

黑果腺肋花楸酒与赤霞珠葡萄酒 香气物质对比分析

毛建利¹, 李 艳^{1,2,*}

(1.河北科技大学生物科学与工程学院, 河北 石家庄 050018; 2.河北省发酵工程技术研究中心, 河北 石家庄 050018)

摘 要:以赤霞珠葡萄酒为参照分析黑果腺肋花楸发酵酒的香气物质组成并进行感官品评, 评价其酿酒潜质, 为开发适宜消费者口味的黑果腺肋花楸酒提供参考。采用顶空固相微萃取结合气相色谱-质谱分析酒的香气物质成分。结果显示: 黑果腺肋花楸酒香气物质含量为赤霞珠葡萄酒的2.73倍, 香气物质种类分别为41种和40种, 其中共有的18种。醇类物质含量最高, 分别占总香气的62.11%和73.87%。依据香气活度值, 酯类物质对酒的香气贡献最大, 分别为36.57%和22.04%。黑果腺肋花楸酒的主体香气物质是大马士酮、辛酸乙酯、正己酸乙酯和乙酸异戊酯, 而赤霞珠葡萄酒则为 α -紫罗酮、辛酸乙酯、正己酸乙酯和苯乙醛。2款酒中共有香气物质对香气贡献占比分别为34.20%和21.81%, 说明具有一定的相似性, 而大马士酮和 α -紫罗酮对酒香气值的贡献分别为63.22%和76.36%, 形成了各自酒的特色。经感官品评, 黑果腺肋花楸酒比赤霞珠葡萄酒总得分高2分, 黑果腺肋花楸作为黑色浆果具有开发酿酒的价值。

关键词:黑果腺肋花楸发酵酒; 赤霞珠葡萄酒; 香气物质分析; 顶空固相微萃取; 气相色谱-质谱联用仪

Comparative Analysis of Aroma Components of Black Chokeberry Wine and Cabernet Sauvignon Wine

MAO Jianli¹, LI Yan^{1,2,*}

(1. College of Bioscience and Bioengineering, Hebei University of Science and Technology, Shijiazhuang 050018, China;
2. Hebei Fermentation Engineering Technology Research Center, Shijiazhuang 050018, China)

Abstract: In order to provide an experimental basis for the development of black chokeberry wine with good consumer acceptance, the aroma components of black chokeberry wine were analyzed head space-solid phase microextraction (HS-SPME) combined with gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) and sensory evaluation was conducted in comparison to the reference Cabernet Sauvignon wine. The results showed that the aroma content of black chokeberry wine was 2.73 times higher than that of Cabernet Sauvignon wine, and 41 and 40 aroma compounds were detected from black chokeberry and Cabernet Sauvignon wines, respectively. A total of 18 aroma compounds were common to both. In the two wines, alcohols were the most dominant compounds, accounting for 62.11% and 73.87% of the total aroma compounds, respectively. According to odor activity values (OAVs), esters contributed mostly to the aroma of wine, with contribution rates of 36.57% and 22.04% for black chokeberry and Cabernet Sauvignon wines, respectively. The main aroma components of black chokeberry wine were β -damascenone, ethyl octanoate, ethyl *n*-hexanoate and isoamyl acetate, while in Cabernet Sauvignon wine, α -ionone, ethyl octanoate, ethyl caproate and phenylacetaldehyde were dominant. The aroma components found in both black chokeberry and Cabernet Sauvignon wines accounted for 34.20% and 21.81% of the total aroma compounds, respectively, indicating a certain similarity, while the contribution ratio of β -damascenone and α -ionone to the odor activity values of black chokeberry and Cabernet Sauvignon wines were 63.22% and 76.36%, respectively. Both wines had their own characteristics. The sensory evaluation score of black chokeberry wine was 2 points higher than that of Cabernet Sauvignon wine. The above results indicated that the black chokeberry can be used for winemaking as a black berry.

Keywords: black chokeberry wine; Cabernet Sauvignon wine; aroma substance analysis; head space-solid phase microextraction; gas chromatography-mass spectrometry

收稿日期: 2018-08-13

基金项目: 2018年度河北省重点研发计划项目 (18227131D)

第一作者简介: 毛建利 (1991—) (ORCID: 0000-0002-6475-8983), 男, 硕士研究生, 研究方向为传统发酵工程创新技术研究、酒类酿造。E-mail: 2295456419@qq.com

*通信作者简介: 李艳 (1958—) (ORCID: 0000-0002-8278-1693), 女, 教授, 本科, 研究方向为传统发酵工程创新技术研究、酒类酿造。E-mail: lyndh5885@163.com

DOI:10.7506/spkx1002-6630-20180813-128

中图分类号: TS261

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2019) 22-0270-07

引文格式:

毛建利, 李艳. 黑果腺肋花楸酒与赤霞珠葡萄酒香气物质对比分析[J]. 食品科学, 2019, 40(22): 270-276. DOI:10.7506/spkx1002-6630-20180813-128. <http://www.spkx.net.cn>

MAO Jianli, LI Yan. Comparative analysis of aroma components of black chokeberry wine and Cabernet Sauvignon wine[J]. Food Science, 2019, 40(22): 270-276. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/spkx1002-6630-20180813-128. <http://www.spkx.net.cn>

