,通过在红富士苹果果浆中加入澳洲青苹冷破碎果浆共同发酵,从而

达到增加酸度、降低果酒厚重感、提升果酒清冽味的目的。试验在成功制备红富士果浆发酵果酒基础上,分别采用不同体积比的澳洲青苹与红富士苹果的混合果浆同时进行发酵,分析不同比例混合果浆发酵酒的一系列成分,如色值、多酚含量、呈香物质、总糖、总酸等,与单种苹果果浆发酵酒对比,探讨果酒品质。

陕西苹果产量居中国第一,苹果是带动陕西经济发展的重要支柱产业,苹果酒的加工作为我国近年来发展迅速的新兴产业极具市场前景。不仅可以节约原料、降低成本,还可以保留苹果的原始风味,对苹果生产苹果酒中香气及多酚含量的不足进行工艺改良,以期对苹果酒生产工艺给予指导,并为消费者选择健康饮品提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与设备

陕西红富士苹果,采自陕西白水苹果试验站;澳洲青苹,陕西杨凌汇承果业技术开发有限责任公司提供;SY酵母,上海季欣蓝商贸有限公司提供;3-辛醇(3-Octanol)和3,4-二甲基苯酚,Sigma公司提供;苯酚、2,6-二氯酚靛酚钠盐等其他试剂均为国产色谱纯或分析纯,天津市天力化学试剂有限公司提供。

PHS-3C型精密pH计,上海仪电科学仪器股份有限公司产品;GSP-9080MBE型隔水式恒温培养箱,上海博迅实业有限公司医疗设备厂产品;MASTER-53 $\alpha$ 型手持折射计,日本ATAGO(爱拓)产品;DHL-1型果蔬冷破碎机,西安鼎合机械制造有限公司产品;PEN3型电子鼻,德国Airsense有限公司产品;SPME型手动进样手柄及75  $\mu$ m Carboxen-PDMS型萃取头(纤维头),上海安谱科学仪器有限公司产品(美国Supelco.Co制造);Trace MS型气相色谱质谱联用仪,美国Finigon质谱公司产品。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 苹果浆发酵酒工艺流程

苹果→分选、清洗、护色→冷破碎(去皮去核)→果肉打浆→杀菌→酶解(果胶酶与纤维素酶)→调糖→不同比例澳洲青苹果浆调酸→接种酵母→发酵罐中发酵7~8 d→过滤、澄清→成品苹果酒→分析。

#### 1.2.2 不同比例的澳洲青苹与红富士苹果浆的配制与发酵

试验分别用澳洲青苹与红富士苹果果蔬体积比为1:1,1:2,1:3,1:4,0:1(V/V)同时发酵作为5个试验组,按照前期确定的条件<sup>[16]</sup>为温度20  $^{\circ}$ C,初始糖度18%,接种0.1g/L的SY酵母,发酵时间8 d。

### 1.3 分析方法

### 1.3.1 理化指标的测定

酒精度的测定:参考国标 GB/T 150382006 葡萄酒、果酒通用分析方法<sup>[7]</sup>,采用酒精计法测定酒样的酒精度;糖度:用手持折光仪测定酒样糖度;pH值:pH计测定;色泽:色差仪测定苹果酒色泽;总酸的测定:参照国家行业标准 SB/T 10203—1994<sup>[8]</sup>采用电位滴定法进行测定。

### 1.3.2 其他指标的测定

感官评鉴:参考国标 GB/T 15038—2006 葡萄酒、果酒通用分析方法,自行制定果酒评价标准;总糖的测定:采用苯酚硫酸法,参照文献<sup>[19]</sup>制备标准曲线和测定样品总糖含量,葡萄糖标准曲线回归方程为  $Y=0.009\ 5X-0.019\ 1$ ,  $R^2=0.999\ 2$ ;总酚的测定:参考文献<sup>[20]</sup>用 Folin-酚法测定果酒总酚含量,没食子酸标准曲线回归方程为  $Y=0.015\ 6X+0.041\ 2$ , 决定系数  $R^2=0.999\ 6$ ;有机酸的测定:参考国标 GB 5009.157—2016 食品中有机酸的测定<sup>[20]</sup>进行,其色谱条件参见文献<sup>[16]</sup>。

