

“玫瑰香”葡萄果实发育期香气成分分析

张存智¹, 刘晶¹, 张宏¹, 魏鹏¹, 张红升¹, 程潜²

(1. 宁夏职业技术学院, 宁夏银川 750021; 2. 宁夏华昊葡萄酒有限公司, 宁夏吴中 751100)

摘要 采用顶空固相微萃取技术提取“玫瑰香”葡萄 6 个不同发育时期的果实香气成分, 经气相色谱-质谱联用仪进行成分测定分析, 揭示不同发育时期香气组分和含量的变化规律。结果表明, “玫瑰香”葡萄果实共检测出 60 种香气成分, 在果实的不同发育阶段香气组分及其含量变化较大。其中变化最大的是芳樟醇, 相对含量从转色后期的 3.24% 迅速增加到成熟期的 55.26%; 其次是 C₁₃ 烷, 相对含量从转色前期的 1.63% 激增至转色后期的 18.84%, 增加了 10.56 倍, 之后迅速降低, 到成熟期消失, 与芳樟醇的变化呈负相关; 萜类化合物是“玫瑰香”葡萄的主体香气, 其中芳樟醇是最主要成分; 转色前期—转色后期是香气成分前体物质的合成时期。

关键词 玫瑰香; 果实; 发育期; 香气成分; 固相微萃取; 变化规律

中图分类号 TS 255.7 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2022)02-0197-05

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.02.054



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Analysis of Aroma Components in the Fruit Development Period of “Muscat”

ZHANG Cun-zhi, LIU Jing, ZHANG Hong et al (Ningxia Polytechnic, Yinchuan, Ningxia 750021)

Abstract Headspace solid phase microextraction (HSPME) was used to extract the aroma components from six different development stages of grape, and the components were determined and analyzed by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) to reveal the change rule of aroma components and content in different development stages. The results showed that 60 kinds of aroma components were detected in the grape fruits of “Muscat”, and the aroma components and their contents varied greatly in different development stages of the fruit. Among them, the most changed linalool, the relative content increased rapidly from 3.24% in the late color transition period to 55.26% in the maturity period; followed by C₁₃ alkanes, the relative content surged from 1.63% in the pre-color conversion to 18.84% in the late color conversion stage, an increase of 10.56 times, then rapidly decreased, and disappeared in the maturity period, which was negatively correlated with the change of linalool. Terpenoids were the main aroma of “Muscat” grapes, of which linalool was the most important component; the pre-color transition—the late color transition was the synthesis period of the precursor substances of the aroma components.

Key words Muscat; Fruit; Development period; Aroma components; Solid phase microextraction; Change law

香气是衡量葡萄及葡萄酒品质的重要指标, 直接影响市场的接受程度。“玫瑰香”葡萄也叫麝香葡萄, 欧亚种, 是制汁、鲜食、酿酒的兼用品种, 成熟的“玫瑰香”葡萄有玫瑰的香气, 麝香味浓, 深受消费者的喜爱^[1]。研究“玫瑰香”葡萄的香气成分对于指导葡萄栽培和酿造具有重要意义^[2]。李晓颖等^[3]运用 GC-MS 法, 在果实成熟期对“玫瑰香”葡萄的香气成分进行检测, 已鉴定物质占总挥发物含量的 70.84%, 其中芳樟醇含量最高, 是 23.26%, 是“玫瑰香”葡萄的主要挥发性成分。肖娟^[4]对“玫瑰香”原酒的香气物质进行分析, 结果表明从原料到酒精发酵结束均存在的香气物质有丁二醇、乙酸乙酯、玫瑰醚、香茅醇、橙花醇 5 种物质, 其中香茅醇、橙花醇、玫瑰醚可能就是“玫瑰香”葡萄的特征香气物质。孙磊等^[5]对具有玫瑰香味的 5 个早熟品种进行单萜成分分析, 结果发现, 芳樟醇、柠檬烯、cis-氧化玫瑰是花香的主要贡献者, 果香的主要贡献者是芳樟醇、柠檬烯和香叶醇。猕猴桃^[6]、草莓^[7]等水果果实发育过程香气成分研究报道较多, 对具有玫瑰香味葡萄果实发育香气成分也有报道^[8], 但对于鲜食、制汁、酿酒的兼用品种的“玫瑰香”葡萄果实发育过程中挥发性成分的变化研究较少。