黑果腺肋花楸 (*Aornial mealnocarpa*) 属蔷薇科多年生落叶灌木, 原产北美, 2018年辽宁省从美国引进^[1], 果实为紫黑色小浆果, 成球形^[2], 酸甜有涩味^[3], 果实中含有丰富的多酚类物质、胡萝卜素、VC^[4-6], 具有抗心血管病、抗肿瘤^[7-10]、抗氧化^[11]、抗炎镇痛等诸多生理活性, 因此, 具有很高的开发及应用价值。目前对黑果腺肋花楸的开发包括制成蜜饯、干果、饮料或酿酒等。将黑果腺肋花楸酿造成果酒, 果实内的多酚等功能成分能够较好地保持活性^[12], 营养物质丰富^[13-16]。2016年河北省秦皇岛市卢龙县开始大面积引种黑果腺肋花楸, 并酿造发酵酒。

赤霞珠葡萄原产法国波尔多, 是世界酿制红葡萄酒的名贵品种。1986年, 河北省昌黎产区是我国最早引种赤霞珠葡萄的地区之一^[17], 目前在我国种植面积约占红葡萄品种总面积的近1/2, 赤霞珠葡萄酒中的芳香物质种类丰富, 含量较高, 主要包括醇、酯、有机酸、醛、酮及萜烯类物质, 具有的典型性和独特性已被广泛认可。

香气是评价酒品质的重要指标, 葡萄酒中香气成分包括: 醇、酯、酸、酮、烯醇、醛、烯炔、杂环化合物等1 000多种。香气物质种类和含量构成了不同葡萄酒的风格和特色^[18]。黑果腺肋花楸发酵酒是新开发的发酵型浆果酒, 与赤霞珠葡萄酒类似, 香气成分也可分为来自浆果的果香, 由酵母菌、乳酸菌等微生物发酵代谢产生的发酵香, 以及原酒在陈酿过程中酸、醇等物质复合或氧化还原作用而产生^[19]的陈酿香3类香气。因此, 选择赤霞珠葡萄酒为参照, 采用顶空固相微萃取 (head space-solid phase microextractions, HS-SPME) 结合气相色谱-质谱 (gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS) 联用技术, 对比分析黑果腺肋花楸发酵酒和赤霞珠葡萄酒的香气物质组成^[20-22], 了解和确定黑果腺肋花楸发酵酒的香气特征, 为完善酒的酿造工艺提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

黑果腺肋花楸发酵酒和赤霞珠葡萄酒均采用2016年种植在昌黎产区卢龙县柳河山谷的黑果腺肋花楸果实和赤霞珠葡萄酿造, 秦皇岛金樽酒业有限公司提供。

酚酞指示剂、福林-丹尼斯、福林-肖卡、NaCl、Na₂CO₃ (均为分析纯) 国药集团化学试剂有限公司; 乙醇、苯乙酮、苯甲醇、乙酸异戊酯 (均为色谱纯) 美国Sigma-Aldrich公司; 偏重亚硫酸钾 (分析纯) 天津市永大化学试剂有限公司; 酵母菌、果胶酶 法国诺盟公司。

1.2 仪器与设备

7820-5975C GC-MS联用仪 美国安捷伦公司; 50/30 μm二甲基苯/碳分子筛/聚二甲基硅氧烷 (divinylbenzene/carboxen/polydimethylsiloxane, DVB/CAR/PDMS) 萃取头、萃取手柄 美国Supelco公司; DF-101S集热式恒温加热磁力搅拌器 巩义市英峪华仪器厂; SP-756型紫外-可见分光光度计 上海光谱仪器有限公司。

1.3 方法

1.3.1 基础成分测定

还原糖 (以葡萄糖计): 斐林试剂滴定法^[23]测定; 花色苷: pH值示差法^[24]测定; 单宁: 福林-丹尼斯法^[25]测定, 以单宁酸计; 总酚: 福林-肖卡法^[26]测定, 以没食子酸计; 色度和色调: 分光光度计法测定; 干浸出物、乙醇体积分数、滴定酸 (以酒石酸计): 按GB/T 15038—2006《葡萄酒、果酒通用分析方法》测定。

1.3.2 黑果腺肋花楸酒酿造工艺流程及说明

黑果腺肋花楸酒的酿造工艺参照赤霞珠葡萄酒, 因黑果腺肋花楸果实糖含量低, 需在发酵前添加蔗糖至220 g/L, 发酵结束后从储酒罐中抽取样品进行测定。工艺流程如下:

黑果腺肋花楸果 → 破碎、除梗 → 黑果腺肋花楸浆 → 50 000 L发酵罐控温 (25~28℃) 发酵
↑
SO₂ 50 mg/L, 果胶酶浸渍24 h 补糖至220 g/L, 接种酵母菌24 h
黑果腺肋花楸原酒 ← 压榨 (残糖4 g/L) ←

1.3.3 香气物质萃取

酒中香气物质萃取采用HS-SPME。在20 mL萃取瓶中放入已用乙醇浸泡并晾干的磁力搅拌转子一颗, 称取2 g NaCl, 再准确量取5 mL酒样加入顶空瓶中, 加入10 μL质量浓度为602.00 mg/L的内标物苯乙酮加盖密

封，将SPME针管穿透样品瓶隔垫，调整针头深入至顶空瓶1/3处，开启磁力搅拌60 r/min，45 ℃水浴，搅拌平衡15 min，萃取吸附30 min取出手柄，用SPME针直接进样^[27]，250 ℃解吸3 min。

1.3.4 GC-MS检测条件

GC条件：载气为氦气（99.999%），流速1.0 mL/min；升温程序：40 ℃保持12 min，以3 ℃/min的速率升至108 ℃保持2 min，再以5 ℃/min升至250 ℃保持5 min；进样口温度250 ℃。