### 1.3.3 果酒抗氧化活性的测定

DPPH 自由基清除率的测定, ABTS 自由基清除率的测定,按照文献<sup>[16]</sup>里面 1.2.5 的方法进行测定。

苹果酒感官评定标准见表 1。

表 1 苹果酒感官评定标准

项目	评分标准	感官评分/分
色泽	橙红色、金黄色	4~5
	(满分 红褐色	2~3
	5分) 褐变色(黑褐色)	0~1
澄清度	澄清透明	4~5
	(满分 半透明	2~3
	5分) 浑浊,有悬浮物	0~1
香气	果香、酒香浓馥幽雅,协调悦人	21~30
	(满分 果香、酒香良好,尚悦怡	10~20
	30分) 果香、酒香较少,但无异香	0~9
滋味	酒体丰满,有新鲜感、醇厚协调、舒服,爽口、回味绵延;稍酸	28~40
	(满分 酒质柔顺,柔和爽口,有酸味	14~27
	40分) 酒体协调,纯正无杂,酸味重	0~13
典型性	风格独特,优雅无缺	13~20
	(满分 典型明确,风格良好	6~12
	20分) 有典型性,不够优雅	0~5

### 1.3.4 果酒香气成分的测定

(1) GC-MC 测定方法<sup>[22]</sup>。①样品萃取:吸取 4 mL 苹果酒,置于 20 mL 顶空瓶中,加入 8 mL 柠檬酸饱和食盐水缓冲液(0.2 mol/L, pH 值 2.5)中。然后加入 20  $\mu$ L 的内标溶液(3-辛醇和 3,4-二甲基苯酚)和转子。然后于 50  $^{\circ}$ C 下水浴 20 min,每个样品进行 3 次重复。②气质条件<sup>[23]</sup>:以不分流的方式注入,挥发性物质在 DB-17 毛细管柱(60 m  $\times$  0.25 mm 内径,0.25  $\mu$ m 膜厚)上分离,使用氮气作为恒定流量的载气,速率 0.8 mL/min。将 GC 烘箱温度从

40  $^{\circ}$ C 的初始温度保持 3 min,然后以 4  $^{\circ}$ C/min 的速率将温度升至 120  $^{\circ}$ C,然后将温度升至 240  $^{\circ}$ C,速率 6  $^{\circ}$ C/min,温度保持 12 min。通过电子电离(EI)模式在 70 eV 下扫描质谱,扫描范围为 35~500  $m/z$ 。电子源温度为 200  $^{\circ}$ C,离子源温度为 230  $^{\circ}$ C。

(2) 电子鼻测定方法。电子鼻可以实现食品的快速无损检测、实时数据反馈和香气组分在线监测,是一套可以将传统嗅觉感官指标客观量化的仪器,近年来广泛应用于食品检测领域;其响应信号所模拟的数据与人体感官得出的结论具有很好的相关性<sup>[24]</sup>。测定前,用纯净空气(经活性炭过滤器过滤的室内空气)对电子鼻进气道进行清洗(3次以上),以消除各 MOS 传感器的响应信号噪音,待传感器平衡后。将 5 mL 样品酒移入 25 mL 顶空瓶中,旋紧瓶盖富集顶空气体 5 min 后,将电子鼻进样针穿刺入顶空瓶吸收顶空气体,设置气体进样流速为 300 mL/min,每次测定后,清洗进气道 5 min 以确保 MOS 传感器响应信号回归基线。每个样品酒重复 3 次以上,以确保试验准确性<sup>[25-26]</sup>。

通过将香气物质的保留指数和质谱与来自 NIST 光谱库的参考标准质谱比较,进行定性分析,核对并确认这些化合物,然后进行定量分析,根据各个挥发性物质的峰面积来计算并确定各个成分的百分含量。

## 1.4 数据统计分析方法

每个试验重复操作 3 次进行分析,结果以均值  $\pm$  标准差表示。采用 DPS 对试验数据进行统计分析和差异显著性分析( $p < 0.05$  差异显著,  $p < 0.01$  差异极显著),用 Origin 2018 软件或 Excel 制作不同的折线图、柱状图等,以更好地展示试验结果。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同比例混合果浆发酵酒各种成分与抗氧化对比结果

