

天山北麓产区 5 个不同红色酿酒葡萄品种 非花色苷酚类物质的积累特性

张轲¹, 袁琳^{2,3}, 杨兴元¹, 李倩¹, 王瑞¹, 闫雪¹, 王晶¹, 王文旋¹, 张珍珍¹

(1. 新疆农业大学食品科学与药学院, 新疆乌鲁木齐 830052)

(2. 天津农学院食品科学与生物工程学院, 天津 300380) (3. 天津大学化工学院, 天津 300072)

摘要: 本试验为研究天山北麓产区 5 个不同红色酿酒葡萄品种非花色苷酚类物质积累特性, 选取五家渠产区 5 个红色酿酒葡萄品种, 对其生长发育期黄酮醇和黄烷-3-醇含量及组成进行检测。其中黄酮醇包括: 槲皮素、山奈酚和杨梅酮三大类。结果表明: ‘赤霞珠’在花后 12 周时, 槲皮素、山奈酚和杨梅酮三类物质都达到最大值 0.122 mg/g、0.015 mg/g、0.065 mg/g; ‘品丽珠’的槲皮素类物质在花后 12 周达到最大值 0.500 mg/g, 山奈酚和杨梅酮类物质在 16 周时达到最大值 0.092 mg/g、0.068 mg/g; ‘西拉’的山奈酚在 14 周时达到最大值 0.043 mg/g, 而杨梅酮在 16 周时达到最大值 0.042 mg/g; ‘小味尔多’的山奈酚和杨梅酮物质都在 16 周时达到最大值 0.050 mg/g、0.035 mg/g; ‘马瑟兰’的山奈酚和杨梅酮分别在 12 和 14 周时达到最大值 0.013 mg/g、0.077 mg/g。通过对 5 个品种的黄酮醇和黄烷-3-醇物质进行主成分分析, 发现‘西拉’的黄烷-3-醇相对含量较高, ‘小味尔多’山奈酚相对含量较高, ‘赤霞珠’和‘马瑟兰’的槲皮素类物质相对含量较高。试验表明 5 个品种在该产区的积累特性各不相同, 能直观反应各品种在该产区的表现, 为日后天山北麓产区葡萄栽培和酿造提供更多帮助。

关键词: 非花色苷酚; 酿酒葡萄; 主成分分析

文章编号: 1673-9078(2019)04-116-123

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2019.4.017

Accumulation Characteristics of Non-anthocyanin Phenolic from Five Different Red Wine Grape Varieties in the Northern Foothills of Tianshan Mountains

ZHANG Ke¹, YUAN Lin^{2,3}, YANG Xing-yuan¹, LI Qian¹, WANG Rui¹, YAN Xue¹, WANG Jing¹,
WANG Wen-xuan¹, ZHANG Zhen-zhen¹

(1.College of Food Science and Pharmacy Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China)

(2.Tianjin Agricultural College, College of Food Science and Bioengineering, Tianjin 300380, China)

(3.Tianjin University School of Chemical Engineering, Tianjin 300072, China)

Abstract: In order to investigate the non-anthocyanin of five different red wine grape varieties in the northern foothills of Tianshan accumulation characteristics, five red wine grape varieties from Wujiaqu production area were selected to detect the content and composition of flavonol and flavan-3-ol during growth and development. Three major categories of flavonols were quercetin, kaempferol and myricetin. The results showed that the content of quercetin, kaempferol and myricetin in 'Cabernet Sauvignon' reached the maximum at 12 weeks after flowering, which were 0.122 mg/g, 0.015 mg/g, 0.065 mg/g, respectively. At 12 weeks after flowering, the content of quercetin substance in 'Cabernet Franc' reached a maximum of 0.500 mg/g. At 16 weeks, the contents of kaempferol and myricetin in 'Cabernet Franc' reached a maximum of 0.092 mg/g, 0.068 mg/g, respectively. The content of kaempferol of 'Syrah' reached a maximum of 0.043 mg/g at 14 weeks after flowering, but the content of myricetin substance in 'Syrah' reached a maximum of 0.042 mg/g at 16 weeks. At 16 weeks, the contents of myricetin and the kaempferol in 'Petit Verdot' reached a maximum of 0.050 mg/g and 0.035 mg/g, respectively. At 12 weeks, the content of

收稿日期: 2018-12-06

基金项目: 山西省成果转化项目 (201604D132034)

作者简介: 张轲 (1995-), 男, 硕士, 研究方向: 葡萄与葡萄酒工程; 共同第一作者: 袁琳 (1989-), 女, 博士, 讲师, 研究方向: 食品化学与功能

通讯作者: 张珍珍 (1984-), 女, 博士, 副教授, 研究方向: 农产品贮藏与加工

kaempferol in 'Marselan' reached a maximum of 0.013 mg/g, and at 14 weeks, the content of myricetin in 'Marselan' reached a maximum of 0.077 mg/g. Principal component analysis of five varieties of flavonol and flavan-3-ol showed that the relative content of flavan-3-ols in 'Syrah', kaempferol in 'Petit Verdot', quercetin in 'Cabernet Sauvignon' and 'Marselan' were relatively high. The accumulation characteristics of the five varieties in the production area were different, which directly reflected the performance of the varieties in the production area. It will be helpful to grape cultivation and brewing in the northern foothills of Tianshan.