MS条件：离子源温度230 ℃；四极杆温度150 ℃；电子电离源，电子能量70 eV；质量扫描范围45~550 u^[28]。

1.3.5 香气物质的定性与定量

香气物质采用NIST质谱数据库检索，结合保留时间和参考文献[28-31]进行定性分析；乙酸异戊酯母液质量浓度为15.81 mg/L分别稀释1、2、3、4、5、6、7、8、9、10倍做外标物，取5 mL外标物加入10 μL质量浓度为602.00 mg/L苯乙酮内标物，采用上述酒样检测的方法进行检测，以外标物与内标物的峰面积比*X*为横坐标，外标物质量浓度*Y*为纵坐标，构建酯类物质的标准曲线。通过原液质量浓度为85.90 mg/L的苯乙醇、14.72 mg/L的苯甲醛、49.21 mg/L的大马士酮分别做外标物，苯乙酮做内标物，采用同样的方式构建醇、醛、酮物质的标准曲线进行定量分析。

1.3.6 感官评定

组成7人评定小组，参照GB 15038—2006标准，对产品的色、香、味、型进行评定，外观满分20分，香气满分30分，口感满分40分，典型性10分，总分100分。去掉1个最高分和1个最低分，然后平均即为产品感官得分。

1.4 数据处理

所有样品均分别平行测定3次取平均值。实验数据通过Excel 2003、SPASS 17.0、Origin 8.5进行汇总与统计分析。

2 结果与分析

2.1 基础理化成分测定结果

分别检测黑果腺肋花楸果实和赤霞珠葡萄，以及发酵后酒中乙醇体积分数、还原糖、滴定酸、花色苷、单宁、总酚、色度、色调、干浸物等基础理化成分，结果见表1。

黑果腺肋花楸果实的还原糖质量浓度为66.0 g/L，远低于赤霞珠葡萄，因此，发酵前加糖调整至220 g/L，酸的总含量以及种类是影响原料品质及果酒的重要因素，黑果腺肋花楸果的滴定酸质量浓度为7.97 g/L，略低于赤霞珠葡萄的滴定酸含量。作为红酒重要的骨架，酚类

物质是酒体的重要组成部分，黑果腺肋花楸果的花色苷质量浓度为266.76 mg/L，远高于赤霞珠葡萄的花色苷含量，作为红酒的主要呈色物质，丰富的花色苷类物质是黑果腺肋花楸果相对于赤霞珠葡萄的优势所在。黑果腺肋花楸果的单宁质量浓度为7.02 g/L，是赤霞珠葡萄的3倍，总酚质量浓度为4.97 g/L，是赤霞珠葡萄的1.8倍，含量都远高于赤霞珠葡萄，黑果腺肋花楸果和赤霞珠葡萄的基础理化成分所具有的差异，也是影响到黑果腺肋花楸发酵酒及赤霞珠葡萄酒的香气及感官差异的重要因素。表1显示，黑果腺肋花楸发酵酒的花色苷、单宁、总酚、色度、干浸物含量明显高于赤霞珠葡萄酒，且差异显著，其中单宁和总酚含量分别为赤霞珠葡萄酒的3倍和2.6倍。酒的色度主要取决于酒中酚类物质，如花色苷、单宁等物质。花色苷和单宁含量越高，酒的颜色越深、色度值也高。黑果腺肋花楸发酵酒的色度值为17.86，明显高于赤霞珠葡萄酒的色度值，也反映了黑果腺肋花楸酒的花色苷、单宁等酚类物质明显高于赤霞珠葡萄酒中的含量。这几类物质具有极强的抗氧化活性，是果酒清除人体自由基最主要的功能性物质，具有极大应用价值和开发潜力。黑果腺肋花楸发酵酒的色调也高于赤霞珠葡萄酒，是因花楸酒中单宁含量较高，在聚合单宁作用下逐渐增加了黄色色调，色调也由最初的紫红色逐渐变为瓦红色或砖红色。

表1 样品的基本理化指标分析

Table 1 Basic physicochemical indicators of berry and wine samples				
成分	黑果腺肋花楸果	赤霞珠葡萄	黑果腺肋花楸发酵酒	赤霞珠葡萄酒
乙醇体积分数/%	—	—	11.30±0.20	11.76±0.10
还原糖质量浓度/(g/L)	66±1.48 ^b	207.3±4.13 ^a	4.70±0.050	3.21±0.032
滴定酸质量浓度/(g/L)	7.97±0.17 ^b	8.73±0.17 ^a	7.12±0.076	5.16±0.044
花色苷质量浓度/(mg/L)	266.76±5.10 ^a	160.5±3.32 ^b	193.86±1.77	108.24±0.63
单宁质量浓度/(g/L)	7.02±0.15 ^a	2.29±0.04 ^b	6.20±0.04	2.09±0.031
总酚质量浓度/(g/L)	4.97±0.10 ^a	2.73±0.05 ^b	4.51±0.046	1.71±0.036
色度	14.21±0.25 ^a	2.143±0.04 ^b	17.86±0.087	5.58±0.057
色调	4.12±0.09 ^a	1.071±0.02 ^b	4.99±0.050	1.14±0.042
干浸物/(g/L)	—	—	56.17±0.41	26.70±0.31