不同比例的澳洲青苹与红富士苹果混合果浆同时进行发酵,发酵完成后分析色值、乙醇、多酚含量、总糖、总酸、有机酸等一系列成分。

不同比例果浆发酵酒营养品质对比见图 2,不同比例果浆发酵酒有机酸含量对比见图 3。

由图 2 可知,酸度随澳洲青苹果浆比例的增大而提高,澳洲青苹:红富士苹果果浆体积比 1:1 的发酵酒酸度(66%  $\pm$  0.88%)最大,单种红富士苹果浆发酵酒酸度(33%  $\pm$  0.90%)最小;总酚随澳洲青苹果浆比例的减小而增大,单种红富士苹果浆发酵酒(68.5  $\pm$  0.56 mg/100 mL)最大,澳洲青苹:红富士苹果的果浆体积比 1:1 的发酵酒(53.3  $\pm$  0.36 mg/100 mL)最小;果酒抗氧化活性的变化随添加比例的增大而提高,澳洲青苹:红富士苹果 = 1:1 的发酵酒对 DPPH 自由基的清除率和 ABTS 自由基的

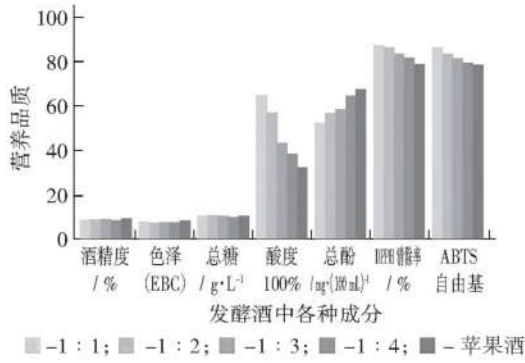


图2 不同比例果浆发酵酒营养品质对比

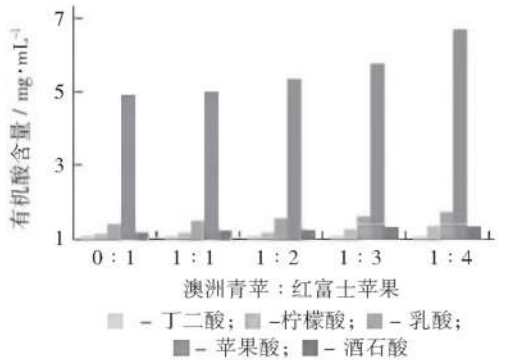


图3 不同比例果浆发酵酒有机酸含量对比

清除率均为 89%，其他指标（总糖、酒精度）基本一致。总之，随着澳洲青苹果浆比例的增大，抗氧化活性也随之增大，但总酚随其添加量增大而减小，果酒的色值却逐渐减小，不易褐变。

图3为有机酸含量对比，经过澳洲青苹果调酸的发酵酒有机酸含量较高，随着比例的增大也逐渐增大，澳洲青苹果：红富士苹果为 1:1 的发酵酒，其有机酸含量最高为 8.28 ± 0.30 mg/100 mL；其中苹果酸

含量变化最大，其次为酒石酸与乳酸，丁二酸的含量基本不变，可能是由于其含量较少。

## 2.2 不同比例混合果浆发酵酒的香气成分对比结果

### 2.2.1 电子鼻试验结果

按照 1.3.4 (2) 进行试验，对香气成分进行电子鼻检测。

不同比例混合果浆发酵酒香气电子鼻检测结果见图 4。

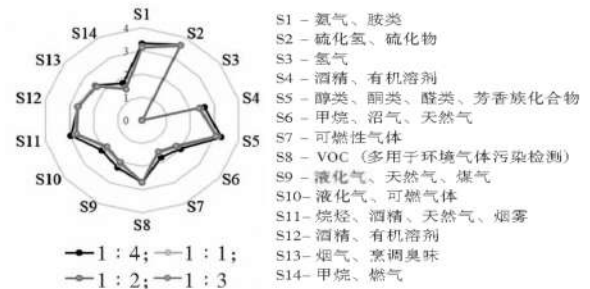


图4 不同比例混合果浆发酵酒香气电子鼻检测结果

由图 4 可知，在电子鼻的 14 根传感器中，并无太大差异，但是在主成分分析图中表示，4 种不同比例发酵酒有一定的差异，由于 3 次数据差别较大，还需要进一步利用 GC-MS 确定。