Key words: non-anthocyanin phenolic; wine grapes; principal component analysis

酚类物质是芳香烃中苯环上的氢原子被羟基取代所生成的化合物,是葡萄果实中一种重要的次生代谢产物^[1]。酚类物质也是葡萄酒中一种重要的风味物质,不仅影响葡萄酒的感官品质,还对葡萄酒中的很多生理活性物质起决定性作用。在葡萄酒酿造过程中,皮、籽以及果肉中的酚类物质溶解出并进入酒中。因此,研究不同品种酿酒葡萄中酚类物质种类、含量及不同果实部位中酚类物质的差异,对于葡萄栽培育种和葡萄酒酿造工艺的改善具有深远的意义。酚类物质一般分为花色苷和非花色苷酚两类^[2]。花色苷是葡萄主要的呈色物质^[3,4],葡萄中的花色素主要以花青素类、花翠素类、甲基花青素类、甲基花青素类以及二甲花翠素类五种基本单元形式存在^[5]。非花色苷酚类主要包括苯甲酸类、肉桂酸类、黄酮醇类、黄烷-3-醇类及白藜芦醇类等^[2],而对于葡萄和葡萄酒而言,黄烷-3-醇和黄酮醇是最主要的非花色苷酚^[6-8]。

目前,国内对于非花色苷酚类物质研究的报道还比较少,大部分都集中在花色苷酚类,对于新疆产区的酿酒葡萄非花色苷酚类物质报道更是少之又少。黄酮醇一般以糖苷形式存在于葡萄中^[9],在酿造过程中,黄酮醇和葡萄果实与葡萄酒的中多酚化合物结合形成辅色素,黄酮醇类物质则是其化合过程最好的辅色剂,使得红葡萄酒的颜色向紫色色调偏移,以加深葡萄酒的颜色,其辅色效应还可以增强葡萄酒中颜色稳定性^[10-12]。黄烷醇类物质是葡萄多酚类物质中含量最丰富的一种。有研究显示,黄烷醇类物质不仅是葡萄浆果内在品质的重要指标之一,而且也会影响葡萄酒的很多感官质量,例如风味、色泽、褐变程度以及澄清度等^[13,14],还是衡量葡萄酒品质的决定性因素之一。因此,研究果实发育过程中黄酮醇类物质和黄烷醇类物质的积累特性对葡萄果实品质及葡萄酒酿造都具有一定的指导意义。天山北麓产区近些年来红色酿酒葡萄种植以赤霞珠和梅鹿辄为主,而对于其他品种的栽培还比较少^[15]。天山北麓产区又具有适宜葡萄栽培的气候条件:昼夜温差大、气候干燥、光照时间长^[16]等条件,研究更多葡萄品种在天山北麓产区的表现。对于该产区葡萄品种多样性和葡萄酒丰富性有很大帮助。笔者通过研究新疆天山北麓产区5种不同红色酿酒葡萄

中黄烷-3-醇类和黄酮醇类物质的积累情况,观察在该产区气候条件下葡萄生长过程中物质积累变化,从而反映不同酿酒葡萄品种在该地的栽培表现,为葡萄在该产区适应性和栽培管理提供理论性帮助。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 供试材料与地点

试验所用葡萄均来自于新疆五家渠市唐庭霞酒庄资源圃。选取‘赤霞珠’、‘马瑟兰’、‘小味尔多’、‘西拉’和‘品丽珠’五个品种,其中赤霞珠为2012年定植,其他为2013年定植,均为自根苗。南北行距,单篱架、多主蔓篱架整形。采样日期从花后第八周开始即转色期,两周为一个采样周期,最后一次采样为采收前一周。每个品种选择长势比较一致的植株,将采摘果实带回实验室液氮冷冻后,贮藏于-40℃冰箱供非花色苷酚测定使用。

1.1.2 试剂

甲醇、乙腈、甲酸和乙酸为色谱级纯,购于Fisher (Fairlawn, NJ, USA)公司;乙酸乙酯为分析纯,购于北京化学试剂公司;去离子水及纯净水为Nili-Q(Molopore, Bedford, MA)系统制备的超纯水和娃哈哈(杭州,中国)公司。