注：不同字母表示差异显著（*P*<0.05）。—未检出。下同。

2.2 酒中香气成分GC-MS分析结果

GC-MS定量分析香气物质的标准曲线见表2。

表2 香气物质的标准曲线

Table 2 Standard curves for aroma compounds		
物质	标准曲线	相关系数 <i>R</i> ²
乙酸异戊酯	<i>y</i> =0.001 4 <i>x</i> +0.006	0.998 2
苯乙醇	<i>y</i> =0.024 4 <i>x</i> +0.001	0.997 4
苯甲醛	<i>y</i> =0.011 8 <i>x</i> —0.0026	0.997 5
大马士酮	<i>y</i> =0.019 4 <i>x</i> —0.002	0.996 1

对黑果腺肋花楸发酵酒和赤霞珠葡萄酒进行香气物质萃取，经GC-MS检测，标准曲线计算酒中香气物质的

含量及香气活度值 (odor activity values, OAVs), 结果见表3。

表3 酒中香气物质的含量和风味特征
Table 3 Contents and flavor characteristics of aroma compounds in wines

序号	物质名称	黑果腺肋花楸发酵酒		赤霞珠葡萄酒		风味特征描述	感官阈值/(mg/L)
		质量浓度/(mg/L)	OAVs	质量浓度/(mg/L)	OAVs		
酯类							
1	丙酸乙酯	—	—	1.075±0.018	—	菠萝的气味	1.80
2	乙酸-3-苯基丙酯	1.489±0.021	—	—	—	—	—
3	丁酸乙酯	—	—	2.388±0.040	119.42	酸果香、草莓香	0.020
4	乳酸乙酯	—	—	14.049±0.234	1.51	乳香、覆盆子	14.00
5	甲酸异丙酯	7.374±0.100	—	—	—	—	—
6	乙酸异戊酯	41.105±0.556	1 370.17	—	—	香蕉味	0.030
7	9-癸烯酸乙酯	3.445±0.047	34.45	—	—	—	0.100
8	2-羟基丙酸乙酯	—	—	7.126±0.119	—	乳香、覆盆子	14.00
9	乙酸己酯	4.201±0.057	6.27	—	—	愉悦的果香、梨	0.670
10	L(-)-乳酸乙酯	—	—	15.180±0.253	1.08	乳香	14.00
11	4-羟基丁酸乙酯	—	—	1.208±0.021	—	—	—
12	甲酸庚酯	—	—	1.242±0.021	—	梅子的甜的香韵	—
13	正己酸乙酯	30.555±0.413	2 182.47	21.246±0.354	1517.54	青苹果、草莓	0.014
14	乳酸异戊酯	—	—	3.873±0.065	19.36	—	0.200
15	苯甲酸乙酯	428.893±5.810	—	1.670±0.028	—	稍有水果气味	—
16	丁二酸二乙酯	3.687±0.050	0.61	61.051±1.017	10.18	花香	6.00
17	水杨酸甲酯	—	—	2.211±0.037	—	冬青	—
18	辛酸乙酯	79.893±1.080	15 978.57	38.362±0.639	7 672.46	菠萝、梨、花香	0.005
19	苯甲酸甲酯	2.957±0.040	—	—	—	浓郁的冬青油	—
20	苯乙酸乙酯	11.259±0.152	45.04	1.564±0.026	6.26	蜂蜜	0.250
21	乙酸苯甲酯	31.045±0.420	—	—	—	茉莉花香	—
22	乙酸苯乙酯	27.133±0.367	108.53	2.948±0.049	11.79	愉悦的花香	0.250
23	水杨酸乙酯	—	—	1.348±0.022	—	—	—
24	壬酸乙酯	1.736±0.023	1.34	1.151±0.019	0.89	蜡味、果香	1.30
25	癸酸乙酯	33.729±0.456	337.29	8.845±0.147	88.45	愉悦的果香	0.100
26	月桂酸乙酯	5.152±0.070	3.43	1.200±0.020	0.80	花香、果香	1.50
27	苯甲酸异戊酯	1.000±0.005	—	—	—	果香和龙涎香韵	—
28	苯甲酸丙酯	1.246±0.017	—	—	—	坚果或水果香味	—
29	乙基异戊基琥珀酸酯	—	—	5.134±0.086	—	—	—
30	2-己烯酸乙酯	—	—	1.529±0.025	—	—	—
种类		18	11	21	12		
小计		715.900	20 068.17	194.404	9 449.74		
比例/%		30.34	36.56	22.53	22.04		
醇类							
31	6-庚烯-2,4-二醇	6.621±0.089	—	—	—	—	—
32	正己醇	9.084±0.123	1.14	23.411±0.390	2.93	青草香	8.00
33	异戊醇	452.143±6.110	15.07	381.398±6.355	12.71	醇香、涩味	30.00
34	3-甲基-1,5-戊二醇	347.831±4.714	—	60.891±1.015	—	—	—
35	D-异薄荷醇	1.000±0.020	—	—	—	—	—
36	正辛醇	4.910±0.066	—	—	—	—	—
37	2,3-丁二醇	71.125±0.961	—	8.104±0.135	—	黄油	120.00
38	3-甲硫基丙醇	—	—	1.861±0.031	3.72	脂肪的气息	0.500
39	苯甲醇	364.843±4.00	1.82	6.898±0.115	0.034	芳香味	200.00
40	芳樟醇	—	—	1.936±0.032	77.46	铃兰香气	0.025
41	2-壬醇	—	—	1.282±0.021	10.68	柑橘香、果香	0.120
42	苯乙醇	176.169±2.381	12.58	143.030±2.383	10.22	花香	14.00
43	3-苯丙醇	2.224±0.030	—	—	—	果香	—
44	4-萜烯醇	14.436±0.195	—	4.372±0.073	—	—	—