### 2.2.2 GC-MS 香气成分分析试验结果

按照 1.3.4 (2) 进行试验，对不同比例混合果浆发酵酒的香气成分进行 GC-MS 检测分析。

不同比例果浆发酵酒主要呈香物质及其含量见表 2。

由表 2 可知，从不同比例果浆发酵酒里共检测出 42 种呈香物质，其中 19 种酯类物质、11 种醇类物质、9 种低级脂肪酸及 3 种醛酮类。

该苹果酒酯类主呈香物质为乙酸乙酯、乙酸异

表 2 不同比例果浆发酵酒主要呈香物质及其含量

呈香物质 / ppm	1:1	1:2	1:3	1:4	0:1 (红富士苹果浆发酵酒)
	酯 类				
乙酸乙酯	53.201	55.783	58.889	49.001	54.889
丁酸乙酯	1.890	1.320	1.992	1.298	2.191
乙酸异戊酯	15.622	15.783	16.372	15.997	16.665
乙酸正丁酯	-	0.235	0.249	0.249	0.274
己酸乙酯	0.868	0.802	0.738	0.747	0.725
乙酸正己酯	0.326	0.290	0.319	0.291	-
庚酸乙酯	0.011	0.019	0.028	0.033	0.034
辛酸乙酯	0.434	0.459	0.397	0.746	1.092
癸酸乙酯	0.198	0.184	0.690	0.975	1.504
4-癸烯酸甲酯	-	-	-	-	0.016
9-癸烯酸乙酯	0.439	0.574	0.638	0.708	0.793
苯甲酸乙酯	0.657	0.738	0.803	0.838	0.997
乙酸-2-苯乙酯	7.770	7.721	7.729	7.710	7.703
乳酸乙酯	5.694	4.274	4.657	4.249	4.632
月桂酸乙酯	23.245	34.780	55.372	78.900	112.298
11-十六烯酸乙酯	1.504	1.450	1.503	1.654	1.826
豆蔻酸乙酯	0.235	0.537	1.344	1.726	2.716
棕榈酸乙酯	6.531	9.835	11.760	13.547	15.105
9-十六烯酸乙酯	-	10.468	12.756	15.639	16.374

续表 2

呈香物质 / ppm	1 : 1	1 : 2	1 : 3	1 : 4	0 : 1 (红富士苹果浆发酵酒)
		醇			
3-己烯-1-醇	0.023	-	-	-	-
2,3-丁二醇	0.055	0.053	0.047	0.059	0.064
正辛醇	0.046	0.047	0.050	0.044	0.048
正丙醇	6.397	6.547	7.465	7.837	8.117
异丁醇	231.214	210.300	209.400	199.000	184.856
正丁醇	0.896	3.490	4.839	6.036	8.465
异戊醇	261.757	247.223	256.732	239.003	232.098
正戊醇	-	-	-	0.049	0.069
正己醇	1.155	1.473	1.782	2.003	2.187
正庚醇	0.204	0.156	0.107	0.081	0.076
苯乙醇	11.250	23.070	29.007	34.546	43.557
		低级脂肪酸			
正己酸	4.627	4.327 0	4.680 0	4.470	4.757
苯甲酸	0.011	-	-	-	-
肉豆蔻酸	0.010	-	-	-	-
11-十四烯酸	-	-	-	3.798	-
辛酸	4.000	4.010 0	3.987 0	3.905	6.118
9-十四烯酸	-	0.129 0	0.369 0	0.544	0.613
6-癸烯酸	0.257	0.379 0	0.399 0	0.530	0.554
癸酸	0.607	0.706 1	0.977 9	1.450	2.411
乙酸	277.537	268.357 0	268.901 0	279.337	282.933
		酮醛类			
壬醛	28.935	26.892	27.826	27.930	28.390
香豆酮	5.275	4.982	5.219	5.279	4.572
癸醛	22.177	23.678	25.390	24.237	27.008

戊酯、己酸乙酯、乳酸乙酯、月桂酸乙酯、棕榈酸乙酯、9-十六烯酸乙酯;醇类主呈香物质为异丁醇、异戊醇、正己醇、苯乙醇;低级脂肪酸主呈香物质为正己酸、辛酸、乙酸、6-癸烯酸;酮醛类主呈香物质为壬醛、香豆酮、癸醛。总体来看,5种果酒呈香物质主要成分为醇类45%~50%,酯类15%~20%,低级脂肪酸25%~30%,醛酮类5%~6%,其中酯类最能影响果酒呈香特性,低含量的酯类即可产生明显的香气,果酒在品尝时,大部分香气都由酯类物质产生<sup>[27]</sup>。