该研究以 6 年生的“玫瑰香”葡萄为材料, 分别在绿果膨大期、转色前期、转色后期、成熟前期、成熟期和完熟期采摘,

通过检测挥发性成分及其含量, 揭示不同发育时期组成与含量的变化规律, 明确“玫瑰香”葡萄果实香气品质关键构成因子和发育的关键时期, 旨在为葡萄品质调控、酿酒、香气成分提取提供参考信息。

1 材料与方法

1.1 试验材料及地点 试验于 2018 年 6 月开始进行。试材为 6 年生的“玫瑰香”葡萄, 盛花期 6 月 2 日左右, 砧木“贝达”, 定植于宁夏永宁县玉泉营, 株行距 0.5 m×3.0 m, 树形采取直立龙干形, 肥水管理采取水肥一体化, 其他管理同常规。分别在果实发育的绿果膨大期(S1)、转色前期(S2)、转色后期(S3)、成熟前期(S4)、成熟期(S5)和完熟期(S6)采样(表 1)。采样时选定同行、长势一致的 25 株, 在同一结果部位选好 25 穗向阳果穗。采样时, 每穗葡萄采摘 2 粒代表这个时期果实形体特征的果实作为试样(图 1、表 1), 共计 50 粒。液氮速冻, 采样后立即带回实验室, -80 °C 超低温冰箱保存备用, 试验时分成 3 组(3 个重复)进行测定。

1.2 仪器与设备 QP2010 型 GC-MS 联用仪、HP-5 色谱柱(30.0 m×0.25 mm, 0.25 μm), 美国 Agilent 公司; DF-101S 集热式恒温加热磁力搅拌器, 巩义市子华仪器有限公司; 顶空进样瓶 20 mL, 石家庄大晋科技有限公司; 50/30 μm 聚二乙炔基苯/碳分子筛/聚二甲基硅氧烷萃取头(纤维头), 美国 Supelco 公司; MOF 低温冰箱, 日本三洋公司^[9]。

1.3 测定方法

1.3.1 固相微萃取方法 用液氮将保存的样品研磨至粉末状, 准确称取 3 g 放入 20 mL 顶空进样瓶中, 再量取 5 mL 饱

基金项目 宁夏回族自治区重点研发项目(2020BDE03016, 2020BDE92001)。

作者简介 张存智(1972—), 女, 宁夏中宁人, 教授, 硕士, 从事果实生物技术研究。

收稿日期 2021-04-16

和氯化钠溶液,放入磁力转子后,立即用聚四氟乙烯/硅橡胶 隔垫将样品瓶密封压紧^[10]。

表 1 不同发育阶段“玫瑰香”葡萄果实性状

Table 1 Fruit characteristics of “Muscat” grapes at different developmental stages

发育阶段 Development stage	采样时间 Sampling time	果实形态特征 Fruit morphological characteristics	试样形态特征 Specimen morphological characteristics
S1	07-10	黄绿色,质地坚硬	黄绿色,质地硬
S2	07-16	20%左右果实着色,变软	黄绿色,质地较硬
S3	07-28	80%左右果实着色,着色果实浅紫红色	果实浅紫红色
S4	08-02	10%果实浅紫红色,50%果实紫红色,40%果实深紫红色	果实紫红色
S5	08-10	40%左右果实紫红色,60%左右果实深紫红色	果实深紫红色
S6	08-19	40%左右果实深紫红色,60%左右果实黑紫红色	果实黑紫红色



图 1 试样不同发育时期形态特征

Fig.1 Morphological characteristics of samples at different development stages

将萃取头插入萃取瓶,置于恒温加热磁力搅拌器中,萃取温度 30 ℃,吸附时间 40 min。再将萃取头抽出插入气质联用仪,250 ℃ 解吸 1 min,进行气相色谱-质谱(GC-MS)分析^[9]。