续表3

序号	物质名称	黑果腺肋花楸发酵酒		赤霞珠葡萄酒		风味特征描述	感官阈值/(mg/L)
		质量浓度/(mg/L)	OAVs	质量浓度/(mg/L)	OAVs		
45	α -松油醇	—	—	2.948±0.049	—	紫丁香味	—
46	D-香茅醇	—	—	1.411±0.024	14.11	甜玫瑰香	0.100
47	叶醇	5.424±0.073	13.56	—	—	青草、药草香	0.400
48	2-乙基己醇	1.736±0.023	—	—	—	—	8.00
49	2-乙氧基丙醇	5.399±0.073	—	—	—	—	—
50	3-乙氧基丙醇	2.468±0.033	—	—	—	—	—
种类		15	5	12	8		
小计		1 465.414	44.17	637.540	131.86		
比例/%		62.11	0.080	73.87	0.31		
醛酮类							
51	苯甲醛	145.106±1.96	72.55	18.523±0.309	9.26	杏仁	2.00
52	苯乙醛	—	—	2.700±0.045	539.94	玫瑰花香、蜂蜜	0.005
53	癸醛	1.735±0.023	1.73	—	—	青草、柑橘	1.00
54	α -紫罗酮	—	—	2.947±0.049	32 745.67	紫罗兰气味	0.000 09
55	大马士酮	1.735±0.023	34 694.80	—	—	木香、桃、果香	0.000 05
种类		3	3	3	3		
小计		148.575	34 769.08	24.170	33 294.87		
比例/%		6.30	63.34	2.80	77.64		
其他类型							
56	环辛烷	—	—	1.969±0.033	—	类似樟脑的气味	—
57	甲基环戊烷	3.689±0.050	—	—	—	有汽油味	—
58	茶香螺烷	9.328±0.126	—	—	—	—	—
59	2-蒎烯	—	—	1.730±0.029	—	—	—
60	2-氯噻吩-4-羧酸	10.773±0.146	—	—	—	—	—
61	2,6-二叔丁基苯醌	—	—	1.483±0.025	—	韵味	—
62	2,4-二叔丁基苯酚	1.735±0.023	8.67	1.730±0.029	8.65	—	0.200
63	甲基正丁基醚	3.930±0.053	—	—	—	—	—
种类		5	1	4	1		
小计		29.454	8.67	6.912	8.65		
比例/%		1.25	0.016	0.80	0.020		
总量		2 359.343	54 890.09	863.025	42 885.12		
种类		41	20	40	24		

表3中香气特点描述与感官阈值参照文献[32-34]。数据显示, 黑果腺肋花楸酒和赤霞珠葡萄酒中共检出63种香气物质, 分别为41种和40种, 其中有18种为两款酒中共有。黑果腺肋花楸酒的香气物质总量是赤霞珠葡萄酒的2.73倍, 共检测出18种酯类物质, 15种醇类物质、3种醛酮类物质、5种其他类型的香气物质。赤霞珠葡萄酒共检测出21种酯类物质, 12种醇类物质、3种醛酮类物质、4种其他类型的香气物质。黑果腺肋花楸酒中苯甲酸乙酯、苯甲醇、苯甲醛、大马士酮含量明显高于其在赤霞珠葡萄酒中的含量。赤霞珠葡萄酒中丁二酸二乙酯、正己醇、苯乙醛、 α -紫罗酮明显高于其在黑果腺肋花楸酒中的含量。

酯类物质由高级醇和脂肪酸在酶的催化作用下形成, 是酒中种类最多的香气物质, 使酒具有果香、花香、蜂蜜香、乳香等, 增加了酒体的复杂性、多样性和愉悦性。2款酒中共有9种酯类物质, 其中苯甲酸乙酯、

辛酸乙酯、乙酸苯乙酯和癸酸乙酯在黑果腺肋花楸酒中的含量明显高于赤霞珠葡萄酒, 苯甲酸乙酯质量浓度最高, 达428.893 mg/L。赤霞珠葡萄酒中丁二酸二乙酯质量浓度高达61.051 mg/L, 明显高于黑果腺肋花楸酒, 它具有浓郁的花香。黑果腺肋花楸酒中有9种酯类物质是独有的, 其中乙酸异戊酯和乙酸苯甲酯含量较高, 分别达到41.105 mg/L和31.045 mg/L, 这2种酯的香气较为愉悦, 呈现浓郁的香蕉味和茉莉花香味, 有利于提升和丰富黑果腺肋花楸酒的品质。赤霞珠葡萄酒中有12种酯类物质是黑果腺肋花楸酒没有的, 其中乳酸乙酯和L(-)-乳酸乙酯的含量较为丰富, 分别达到14.049 mg/L和15.179 mg/L, 乳酸乙酯具有令人愉悦的乳香及覆盆子香气, 对赤霞珠葡萄酒的品质有重要影响。从酯类物质的种类看, 赤霞珠葡萄酒更丰富多样。但从酯类物质含量看, 黑果腺肋花楸酒的酯类物质质量浓度高达715.899 mg/L, 占总香气的30.34%。而赤霞珠葡萄酒的酯类物质质量浓度只有194.403 mg/L, 占总香气的22.53%。