1.1.3 仪器与设备

FD-1A-50台式真空冷冻干燥机,上海比朗仪器制造有限公司;HZS-H型水浴振荡器,上海思瀚达科学仪器有限公司;RE-52AA型旋转蒸发器,上海星宋科学仪器有限公司;HPLC-MS液相色谱-质谱联用仪(配有电喷雾离子源(ESI)及Agilent Mass Hunter B.04.00数据处理系统),美国Fisher (Fairlawn, NJ, USA)公司。

1.2 试验方法

黄烷-3-醇和黄酮醇物质提取参照梁娜娜^[17]等人的方法;

黄烷-3-醇和黄酮醇检测和定性参考李斯屿^[18]等人的方法(HPLC-MS进行);

黄烷-3-醇定量:用标准曲线对各种末端单元和延

伸单元进行定量。标准曲线：儿茶素： $Y=32.5270x+23.4525$, $R^2=0.9999$ ；表儿茶素： $Y=24.3600x+10.0338$, $R^2=0.9999$ ；表儿茶素没食子酸酯： $Y=22.8730x-261.6000$, $R^2=0.9990$ ；表儿茶素： $Y=2.4995x-8.3834$, $R^2=0.9999$ 。果皮中黄烷-3-醇物质含量单位为 mg/g（每克果皮干粉中所含黄烷醇毫克数）。该方法所得到的各种黄烷-3-醇的含量是黄烷-3-醇单体的浓度与寡聚体和多聚体的水解单元浓度的总和。

黄酮醇定量：建立 1~500 mg/L 之间、7 个水平、三个重复的槲皮素-3-O-葡萄糖苷（Quercetin-3-O-glucoside）标准曲线，相关系数在 0.999 以上，其它黄酮醇以相当于槲皮素-3-O-葡萄糖苷（Quercetin-3-O-glucoside）的含量计。标准曲线： $Y=(x-3.59651)/0.00726$, $R^2=0.99945$ 。果皮中黄酮醇物质含量单位为 mg/g（每克果皮干粉中所含黄酮醇毫克数）。

1.3 数据分析

数据统计分析使用分析软件 SPSS 20.0，采用独立样本 T 检验和 Duncan 多重比较进行显著性方差分析，显著性水平 $p<0.05$ ；绘图采用绘图软件 Origin 8.5。

2 结果与分析

2.1 黄烷-3-醇和黄酮醇含量变化

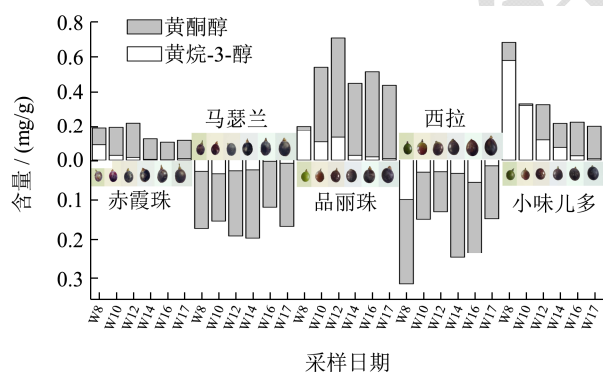


图1 5个不同酿酒葡萄品种黄酮醇和黄烷-3-醇物质对比变化
Fig.1 Comparison of flavonol and flavan-3-ol materials in five different wine grape varieties

从图中可以看出，5个酿酒葡萄品种在成熟过程中黄烷-3-醇类物质和黄酮醇类物质含量各不相同，但5个品种的黄烷-3-醇类物质在成熟过程中整体呈下降趋势。其中‘赤霞珠’在转色初始时黄烷醇和黄酮醇的含量基本各占50%，黄酮醇类物质为0.105 mg/g，黄烷醇类物质为0.09 mg/g，‘马瑟兰’和‘西拉’在转色初始时都是黄酮醇含量远大于黄烷醇。‘马瑟兰’在转色伊始黄酮醇类物质为0.144 mg/g；‘西拉’在转色伊始时黄酮醇类物质为0.216 mg/g，黄烷醇类物质为0.099

mg/g。‘品丽珠’和‘小味尔多’的情况则与之相反，这两个品种在转色初始时黄烷醇含量远大于黄酮醇。‘品丽珠’在转色期时黄烷醇含量达到0.174 mg/g，而黄酮醇含量为0.025 mg/g。‘小味尔多’在转色期时黄烷醇含量达到0.579 mg/g，黄酮醇含量为0.105 mg/g。在花后17周即采收期前一周时，5个品种都是黄酮醇类物质占大部分，黄烷醇物质检出量都比较小。在此时期‘品丽珠’在五个品种中黄酮醇含量最高，为0.427 mg/g，赤霞珠相比其他四个品种为最少，含量为0.106 mg/g。