1.3.2 GC-MS 操作条件。

1.3.2.1 GC 条件。毛细管色谱柱 DB-1 (30 m×0.25 mm×0.25 μm)。升温程序:初始温度 40 ℃,保持 3 min;以 5 ℃/min 上升至 160 ℃,保持 2 min;再以 8 ℃/min 上升至 220 ℃,保留 5 min。载气为氦气,流速为 1 mL/min,进样方式是不分流进样。

1.3.2.2 MS 条件。电子电离源,离子源温度为 200 ℃。扫描范围为 40~350 amu。采用选择离子监测模式对样品进行分析,根据定性离子和保留时间对物质进行定性^[9]。

1.3.3 定性与定量分析。GC-MS 联用仪检测得到“玫瑰香”葡萄 6 个时期的香气数据,各组分质谱经计算机谱库(NBS/WILEY)检索及资料分析,确认其香气成分。将相似性低于 60% 的物质去掉,按峰面积归一化法算出样品各个组分的相对含量,求得各成分相对含量。挥发性物质相对含量的计算公式:相对含量=各类物质含量/已检出物质总含量×100%。

2 结果与分析

2.1 不同发育时期香气组成 从表 2 可以看出,S1 果实共检测出 17 种成分,相对含量较高的香气成分为邻苯二甲酸二甲酯(9.19%)、邻苯二甲酸二乙酯(14.02%)、邻苯二甲酸二丁酯(5.83%)、大根香叶烯(6.30%)、C₁₆烷(2.41%)、橙香醇(2.39%),相对含量达 40.14%。

S2 共检测 18 种成分,前 6 种相对含量较高的香气成分为邻苯二甲酸二乙酯(13.24%)、邻苯二甲酸二甲酯(10.35%)、大根香叶烯(8.40%)、环烯炔及环萜烯(2.78%)、

C₁₅烷(2.26%)、杜松烯(1.67%),相对含量达 38.70%。

S3 共检测 19 种成分,前 6 种相对含量较高的香气成分为 C₁₃烷(18.84%)、青叶醛(9.49%)、橙香醇(7.82%)、C₁₂烷(3.38%)、芳樟醇(3.24%)、茅香醇(1.15%),相对含量达 43.92%。其中变化最大的是 C₁₃烷。

S4 共检测 14 种成分,前 6 种相对含量较高的香气成分为芳樟醇(18.00%)、邻苯二甲酸二乙酯(10.27%)、邻苯二甲酸二甲酯(7.79%)、邻苯二甲酸二丁酯(2.30%)、反式-2,4-己二烯-1-醇(1.77%)、大根香叶烯(1.45%),相对含量达 41.58%。其中芳樟醇相对含量明显大增。

S5 共检测 23 种成分,在香气种类和含量上都有增加,前 6 种相对含量较高的香气成分为芳樟醇(55.26%)、橙香醇(9.49%)、青叶醛(5.97%)、邻苯二甲酸二甲酯(2.42%)、顺-2-异丙烯基-1-甲基环丁基乙醇(1.73%)、松油醇(0.98%),相对含量达 75.85%。其中芳樟醇相对含量激增。

S6 共检测 17 种成分,前 6 种相对含量较高的香气成分为芳樟醇(53.42%)、邻苯二甲酸二甲酯(5.24%)、邻苯二甲酸二乙酯(3.98%)、邻苯二甲酸二丁酯(1.27%)、4-甲基-4-戊烯酸乙酯(1.00%)、反-2,顺-6-壬二烯醇(0.95%),相对含量达 65.86%,其中芳樟醇还是最主要的香气成分。

2.2 不同发育时期香气成分的变化 从表 3 可以看出,“玫瑰香”葡萄香气成分总体表现为先降后增的趋势,S1 相对含量为 50.68%,S2 为 49.39%,S3 为 49.69%,S4 为 46.86%,S5 达到最高峰,为 83.58%,S6 略有下降,为 70.22%。“玫瑰香”葡萄的主要香气物质有 60 种,主要成分为醇类、酯类、烷烃类、醛类、烯炔类、酮类,在果实发育不同阶段,各主要香气成分的相对含量变化较大。