醇类物质也是酒中重要的香气组成成分, 2款酒中醇类物质含量分别达到1 465.413 mg/L和637.54 mg/L, 各占自总香气的62.11%和73.87%, 共有的醇类物质有7种, 其中3-甲基-1,5-戊二醇和苯甲醇在黑果腺肋花楸酒中质量浓度分别为347.831 mg/L和364.843 mg/L, 明显高于赤霞珠葡萄酒。而正己醇在赤霞珠葡萄酒中质量浓度高达23.411 mg/L, 它具有青草味, 是赤霞珠葡萄酒最典型的香气特征。黑果腺肋花楸酒和赤霞珠葡萄酒的醇类物质种类差别不大, 但黑果腺肋花楸酒的醇类物质含量更高, 种类更丰富。

在2款酒中共检出5种醛酮类物质, 只有苯甲醛是共有的, 在黑果腺肋花楸酒和赤霞珠葡萄酒中质量浓度分别为145.105 mg/L和18.522 mg/L, 它具有浓郁的杏仁味, 能够增加酒的丰富性和余味。癸醛和大马士酮仅存在于黑果腺肋花楸酒中, 它们有青草、柑橘、木香、桃、果香等, 能够增加酒体的清香和坚果香。苯乙醛和 α -紫罗酮只存在于赤霞珠葡萄酒中, 能够增加酒体玫瑰花香、蜂蜜和紫罗兰气味。

其他类型香气物质指烷、烯、酚类, 2款酒中共检出8种, 共有的只有1种。在黑果腺肋花楸酒和赤霞珠葡萄酒中含量分别占总香气的1.25%和0.80%, 影响2款酒的酒体复杂性。

酒中香气物质的OAVs以评价香气物质对酒整体香气的贡献, 一般认为OAVs大于1对酒香气有贡献, 且OAVs越大, 对香气的贡献也越大。计算公式如下:

$$OAVs = \frac{\text{香气物质的含量}}{\text{香气物质的感官阈值}}$$

表3中2款酒的63种香气物质只有30种物质的OAVs大于1, 因此列出了这30种香气物质的OAVs, 包括15种

酯, 9种醇, 3种醛, 2种酮, 1种酚类物质。由OAVs发现, 乙酸异戊酯、正己酸乙酯、辛酸乙酯、癸酸乙酯、大马士酮是黑果腺肋花楸酒的主要香气物质, 它们表述为花香、果香。正己酸乙酯、辛酸乙酯、苯乙醛、 α -紫罗酮是赤霞珠葡萄酒的主要香气物质, 描述为花香、果香、蜂蜜香。其中正己酸乙酯、辛酸乙酯是2款酒共同的香气物质。但由部分香气物质的感官阈值尚不清楚, 无法计算其OAVs, 特别是黑果腺肋花楸酒中的醇类物质和其他类型的香气物质感官阈值未知, 说明对于黑果腺肋花楸酒的香气研究前者不足, 后者十分有意义。

2.3 酒中香气系列分析

按照香气物质在感官特征方面所表现出的花香、果香、奶香、草香和其他香气类型, 进行分类分析, 具有同种香气类型的物质含量进行加和, 作雷达图, 结果见图1。

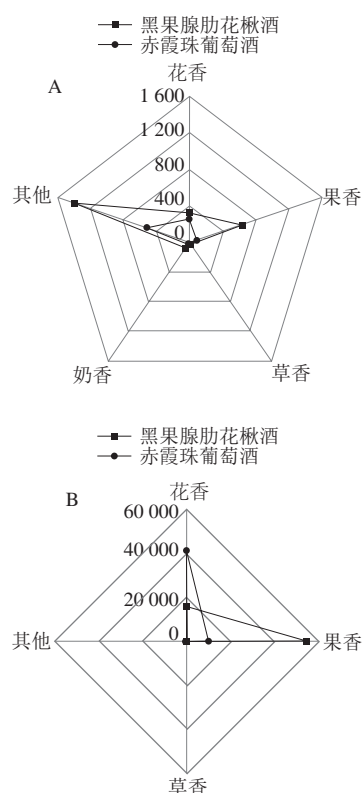


图1 香气系列(A)及OAVs系列(B)分布
Fig. 1 Distribution of aroma types (A) and OAVs (B)

由图1A可以明显看出, 黑果腺肋花楸酒的香气物质含量明显高于赤霞珠葡萄酒。黑果腺肋花楸酒的花香类物质总量达323.078 mg/L, 略高于赤霞珠葡萄酒。2款酒的果香类物质总量分别为633.203 mg/L和85.589 mg/L, 黑果腺肋花楸酒远高于赤霞珠葡萄酒。赤霞珠葡萄酒的草香类物质总量达25.623 mg/L, 略高于黑果腺肋花楸酒。就单一香气系列来看, 黑果腺肋花楸酒的花香和果

香类物质总含量都明显高于赤霞珠葡萄酒。但总体看赤霞珠葡萄酒的香气系列更均衡。

由图1B可知,黑果腺肋花楸酒的果香特征突出,果香OAVs达54 621.11,明显高于赤霞珠葡萄酒。赤霞珠葡萄酒的花香OAVs达41 088.89,明显高于黑果腺肋花楸酒,主要表现为花香香气特征。由此可知,2款酒各具独特的香气特征,黑果腺肋花楸具有开发果酒的潜质,本研究的数据和分析可为黑果腺肋花楸酿酒提供参考。