2.2 不同时期黄烷-3-醇和黄酮醇类物质的对比

2.2.1 不同时期5个品种黄烷-3-醇的变化趋势

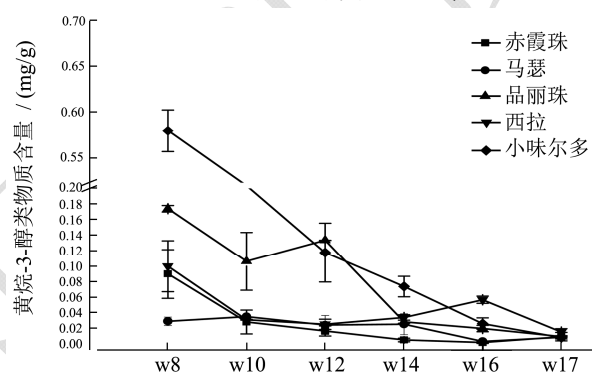


图2 5个品种的黄烷-3-醇物质含量的变化趋势图

Fig.2 Trend pattern of the content of flavan-3-ol in five varieties

在果实生长发育过程中，5个品种的黄烷-3-醇物质共检测出5种物质：儿茶素、没食子儿茶素、表没食子儿茶素、表没食子儿茶素没食子酸酯、原花青素B₁。从图中可以看出，5个品种的黄烷-3-醇的含量整体趋势都是下降。‘小味尔多’一直呈下降趋势，趋势比较明显。‘品丽珠’呈现先下降，再上升然后在下降的趋势，在花后12周至14周时，急剧下降，下降幅度78%。‘西拉’在花后第8周到第10周下降趋势明显，含量缩小了70%；之后缓慢上升，在接近采收时又开始下降。‘赤霞珠’在采收前一直处于下降趋势，到采收期出现缓慢上升趋势。‘马瑟兰’整体趋势起伏也比较小。

2.2.2 不同时期5个品种槲皮素类物质的变化趋势

从图3中可以看出，在转色初期，‘品丽珠’槲皮素类物质含量最低，其他4个品种含量比较接近，在0.098~0.0202 mg/g之间。在果实发育成熟过程中，‘品丽珠’变化趋势幅度较大，在第12周时达到最大值0.500 mg/g，之后急剧下降，下降幅度达59%，采收期时相较于最大值降低41%；‘西拉’整体趋势呈下降，

从 0.202 mg/g 降至 0.085 mg/g; ‘小味尔多’和‘马瑟兰’在整个生长发育周期中呈现下降上升下降再上升的趋势,在采收时的含量和初期相比为下降;赤霞珠在第 8 周至 12 周缓慢上升,在第 12 周时达到最大值 0.122 mg/g,之后开始缓慢下降。

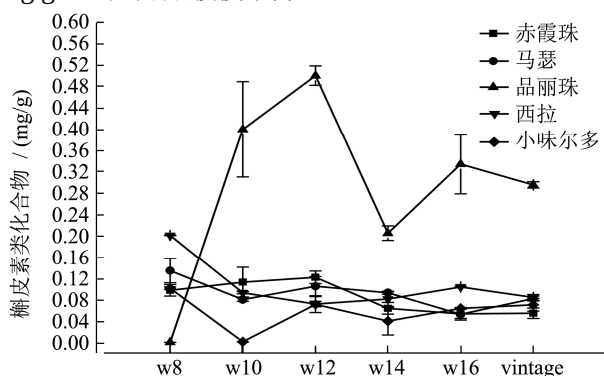


图 3 5 个品种的槲皮素类物质含量的变化趋势图

Fig.3 Trend pattern of Quercetin content in five varieties

2.2.3 不同时期 5 个品种山奈酚类物质的变化趋势

从图 4 中可以看出,在转色初期时,‘品丽珠’的山奈酚类物质含量最高,为 0.025 mg/g,‘西拉’次之,为 0.014 mg/g,其他 3 个品种含量相近。‘品丽珠’和‘小味尔多’整体趋势呈现上升趋势,均在第 16 周时达到最大值,此时‘品丽珠’含量为 0.092 mg/g,‘小味尔多’含量为 0.050 mg/g,之后开始下降。‘西拉’在第 8 周至第 10 周时缓慢上升,在 14 周达到最大值 0.043 mg/g,然后直至采收期开始下降。‘赤霞珠’和‘马瑟兰’在 10 周至 12 周时缓慢上升,都在 12 周时达到最大值。此时‘赤霞珠’的含量为 0.015 mg/g;‘马瑟兰’的含量为 0.013 mg/g。之后从 12 周至采收期,这 2 个品种整体趋势为下降。