表 2 “玫瑰香”葡萄发育过程中主要香气成分

Table 2 Main aroma components during the development of “Muscat” grapes

编号 No.	分子量 Molecular weight	香气成分 Aroma component	相对含量 Relative content//%					
			S1	S2	S3	S4	S5	S6
1	98	青叶醛 Green leaf aldehyde			9.49		5.97	
2	152	柠檬醛 Citral			0.32			
3	100	正己醛 Hexanal		0.43				
4	100	戊二醛 Glutaraldehyde				0.28		
5	152	(E)-3,7-二甲基-2,6-辛二烯醛(E)-3,7-dimethyl-2,6-octadienal					0.49	
6	138	3,5-二甲基环己-1-烯-4-甲醛 3,5-dimethyl Cyclohexane-1-ene-4-formaldehyde		1.12				
7	156	癸醛 Decanal		0.69			0.25	
8	98	反式-2,4-己二烯-1-醇 Trans-2,4-diene-1-alcohol				1.77		
9	126	反-2,顺-6-壬二烯醇 Inverse-2, cis-6 - nonadienol						0.95
10	154	芳樟醇 Linalool	1.23	1.56	3.24	18.00	55.26	53.42
11	154	松油醇 Rose oxide			0.69	0.98	0.98	0.40
12	154	橙香醇 Orange alcohol	2.39		7.82	0.95	9.49	
13	154	薰衣草醇 Lavandula	1.47					
14	154	顺-2-异丙烯基-1-甲基环丁基乙醇 Cis-2-isopropyl - 1-methyl cyclobutyl ethanol				0.81	1.73	
15	154	(+)-p-薄荷-1-烯-9-醇(+) -p-menthot-1-ene-9-alcohol					0.20	
16	154	2,6,6-三甲基环己-2-烯-1-甲醇 2,6,6-trimethyl cyclohexane -2-ene -1- methanol			0.30		0.08	0.46
17	154	二氢香芹醇 Dihydrocarvinol					0.92	
18	154	桃金娘烷醇 Myrtanol					0.54	
19	154	3-癸炔-1-醇 3- decyne -1- alcohol						0.32
20	156	香茅醇 Citronellol			1.15			
21	158	3,7-二甲基-1-辛醇 3,7-dimethyl-1-octanol	0.38					
22	170	(E)-氧化芳樟醇(E)- oxidation of linalool				0.21	0.43	
23	170	反-2-十一烯醇 Anti - 2-11 enol			0.37			
24	170	2,2,6-三甲基-6-乙炔基四氢-2H-呋喃-3-醇 2,2,6-trimethyl-6-vinyl tetrahydro-2h-furan-3-alcohol					0.61	0.28
25	170	5-三甲基-5-乙炔基四氢呋喃-2-甲醇 5-trimethyl-5-vinyl tetrahydrofuran-2-methanol						0.19
26	154	2-壬炔酸 2 - nonyl acetylenic acid					0.20	
27	190	大马士酮 Beta-Damascenone	0.61	0.46				
28	142	C ₁₀ 烷 C ₁₀ alkanes			0.42			
29	154	C ₁₁ 烷 C ₁₁ alkanes			0.46			
30	170	C ₁₂ 烷 C ₁₂ alkanes			3.38			
31	184	C ₁₃ 烷 C ₁₃ alkanes		1.63	18.84	0.69		0.19
32	194	茶香螺烷 Theaspirane	0.49					
33	198	C ₁₄ 烷 C ₁₄ alkanes	1.47		0.27		0.65	
34	212	C ₁₅ 烷 C ₁₅ alkanes		2.26			0.52	0.65
35	226	C ₁₆ 烷 C ₁₆ alkanes	2.41			1.10		
36	254	C ₁₈ 烷 C ₁₈ alkanes		1.56		0.26		
37	268	C ₁₉ 烷 C ₁₉ alkanes		0.57				
38	136	薷烯 Carene			0.11			
39	136	月桂烯 myrcene					0.11	0.41
40	204	δ-榄香烯 The delta - olive fragrance	0.81	0.64				
41	182	1-十四烯 1-tetradecene		0.37				
42	204	杜松烯 Cadinene	0.46	1.67				
43	204	(+)-环苜蓿烯(+) -cycloalfalfene		1.26				
44	204	环烯炔及环萜烯 Cyclic olefin and cyclic terpene	1.65	2.78				
45	204	大根香叶烯 Germacrene	6.30	8.40		1.45		0.76
46	204	石竹烯 Caryophyllene	1.15					
47	204	香树烯(-)-alloaromadendrene	0.82					
48	184	二甲基丁酸叶醇酯 Dimethyl butyl alcohol ester						
49	182	甲酸香叶酯 Geraniol formate						
50	126	2-丁烯酸烯丙酯 Allyl 2- butenate			0.83			
51	128	4-甲基-4-戊烯酸乙酯 Ethyl 4-methyl-4-pentenoate						1.00
52	190	苯甲酸 3-甲基 2-丁烯酯 3-methyl 2-butene benzoate					0.49	
53	194	邻苯二甲酸二甲酯 Dimethyl phthalate	9.19	10.35	0.95	7.79	2.42	5.24
54	196	1,4-环己二烯-1,2-二羧酸二甲酯 1,4-cyclohexadiene -1,2-dimethyl dicarboxylate			0.14			
55	270	肉豆蔻酸异丙酯 Isopropyl Myristate					0.22	