2.4 感官品评结果

表4 黑果腺肋花楸和赤霞珠葡萄酒感官评分
Table 4 Sensory evaluation scores of wines

项目	满分	黑果腺肋花楸酒	赤霞珠葡萄酒
外观 (20%)	澄清度	10	7
	色调	5	4
	颜色	5	4
	色度	5	3
香气 (30%)	优雅、细腻度	5	4
	浓郁度	5	3
	协调性	5	4
	品种特性	5	4
	持续时间	5	4
	发展变化、复杂性	5	3
	平衡度、协调性	10	8
口感 (40%)	酒体、浓郁度	10	7
	质感、结构感	5	3
	延续性、层次感	5	3
	口香品质及持续性	5	4
	余味	5	5
典型性 (10%)	整体评价、协调性与典型性	10	7
	总得分	100	74

由表4可知,黑果腺肋花楸酒澄清度较好,呈紫红色,新酒特征明显;酒体香气优雅细腻,较浓郁,但持续时间短,复杂性稍显单调,协调性较好,品种特性优越,有明显的浆果香味;品味酒体平衡协调性较好,饱满浓郁,有强烈的结构感,口感延续性较好。

3 结 论

通过对黑果腺肋花楸发酵酒和赤霞珠葡萄酒的香气物质进行测定与分析可知,黑果腺肋花楸发酵酒香气物质含量为赤霞珠葡萄酒的2.73倍,香气物质种类分别为41种和40种,其中共有的18种。醇类物质含量最高,分别占总香气的62.11%和73.87%。依据OAVs,酯类物质对酒的香气贡献最大,分别为36.57%和22.04%。黑果腺肋花楸酒的主体香气物质是大马士酮、辛酸乙酯、正己酸乙酯和乙酸异戊酯,而赤霞珠葡萄酒则为 α -紫罗酮、辛酸乙酯、正己酸乙酯和苯乙醛。2款酒中共有香气物质对香气贡献占比分别为34.20%和21.81%,说明具有一定的

相似性,而大马士酮和 α -紫罗酮对酒香气的贡献分别为63.22%和76.36%,形成了各自酒的特色,经香气系列分析可知黑果腺肋花楸发酵酒具有独特的香气特征,与赤霞珠葡萄酒有明显区别,花香和果香物质总含量明显高于赤霞珠葡萄酒,果香特征突出,主体香气物质描述为花香和果香。经感官品评打分可知黑果腺肋花楸酒的最后得分为74分,略高于赤霞珠葡萄酒的总得分,黑果腺肋花楸酒和赤霞珠葡萄酒的感官品评中相对于外观和香气,口感较突出,黑果腺肋花楸发酵酒口感饱满浓郁,具有浓郁的浆果香味,而赤霞珠葡萄口感细腻,具有花香草香余味悠长。因此可以看出,黑果腺肋花楸果有巨大的开发潜力,适宜酿造发酵酒。

参考文献:

- [1] 王朝辉. 富康源黑果花楸栽培技术[J]. 新农业, 2015(3): 36-38. DOI:10.3969/j.issn.1002-4298.2015.03.022.
- [2] MAYERMIEBACH E, ADAMIUK M, BEHSNILIAN D. Stability of chokeberry bioactive polyphenols during juice processing and stabilization of a polyphenol-rich material from the by-product[J]. Agriculture, 2012, 2(3): 244-258. DOI:10.3390/agriculture2030244.
- [3] 郭红月, 王英臣, 陈奕奇, 等. 黑果腺肋花楸果醋饮料的生产工艺研究[J]. 食品研究与开发, 2017(20): 90-94. DOI:10.3969/j.issn.1005-6521.2017.20.018.
- [4] 朱月, 李奋梅, 王艳丽, 等. 黑果腺肋花楸原花青素的提取及抑菌性研究[J]. 食品工业科技, 2017, 38(2): 302-306. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2017.02.050.
- [5] 张文君, 张国锋, 王立, 等. UPLC法同时测定黑果腺肋花楸果浆中原花青素B1、原花青素B2、原花青素B4、芦丁、槲皮素[J]. 中草药, 2016, 47(24): 4452-4455. DOI:10.7501/j.issn.0253-2670.2016.24.026.
- [6] 于雪, 胡文忠, 姜爱丽, 等. 黑果腺肋花楸营养物质与功效的研究进展[J]. 食品工业科技, 2016, 37(10): 396-400. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2016.10.074.
- [7] REED J. Cranberry flavonoids, atherosclerosis and cardiovascular health[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2002, 42(Supple 3): 301-316. DOI:10.1080/10408390209351919.
- [8] STEINBERG F M, BEARDEN M M, KEEN C L. Cocoa and chocolate flavonoids: implications for cardiovascular health[J]. Journal of the American Dietetic Association, 2003, 103(2): 215-223. DOI:10.1053/jada.2003.50028.
- [9] JURGOŃSKI A, JUŚKIEWICZ J, ZDUŃCZYK Z. Ingestion of black chokeberry fruit extract leads to intestinal and systemic changes in a rat model of prediabetes and hyperlipidemia[J]. Plant Foods for Human Nutrition, 2008, 63(4): 176-182. DOI:10.1007/s11130-008-0087-7.
- [10] MURPHY K J, CHRONOPOULOS A K, SINGH I, et al. Dietary flavanols and procyanidin oligomers from cocoa (*Theobroma cacao*) inhibit platelet function[J]. American Journal of Clinical Nutrition, 2003, 77(6): 1466-1473. DOI:10.1093/ajcn/77.6.1466.
- [11] MATSUMOTO M, HARA H, CHIJ I, et al. Gastroprotective effect of red pigments in black chokeberry fruit (*Aronia melanocarpa* Elliot) on acute gastric hemorrhagic lesions in rats[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2004, 52(8): 2226-2229. DOI:10.1021/jf034818q.
- [12] 陈妍竹, 胡文忠, 姜爱丽, 等. 黑果腺肋花楸功能作用及食品加工研究进展[J]. 食品工业科技, 2016, 37(9): 397-400. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2016.09.071.