由试验结果可知,酯类与高级醇是影响苹果酒果香的主要成分,苹果酒中不存在严格意义上的单一主体香气,苹果酒的香味是由众多的酯类与高级醇,以及其他一些呈香物质共同作用的结果;发酵过程中生成的酯类是构成香气物质的最重要种类,大多数酯类具有花果香气,对酒体风味贡献最大;少量的高级醇能够赋予果酒特殊的香气,对酒体感官品质的形成具有重要的作用,在酒中有协调平衡作用,以构成果酒的不同风格<sup>[28-29]</sup>。

由表2可知,试验制备的果酒中重要的酯类物质种类多于醇类物质;低浓度的酸会给予酒体清冽、令人愉悦的香味,对酒体香味有着不可替代的作用;醛酮类物质可以与其他香气物质相互协同配合,给予酒体饱满馥郁、圆润淡雅的风格<sup>[30]</sup>。

不同比例果浆发酵酒的呈香物质分布见图5。

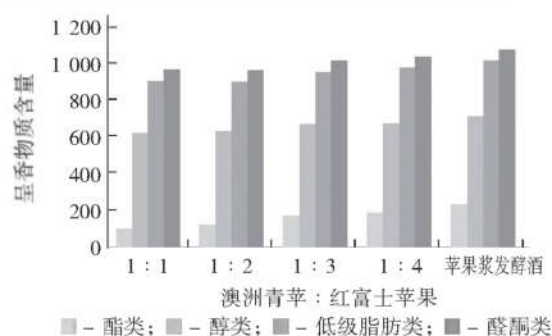


图5 不同比例果浆发酵酒的呈香物质分布

由图5可知,不同比例果浆调酸发酵酒的呈香物质主要区别在酯类,而醛酮类、低级脂肪酸及醇类基本无显著差异,其中主要酯类呈香物质为月桂酸乙酯,醇类物质为异丁醇与异戊醇,低级脂肪酸为乙酸。呈香物质在不同比例果浆调酸发酵酒中的百分含量,依次为醇类>低级脂肪酸>酯类>醛酮类,单种红富士苹果浆发酵酒的口感比混合果浆发酵酒更为醇厚,而澳洲青苹比例越高的发酵酒越清、清冽而易醉。

### 3 结论

通过对4种不同比例的澳洲青苹与红富士混合果浆发酵酒的理化、营养、抗氧化活性、香气等指标变化的分析,可知最佳比例为1:1;利用澳洲青苹进行调酸发酵苹果酒,在一定程度上降低了多酚

含量,很好地防止了酒体褐变,色泽更加明艳;澳洲青苹调酸果酒的有机酸含量明显增多,但酒精度、残糖含量基本不变;调酸发酵酒与单种红富士果浆发酵酒相比,主要呈香物质大致相同。澳洲青苹的加入避免了酸度调节添加剂的使用,降低了红富士苹果浆发酵的厚重感,使果酒更为清香。