接下表

续表 1

编号 No.	分子量 Molecular weight	香气成分 Aroma component	相对含量 Relative content // %					
			S1	S2	S3	S4	S5	S6
56	222	邻苯二甲酸二乙酯 Diethyl phthalate	14.02	13.24	0.65	10.27	0.20	3.98
57	278	邻苯二甲酸二丁酯 Dibutyl phthalate	5.83	0.40	0.26	2.30	0.89	1.27
58	298	棕榈酸异丙酯 Isopropyl palmitate					0.93	
59	334	邻苯二甲酸二正己酯 Dihexyl phthalate						0.37
60	418	邻苯二甲酸二壬酯 Dinonyl phthalate						0.33
合计 Total			50.68	49.39	49.69	46.86	83.58	70.22

表 3 “玫瑰香”葡萄不同发育时期香气成分变化

Table 3 Changes of aroma component of “Muscat” grape at different developmental stages

发育阶段 Developmental stage	酮类 Ketones	醇类 Alcohols	醛类 Aldehyde	烯炔类 Alkene	烷烃类 Alkanes	酯类 Esters	酸类 Acids	合计 Total
S1	0.61	5.47	0	11.19	4.37	29.04	0	50.68
S2	0.46	1.56	2.24	15.12	6.02	23.99	0	49.39
S3	0	13.57	9.81	0.11	23.37	2.83	0	49.69
S4	0	22.72	0.28	1.45	2.05	20.36	0	46.86
S5	0	70.24	6.71	0.11	1.17	5.15	0.20	83.58
S6	0	56.02	0	1.17	0.84	12.19	0	70.22

2.2.1 醇类的变化。醇类化合物是“玫瑰香”葡萄香气成分中最主要的一类物质,主要包括芳樟醇、橙香醇等。醇相对含量表现为降—大增—激增—缓降的趋势,从 S1 的 5.47% 下降至 S2 的 1.56%, 随后开始上升, 到 S4 大增至 22.72%, S5 激增至 70.24%, 在 S6 略有下降, 是 56.02%。其中变化最大的是芳樟醇, 表现为缓增—大增—激增—缓降的趋势, S1 仅为 1.23%, S4 大增至 18.00%, S5 激增为 55.26%, 是 S1 的 44.93 倍。

2.2.2 酯类的变化。酯类化合物主要包括邻苯二甲酸二甲酯、邻苯二甲酸二乙酯、邻苯二甲酸二丁酯等成分, 呈现先降后增的趋势。在 S1 含量最高, 可达到 29.04%, 然后一直下降, 到 S6 升高到 12.19%。S1 邻苯二甲酸二乙酯含量最高 (14.02%), S2 邻苯二甲酸二甲酯最高 (10.35%)。邻苯二甲酸二甲酯、邻苯二甲酸二乙酯、邻苯二甲酸二丁酯在所有发育时期都被检测到。