- [13] DENEV P N, KRATCHANOV C G, CIZ M, et al. Bioavailability and antioxidant activity of black chokeberry (*Aronia melanocarpa*) polyphenols: *in vitro*, and *in vivo*, evidences and possible mechanisms of action: a review[J]. Comprehensive Reviews in Food Science & Food Safety, 2012, 11(5): 471-489. DOI:10.1111/j.1541-4337.2012.00198.x.
- [14] JURGOŃSKI A, JUŚKIEWICZ J, ZDUŃCZYK Z. Ingestion of black chokeberry fruit extract leads to intestinal and systemic changes in a rat model of prediabetes and hyperlipidemia[J]. Plant Foods for Human Nutrition, 2008, 63(4): 176-182. DOI:10.1007/s11130-008-0087-7.
- [15] 高银璐. 黑果腺肋花楸干酒发酵工艺研究[D]. 长春: 吉林农业大学, 2017: 1-68.
- [16] 林宁晓. 发酵果酒工艺技术的研究进展[J]. 福建轻纺, 2015(8): 32-36. DOI:10.3969/j.issn.1007-550X.2015.08.003.
- [17] 庞建. 昌黎产区酿酒葡萄赤霞珠病虫害防控方案及救灾措施[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2017(2): 55-56. DOI:10.13414/j.cnki.zwpp.2017.02.014.
- [18] 李佳. 昌黎原产地域赤霞珠葡萄酒香气成分研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2007: 15-16.
- [19] 李华. 葡萄酒品尝学[M]. 北京: 科学出版社, 2013: 5-30.
- [20] 秦丽娜, 倪元颖, 梁方华, 等. 利用香气成分识别葡萄酒品种和产地的初步研究[J]. 酿酒科技, 2008(2): 40-44. DOI:10.13746/j.njkj.2008.02.008.
- [21] 齐晓茹, 赵翥, 张玉杰, 等. 赤霞珠干红葡萄酒风味物质成分分析[J]. 酿酒科技, 2016(11): 112-115. DOI:10.13746/j.njkj.2016213.
- [22] 张小转. 河北昌黎产区葡萄与葡萄酒质量的研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2011: 1-98.
- [23] 尚小莹, 饶铨乐, 陈茂彬. 五味子果酒酿造工艺研究[J]. 酿酒, 2013(1): 73-76. DOI:10.3969/j.issn.1002-8110.2013.01.023.
- [24] 韩晓鹏, 牟德华, 赵英莲, 等. 紫甘薯红酒酿造工艺优化及成分分析[J]. 食品科学, 2015, 36(17): 201-206. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201517038.
- [25] 赵琦. 低温浸渍发酵工艺对葡萄酒酿酒品质及其代谢产物的影响[D]. 扬州: 扬州大学, 2017: 46-47.
- [26] 袁晓春, 李辅碧. Folin-Ciocalteu法测定昭通葡萄及其葡萄酒总酚含量[J]. 安徽农业科学, 2014(33): 11859-11860. DOI:10.13989/j.cnki.0517-6611.2014.33.089.
- [27] 陈臣, 牟德华, 张哲琦, 等. 溶剂萃取与顶空固相微萃取检测欧李果酒中香气成分的研究[J]. 酿酒科技, 2013(12): 89-93. DOI:10.13746/j.njkj.2013.12.030.
- [28] 周立华, 牟德华, 张哲琦, 等. GC-MS分析灯笼果果汁和果酒的香气成分[J]. 酿酒科技, 2015(8): 96-100. DOI:10.13746/j.njkj.2015045.
- [29] 郭东花, 范崇辉, 李高潮, 等. 不同果袋对“阿布白”桃果实香气成分的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(2): 232-237. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201602041.
- [30] 王晓欣, 范文来, 徐岩. 应用GC-O和GC-MS分析酱香型习酒中挥发性香气成分[J]. 食品与发酵工业, 2013, 39(5): 154-160. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.2013.05.042.
- [31] 康明丽, 潘思铁, 范刚, 等. HS-SPME-GC-MS法测定不同成熟度蜜柑果汁挥发性成分[J]. 食品工业科技, 2014, 35(19): 326-330. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2014.19.062.
- [32] ZHANG L, TAO Y S, WEN Y, et al. Aroma evaluation of young Chinese Merlot wines with denomination of origin[J]. South African Journal for Enology & Viticulture, 2016, 34(1): 46-53. DOI:10.21548/34-1-1080.
- [33] JIANG B, XI Z M, LUO M J, et al. Comparison on aroma compounds in Cabernet Sauvignon and Merlot wines from four wine grape-growing regions in China[J]. Food Research International, 2013, 51(2): 482-489. DOI:10.1016/j.foodres.2013.01.001.
- [34] PENG C T, WEN Y, TAO Y S, et al. Modulating the formation of meili wine aroma by prefermentative freezing process[J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 2013, 61(7): 1542-1553. DOI:10.1021/jf3043874.