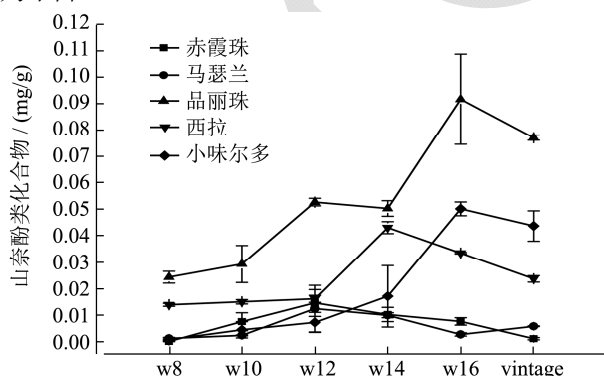


图 4 5 个品种的山奈酚类物质含量的变化趋势图

Fig.4 Trend diagram of the content of Kaempferol in five varieties

2.2.4 不同时期 5 个品种杨梅酮类物质的变化趋势

杨梅酮类黄酮醇物质是重要的酚类物质之一,通

过图中发现,‘西拉’和‘品丽珠’在第 8 周时没有检出杨梅酮类物质,其他 3 个品种在生长发育期都检测出杨梅酮类物质。‘赤霞珠’和‘马瑟兰’呈现先上升后下降,接近采收期时又出现回升,‘赤霞珠’在第 12 周时达到最大值 0.065 mg/g,‘马瑟兰’在第 14 周时达到最大值 0.077 mg/g。‘品丽珠’在 16 周前整体趋势呈上升趋势,在 14~16 周之间上升幅度最大,达到 0.068 mg/g,增加了 74%;‘西拉’在 10~16 周也是呈现上升趋势,在 16 周时达到最大值 0.042 mg/g,之后出现下降;‘小味尔多’整个生长发育周呈上升趋势,从 0.002 mg/g 增加至 0.033 mg/g,在 16 周时达到最大值 0.035 mg/g。

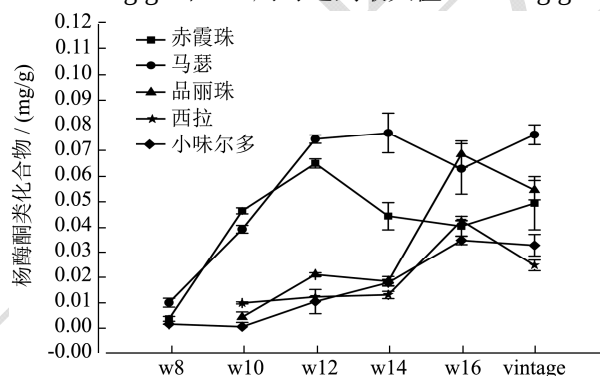


图 5 5 个品种的杨梅酮类物质含量的变化趋势图

Fig.5 Trend pattern of the content of Myceritin in five varieties

2.2.5 不同品种成熟度基本一致时黄烷-3-醇和黄酮醇的主成分分析

为了更直观的观察这 5 个品种在天山北麓产区的表现,选择 5 个品种糖度基本一致的采样期(如表 1 所示),对 5 个品种的不同黄烷-3-醇单体和黄酮醇单体的相对含量进行主成分分析。结果如图 6a 所示。通过载荷图可以看出主成分 1(PC1)解释总方差 49.6%,主成分 2(PC2)解释总方差 22.9%,两者共同解释总方差 72.5%,可以解释总体变量。主成分 1 将 5 个品种分为两大类,主成分 2 又将 5 个品种分在三个象限内。结合主成分双标图可以看出,‘西拉’的儿茶素和原花色素 B₁ 相对含量比较多;‘小味尔多’山奈酚-3-O-半乳糖苷和二氢山奈酚相对含量比较高;‘赤霞珠’的异鼠李素-3-O-葡萄糖苷相对含量比较高;对于‘马瑟兰’,槲皮素-3-O-葡萄糖苷和槲皮素-3-O-葡萄糖苷酸相对含量比较高。

对单体分析基本可以看出个品种相对含量较高的物质,笔者又将黄烷-3-醇总量和黄酮醇三大类:槲皮素、山奈酚和杨梅酮进行主成分分析,如图 6c 所示。主成分 1 (54.8%) 将 5 个品种分在正半轴和负半轴,主成分 2 (27%) 将 5 个品种分在四个象限呢。结合双标图可以看出,PC1 总主要是槲皮素和山奈酚贡献率大,而在 PC2 中,主要是黄烷-3-醇占主要。根据主