#### 参考文献:

- [1] 张晓敏,李擎,王耀,等.苹果酒酿造工艺及成分研究进展[J].农产品加工,2015(14):68-70,72.
- [2] Li C X, Zhao X H, Zuo W F, et al. The effects of simultaneous and sequential inoculation of yeast and autochthonous *Oenococcus oeni* on the chemical composition of red-fleshed apple cider [J]. LWT, 2020(4): 1091-1112.
- [3] 马兆瑞,祝战斌.苹果酒酿造历史及其类型[J].酿酒,2004(1):21-22.
- [4] 宋淑红.苹果酒酿造工艺的研究[J].食品安全导刊,2020(7):67-71.
- [5] Carl Lachat, 马兆瑞.苹果酒酿造技术[M].北京:中国轻工业出版社,2004:243-254.
- [6] 祝战斌,马兆瑞.苹果酒中试生产工艺技术的研究[J].酿酒,2009,36(2):86-88.
- [7] Mónica H, Adriana L, Luis A, et al. Controlled malolactic fermentation in cider using *Oenococcus oeni* immobilized in alginate beads and comparison with free cell fermentation [J]. Enzyme & Microbial Technology, 1999(1):35-41.
- [8] 杨杰,孟祥宁,辛力.2017—2019年中国苹果市场分析[J].落叶果树,2019,51(5):5-7.
- [9] 王思懿.苹果酒酿造工艺研究[D].西安:陕西科技大学,2015.
- [10] 张鹏,李莉,米晓春,等.3种鲜食型苹果发酵酒的对比研究[J].农产品加工,2012(3):84-87.
- [11] Lorenzini M, Simonato, Slaghenaufi D, et al. Assessment of yeasts for apple juice fermentation and production of cider volatile compounds [J]. Lebensmittel Wissenschaft Und Technologie, 2019(2):224-230.
- [12] 刘婧琳,郭玉蓉.4种工艺苹果酒中的游离氨基酸及其呈味特征[J].陕西农业科学,2015,61(10):27-30,46.
- [13] 曹有芳,徐俊南,刘丹,等.苹果酒品质检测中电子鼻和电子舌检测参数的优化[J].中国酿造,2020,39(1):108-113.
- [14] 魏志萍.苹果酒褐变抑制的研究[J].酿酒,2020,47(3):114-117.
- [15] 朱贵义,李丙智,谢宏伟,等.苹果鲜食加工兼用品种澳洲青苹生长结果情况调查与分析[J].陕西农业科学,2019,65(5):42-44.
- [16] 田丹,刘旻昊,邓红,等.冷破碎红富士苹果浆发酵低度苹果酒工艺优化[J].食品工业科技,2020,41(16):52-57.
- [17] 国家质量监督检验检疫总局.GB/T 15038—2006 果酒、葡萄酒通用分析方法[S].北京:中国标准出版社,2006.
- [18] 中华人民共和国国内贸易部.SB/T 10203—1994 果汁通用试验方法商业行业标准[S].北京:中国标准出版社,1994.
- [19] 蔡红梅,田子玉.苯酚-硫酸法测定草莓中总糖含量[J].吉林农业,2019(4):46.
- [20] 刘松,张诗行.桉柳枝总酚含量测量方法的比较研究[J].环境科学与技术,2019,42(S1):97-101.
- [21] 国家卫生和计划生育委员会.GB 5009.157—2016 食品安全国家标准 食品有机酸的测定[S].北京:中国标准出版社,2016.
- [22] 汪立平,徐岩,赵光鳌,等.顶空固相微萃取法快速测定苹果酒中的香味物质[J].无锡轻工大学学报,2003(1):1-6,20.
- [23] 任晓宇,张少云,裴晓静,等.红枣白兰地中香气成分的顶空固相微萃取条件优化[J].食品工业科技,2018(7):249-254,291.
- [24] Dymerski T, GiBicki J, Wardencki W, et al. Application of an electronic nose instrument to fast classification of polish honey types [J]. Sensors, 2014(6):10709-10724.
- [25] 周宇,孟庆浩,亓培锋,等.基于单类支持向量机的电子鼻在白酒真假识别中的应用[J].传感技术学报,2015(12):1741-1746.
- [26] 曹有芳,徐俊南,刘丹,等.苹果酒品质检测中电子鼻和电子舌检测参数的优化[J].中国酿造,2020,39(1):108-113.
- [27] 汪立平.苹果酒酿造中香气物质的研究[D].无锡:江南大学,2004.
- [28] 曾朝珍,康三江,张霁红,等.异常汉逊酵母与酿酒酵母混菌发酵对苹果白兰地风味物质的影响[J].食品工业科技,2018,39(5):250-255.
- [29] Verzera A, Ziino M, Cacco A, et al. Volatile compound and sensory analysis for the characterization of an Italian white wine from "Inzolia" grapes [J]. Food Analytical Methods, 2008(2):144-151.
- [30] 叶万军,宋丽娟,刘畅,等.苹果白兰地酿造工艺研究[J].黑龙江农业科学,2019(6):106-108.◇

欢迎订阅 《农产品加工》 欢迎投稿

邮发代号:22-121 22-19

在线投稿:www.ncpjg.com

电 话:0351-4606085

投稿信箱:ncpjgk@163.com