2.2.3 烷烃类的变化。烷烃类化合物有很多同分异构体, 由于篇幅限制, 按碳原子进行归类, 主要包括 C₁₁ 烷、C₁₂ 烷、C₁₃ 烷、茶香螺烷、C₁₅ 烷等, 呈现先增后降的趋势, 在 7 月 28 日, 果实转色后期 (S3), 烷烃类物质相对含量迅速增加, 特别是 C₁₃ 烷, 相对含量从转色前期 (S2) 的 1.63% 激增转色后期 (S3) 的 18.84%, 增加了 10.56 倍, 而且烷烃种类也在增加, 从 3 种增加到 19 种, 相对含量从 6.02% 增加到 23.37%, 增加了 2.88 倍, 之后迅速下降, 到完熟期 (S6) 不足 1.00%。

2.2.4 烯炔类的变化。烯炔类化合物主要是萜烯类化合物, 在 S1 和 S2 含量较高, 分别是 11.19%、15.12%, 之后就逐渐降低至 2.00% 以下。最主要的成分是大根香叶烯, 表现为先增后降的趋势, 在 2 个时期含量分别达 6.30% 和 8.40%, 其他烯炔类物质含量较低。

2.2.5 醛类的变化。醛类化合物呈现低—高一低—高一低

的发展趋势, 但最高含量也未超过 10.00%, 在 S3, 总醛含量最高, 达到 9.81%, 最主要的成分是青叶醛, 含量达 9.49%。在 S6 总醛含量为 0, 完熟期青叶醛消失。捣碎葡萄叶散发出的强烈青草气味, 未成熟的葡萄皮也会有青草味就是含有青叶醛的缘故。

2.2.6 酮类的变化。酮类化合物含量较低, 含量不超过 1.00%, 在果实发育的后期消失, 主要成分是大马士酮。

2.2.7 不同时期烷烃与芳樟醇相对含量变化的相关性。从表 2 可以看出, 烷烃的变化和芳樟醇的变化具有负相关性。烷烃的含量从 S2 的 6.02% 激增至 S3 的 23.37%, 之后烷烃的相对含量迅速降低, 从 S3 的 23.37% 降低至 S4 的 2.05%; C₁₃ 烷相对含量从 S2 的 1.63% 激增至 S3 的 18.84%, 增加了 10.56 倍, 占这一时期总烷烃成分的 80.62%, 之后迅速降低, 到 S5 消失。但是芳樟醇含量却存在相反的变化关系, 芳樟醇的快速增加是从葡萄的转色后期 (S3) 到成熟期 (S5), 7 月 28 日 S3 相对含量是 3.24%, 8 月 2 日 S4 达到 18.00%, 增加了 4.56 倍, 在 8 月 10 日 S5 增加至 55.26%, 增加了 16.06 倍。烷烃和醇的相对含量变化存在负相关。

3 讨论

在葡萄中已经鉴定了大约 40 种萜类化合物, 但是在玫瑰香型的葡萄中起主要作用的是单萜类化合物 (单萜醇、单萜醚和单萜醛等)^[11], 一些单萜类物质香味浓郁, 感官阈值很低, 尤其是芳樟醇、橙香醇、柠檬醇等^[12]。该研究发现, 在 S5 芳樟醇相对含量达 55.26%; 在 S6, 芳樟醇含量略有下降, 也达到了 53.42%, 占总相对含量的 76.08%, 芳樟醇的相对含量比王容倩^[10]的研究结果高; 芳樟醇、橙香醇被认为是玫瑰香葡萄品种中主要的单萜成分, 芳樟醇具有稍带甜味的木青气息, 有紫丁香、铃兰和玫瑰的花香气息, 感知阈值最低, 对葡萄果实的玫瑰香味贡献值最大^[13-15]。