成分 1 和主成分 2, 可以看出黄烷-3-醇对于‘西拉’来说贡献比较大; 山奈酚对‘小味尔多’贡献比较大; ‘赤霞珠’的杨梅酮相对含量较高; ‘马瑟兰’的槲皮素相对含量较高。

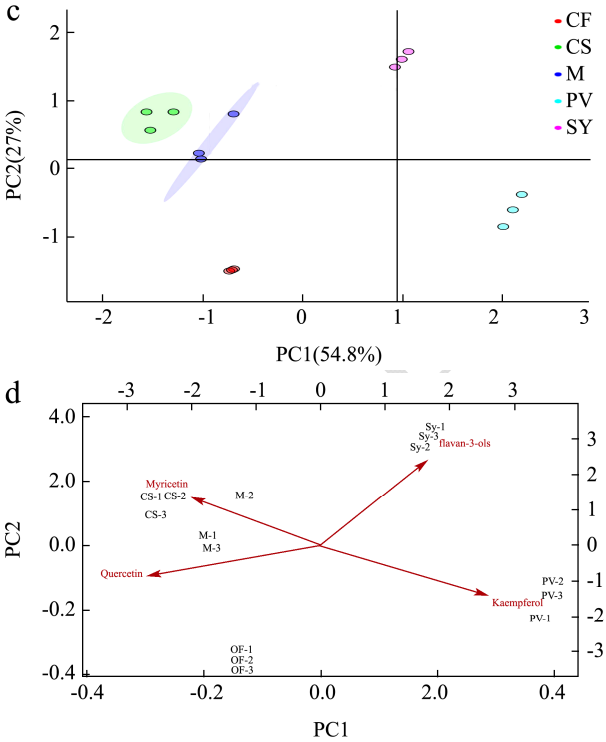
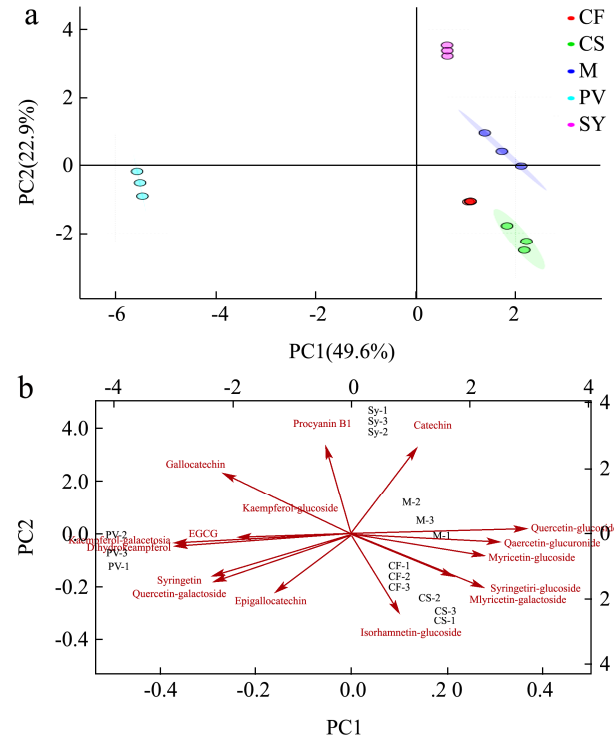


图 6 不同黄烷-3-醇单体、总量及黄酮醇总量、分类的主成分分析图

Fig.6 Principal component analysis of different flavan-3-ol monomers, total amount and total flavonols

表 1 不同品种黄烷-3-醇和黄酮醇物质的相对含量

Table 1 Relative content of different varieties of flavan-3-ol and flavonol (%)