葡萄果实中的香气物质主要来源于萜烯类和 C₁₃ 降异戊二烯类衍生物^[16], C₁₃ 型对葡萄果实的花香、果香的贡献最为重要^[17]。该研究发现,在果实转色期烷烃类物质迅速增加,特别是 C₁₃ 烷相对含量从 S2 的 1.63% 激增至 S3 的 18.84%,增加了 10.56 倍,占这一时期总烷烃成分的 80.62%,之后消失,与玫瑰香葡萄的主体香气单萜类化合物芳樟醇呈负相关,可推测烷烃物质是降异戊二烯类物质的前体物质。

降异戊二烯类物质是由类胡萝卜素或含 40 个碳原子的萜类经氧化裂解产生,其前体物质类胡萝卜素是由 8 个异戊二烯单位缩合而成的 C₄₀ 的四萜类色素,光照影响葡萄果实中类胡萝卜素和降异戊二烯类物质的含量^[16]。高慧君等^[18-19]研究发现光敏色素作用因子(phytochrome-interacting factor, PIF)对八氢番茄红素合成酶 PSY 表达量有直接调控作用,红光和远红光均能增强 PSY 的表达,通过超量表达 PSY,也能成功地在一些原本少量积累类胡萝卜素的组织或器官中实现类胡萝卜素的富集;魏玲玲等^[20-21]研究发现,在植物叶片中,光照可以促进叶绿素的生成,类胡萝卜素含量与叶绿素含量呈正相关,影响类胡萝卜素的含量,也间接影响降异戊二烯类物质的含量。由此可见,转色期是成熟期果实特征香型形成的关键时期^[8],在栽培技术上,可以通过摘叶、修剪等措施调节光照,有利于合成胡萝卜素与降异戊二烯类物质因素,增进香气物质的合成。

该研究选用了 6 个时期的葡萄果实,采样间隔不均匀, S1 与 S2 相距 6 d, S2 与 S3 相距 12 d, S3 与 S4 相距 5 d, S4 与 S5 相距 8 d, S5 与 S6 相距 9 d(避开下雨天,灌水期),结果发现, S1~S3 香气成分的相对含量变化在 1.00% 左右波动; S3~S4 香气相对含量降低了 2.83 百分点; S3~S5 香气相对含量增加了 33.89 百分点。由此可见,香气的变化大小与果实香气发育关键时期有关,这与杨晓帆等^[22]的研究结果一致,即降异戊二烯物质在葡萄果实发育早期就有积累,在转色结束时达到高峰,而在成熟采收前其含量反而下降。要根据果实发育的不同时期进行采样,卢娟芳等^[23-24]也采用了这种采样方法,该研究建议分析葡萄香气成分,在转色期和成熟期之间采样间隔的时间缩短,次数适宜增加。

4 结论

综合气相色谱-质谱的分析结果,从“玫瑰香”葡萄中共检测出主要成分 60 种,主要成分为醇类、酯类、烷烃类、烯炔类、醛类和酮类。在绿果膨大期(S1)检测出 17 种成分,相对含量为 50.68%;转色前期(S2) 18 种,相对含量为 49.39%;转色后期(S3) 19 种,相对含量为 49.69%;成熟前期(S4) 14 种,相对含量为 46.86%;成熟期(S5) 23 种,相对含量达 83.58%,完熟期(S6) 17 种,相对含量达 70.22%。其中,萜类物质是最主要特征香气成分,在果实成熟期芳樟醇相对含量达到

55.26%,在完熟期含量略有下降(53.42%)。转色前期—转色后期是成熟期果实特征香型形成的关键时期,香气形成的前体物质在这个时期合成,可以为栽培技术的改进提供理论依据。