类别	赤霞珠	马瑟兰	品丽珠	西拉	小味尔多
Brix/%	20.30±0.06 ^b	20.40±0.07 ^b	20.10±0.05 ^c	19.50±0.15 ^d	21.00±0.06 ^a
儿茶素	1.67±0.77 ^c	3.78±0.70 ^b	Nd	7.45±0.76 ^a	Nd
没食子儿茶素	1.07±0.47 ^b	1.45±0.45 ^b	0.73±0.06 ^b	3.80±0.08 ^a	4.07±0.83 ^a
黄烷-3-醇	0.33±0.13 ^a	Nd	Nd	Nd	0.30±0.01 ^a
表没食子儿茶素	Nd	0.63±0.05 ^b	Nd	Nd	0.74±0.01 ^a
表没食子酸儿茶素没食子酸酯	Nd	0.63±0.05 ^b	Nd	Nd	0.74±0.01 ^a
原花青素 B1	4.58±1.22 ^b	4.37±1.27 ^b	3.00±0.06 ^b	12.49±0.12 ^a	6.22±0.92 ^b
山奈酚-3-O-葡萄糖苷	5.71±0.34 ^d	4.00±0.31 ^e	12.65±0.11 ^a	10.46±0.13 ^b	9.16±0.05 ^c
山奈酚-3-O-半乳糖苷	1.69±0.22 ^d	1.14±0.14 ^e	5.18±0.07 ^b	3.58±0.05 ^c	13.25±0.18 ^a
二氢山奈酚	Nd	Nd	0.02±0.01 ^b	0.20±0.01 ^b	22.27±0.56 ^a
槲皮素-3-O-葡萄糖苷	24.03±0.16 ^b	24.20±2.27 ^{ab}	26.53±0.04 ^a	23.26±0.41 ^b	7.62±0.04 ^c
槲皮素-3-O-半乳糖苷	7.29±0.25 ^c	4.13±0.95 ^d	10.29±0.12 ^b	4.84±0.07 ^d	13.36±0.66 ^a
黄酮醇	10.81±0.97 ^c	19.72±1.67 ^a	14.95±0.57 ^b	7.71±0.10 ^d	Nd
异鼠李素-3-O-葡萄糖苷	10.83±0.32 ^b	7.30±0.55 ^c	13.26±0.16 ^a	5.17±0.05 ^d	7.55±0.16 ^c
杨梅酮	0.62±0.14 ^c	1.29±0.32 ^b	0.19±0.01 ^d	0.46±0.03 ^c	9.16±0.05 ^a
杨梅酮-3-O-葡萄糖苷	22.12±1.50 ^a	19.31±2.21 ^a	8.94±0.02 ^b	11.69±0.23 ^b	5.50±0.15 ^c
杨梅酮-3-O-半乳糖苷	3.61±0.10 ^a	1.29±0.28 ^c	1.95±0.04 ^b	0.97±0.02 ^d	Nd
丁香亭	0.38±0.08 ^b	0.19±0.02 ^c	0.04±0.02 ^d	Nd	0.74±0.01 ^a
丁香亭-3-O-葡萄糖苷	22.12±1.50 ^a	6.74±0.57 ^b	2.26±0.05 ^c	4.86±0.14 ^b	0.05±0.01 ^c

注: “Nd”代表未检测到。同列不同小写字母表示差异显著 ($p<0.05$)。下同。

3 讨论

黄酮醇类物质的研究对于葡萄栽培和酿酒具有很大的意义。黄酮醇作为一种重要的次生代谢产物,跟葡萄品种有着密不可分的关系^[19]。而黄酮醇的生物特性不仅受葡萄品种本身的影响,还受到很多外界因素的影响,例如:温度、光照和土壤等因素^[20,21]。天山北麓产区被誉为葡萄种植的黄金地带,光照充足、气候干燥、昼夜温差较大等条件,很适宜葡萄种植。本试验中研究5个不同品种在天山北麓产区的表现,研究结果发现5个品种的黄酮醇物质含量及组成都不同,这很大程度上是由于葡萄品种固有特性所决定的^[14]。对于5个品种的生长发育过程中,槲皮素类化合物的相对含量较高。之前有前人研究不同品种白葡萄和红葡萄黄酮醇成分含量,槲皮素是占主要成分^[22,23],这和人研究结果一致。葡萄浆果生长期,有学者认为遵循双S型曲线,即快速增长期、滞后增长以及成熟期^[17],在本研究结果中,黄酮醇含量变化基本上都是双S曲线变化,这和人研究结果类似。葡萄果实发育期中,黄酮醇有两次峰值,一次在幼果期到转色期,一次在转色期到成熟之间,在转色期前的滞后生长阶段黄酮醇物质含量处于较低水平^[24],在本研究中,品丽珠和西拉在第8周时没有检出杨梅酮物质,由于品丽珠和西拉属于晚熟品种,笔者推测此时2个品种可能处在滞后生长期,含量较低,低于检测限,导致没有检出。近些年来,对于葡萄酒呈色物质及辅色物质研究较多,有研究表明,黄酮醇类中的芸香苷和栲精^[24]是最有效的辅色素:芸香苷和栲精与二甲花翠素3,5-二葡萄糖苷在pH 3.5的条件下,可络合成稳定性较高的色素,分别产生30 nm和28 nm的红移。栲精即为槲皮素,对于不同酿酒葡萄品种的槲皮素类物质而言,不同的含量其在酒体中产生的作用也不一样。在本试验中,通过主成分看出,马瑟兰的槲皮素类物质相对含量较高。笔者推测,对于马瑟兰品种在日后的陈酿中,可能会生成更多稳定性色素,从而能更好的保持酒体颜色。