参考文献

- [1] 张军,王方,魏纪平,等.基于 SVM 的天津产地玫瑰香葡萄酒定性分析[J].光谱学与光谱分析,2011,31(1):109-113.
- [2] 王慧玲,王晓玥,闫爱玲,等.不同架式“爱神玫瑰”葡萄果实成熟期间单萜积累及相关基因的表达[J].中国农业科学,2019,52(7):1136-1149.
- [3] 李晓颖,李燕杰,郭倩倩,等.“玫瑰香”葡萄挥发性成分的固相微萃取法优化与分析[J].中国果树,2018(4):88-96.
- [4] 肖娟.特色功能性玫瑰香葡萄酒的研究[D].天津:天津科技大学,2012.
- [5] 孙磊,朱保庆,王晓玥,等.早中熟鲜食葡萄 5 个品种及其亲本果实单萜成分分析[J].园艺学报,2016,43(11):2109-2118.
- [6] 谭皓,廖康,涂正顺.金魁猕猴桃发育过程中香气成分动态变化[J].果树学报,2006,23(2):205-208.
- [7] 庞夫花,赵密珍,袁华招,等.草莓“宁玉”及其亲本果实发育过程中香气成分分析[J].江西农业学报,2019,31(6):16-21.
- [8] 张克坤,王海波,王孝娣,等.“瑞都香玉”葡萄果实挥发性成分在果实发育过程中的变化[J].中国农业科学,2015,48(19):3965-3978.
- [9] 岳圆,刘晶,张存智.HS-SPME-GC-MS 分析玫瑰香葡萄中挥发性物质的萃取条件优化[J].中国酿造,2018,37(10):171-176.
- [10] 王容倩.生产过程中玫瑰香葡萄汁品质变化的研究[D].天津:天津科技大学,2013.
- [11] CABRITA M J, FREITAS A M C, LAUREANO O, et al. Glycosidic aroma compounds of some Portuguese grape cultivars[J]. Journal of the science of food and agriculture, 2006, 86(6): 922-931.
- [12] 李纪明.葡萄酒品种香气的研究进展[C]//第四届国际葡萄与葡萄酒学术研讨会论文集.西安:陕西人民出版社,2005:151-158.
- [13] 孙磊,朱保庆,孙晓荣,等.“亚历山大”葡萄果实单萜生物合成相关基因转录及萜类物质积累规律[J].中国农业科学,2014,47(7):1379-1386.
- [14] GENOVESE A, LAMORTE S A, GAMBUTI A, et al. Aroma of Aglianico and Uva di Troia grapes by aromatic series[J]. Food research international, 2013, 53(1):15-23.
- [15] FENOLL J, MANSO A, HELLÍN P, et al. Changes in the aromatic composition of the *Vitis vinifera* grape Muscat Hamburg during ripening[J]. Food chemistry, 2009, 114(2):420-428.
- [16] 孟楠,刘斌,潘秋红.葡萄果实降异戊二烯类物质合成调控研究进展[J].园艺学报,2015,42(9):1673-1682.
- [17] FERREIRA A C S, MONTEIRO J, OLIVEIRA C, et al. Study of major aromatic compounds in port wines from carotenoid degradation[J]. Food chemistry, 2008, 110(1):83-87.
- [18] 高慧君,明家琪,张雅娟,等.园艺植物中类胡萝卜素合成与调控的研究进展[J].园艺学报,2015,42(9):1633-1648.
- [19] TOLEDO-ORTIZ G, HUQ E, RODRÍGUEZ-CONCEPCIÓN M. Direct regulation of phytoene synthase gene expression and carotenoid biosynthesis by phytochrome-interacting factors[J]. Proceedings of the national academy of sciences, 2010, 107(25):11626-11631.
- [20] LASHBROOKE J G, YOUNG P R, DOCKRALL S J, et al. Functional characterisation of three members of the *Vitis vinifera* L. carotenoid cleavage dioxygenase gene family[J]. BMC plant biology, 2013, 13(1):156-171.
- [21] 魏玲玲,王武,陶建敏.葡萄香气物质研究进展[J].中国南方果树,2018,47(3):159-165.
- [22] 杨晓帆,高媛,韩梅梅,等.云南高原区酿酒葡萄果实香气物质的积累规律[J].中国农业科学,2014,47(12):2405-2416.
- [23] 卢娟芳,郑惠文,郑巧,等.新疆杏果实发育过程中香气物质的变化及其特征成分的确定[J].园艺学报,2016,43(10):1878-1890.
- [24] 赵国富,王金敖,谢庭辉.红颜草莓不同发育时期营养品质及香气变化[J].浙江农业学报,2018,30(12):2044-2048.