黄烷醇类物质是葡萄酒酿造过程中一类辅色素物质,对于葡萄风味和颜色都很影响^[25]。研究黄烷醇类物质在生长过程中的变化对于葡萄采收有很大的意义^[26]。国内外对于黄烷-3-醇的含量及变化趋势研究较少,国内学者温鹏飞^[27]以赤霞珠和霞多丽为对象,研究葡萄果实成熟过程中黄烷-3-醇的变化趋势。研究发现不同品种在生长发育过程中变化规律不同,本试验的5个不同品种的黄烷-3-醇变化趋势也不相同。随着果实逐渐成熟,相比较转色期和采收期,整体含量都

是下降,之前有研究报道酚类物质在转色期之前呈现积累,但随着成熟度的增加,化合物含量不再增加^[28,29],本研究结果和前人报道基本类似。在类黄酮物质中,黄烷醇是仅次于黄酮醇的辅色物质,黄烷醇中具有弱辅色作用的是儿茶素和表儿茶素^[30],因此了解葡萄生长过程中儿茶素的变化,尤其是采收时的含量,对于后期酿酒有很大的帮助。之前有研究添加儿茶素能促进丹魄^[31]红葡萄酒的呈色作用。本试验中通过主成分对5个品种的分析,发现各品种的儿茶素相对含量有很大差异,西拉的相对含量较高,尤其是儿茶素。而儿茶素对于葡萄酒颜色具有很好的辅助作用,西拉含有丰富的儿茶素,这对日后单品种陈酿以及混酿可提供更多可能性,能为颜色形成以及保护提供更多参考。

4 结论

本试验通过对5个品种的非花色苷酚检测,5个品种的黄烷-3-醇含量在生长发育过程中整体均呈下降趋势。‘赤霞珠’在花后12周时,槲皮素、山奈酚和杨梅酮三类物质都达到最大值0.122 mg/g、0.015 mg/g、0.065 mg/g;‘品丽珠’的槲皮素类物质在花后12周达到最大值0.500 mg/g,山奈酚和杨梅酮类物质在16周时达到最大值0.092 mg/g、0.068 mg/g;‘西拉’的山奈酚在14周时达到最大值0.043 mg/g,而杨梅酮在16周时达到最大值0.042 mg/g;‘小味尔多’的山奈酚和杨梅酮物质都在16周时达到最大值0.050 mg/g、0.035 mg/g;‘马瑟兰’的山奈酚和杨梅酮分别在12和14周时达到最大值0.013 mg/g、0.077 mg/g。通过对不同品种黄烷-3-醇和黄酮醇单体及总量的分析,发现‘西拉’的黄烷-3-醇类含量相对较高,主要是儿茶素和原花色素B₁;‘小味尔多’的山奈酚类物质含量相对较高,尤其是山奈酚-3-O-半乳糖苷和二氢山奈酚;‘赤霞珠’的异鼠李素-3-O-葡萄糖苷相对含量较高;‘马瑟兰’槲皮素类物质中槲皮素-3-O-葡萄糖苷含量相对较高。通过对5个品种生长发育期黄酮醇和黄烷-3-醇含量变化趋势比较,以及相对含量的主成分分析,为天山北麓产区葡萄栽培品种多样性奠定一定理论基础,也为天山北麓产区葡萄酒种丰富提供更多的可能性。

参考文献

- [1] Obboh G, Ademosun A O. Phenolic extracts from grapefruit peels (*Citrus paradisi*) inhibit key enzymes linked with type 2 diabetes and hypertension [J]. Journal of Food Biochemistry, 2011, 35(6): 1703-1709
- [2] 赵权,王军,段长青.山葡萄果实发育过程中花色苷和非花

- 色苷酚成分及其含量的变化[J].植物生理学报,2010,46(1): 80-86
- ZHAO Quan, WANG Jun, DUAN Chang-qing. Changes of anthocyanin and non-anthocyanin phenols and their contents during fruit development of mountain grape [J]. Acta Physiologica Sinica, 2010, 46(1): 80-86
- [3] 韩富亮,李杨,李记明,等.红葡萄酒花色苷结构和颜色的关系研究进展[J].食品与生物技术学报,2011,30(3):328-336
- HAN Fu-liang, LI Yang, LI Ji-ming, et al. Research progress on the relationship between anthocyanin structure and color in red wine [J]. Journal of Food Science and Biotechnology, 2011, 30(3): 328-336
- [4] 杜文华,刘忠义.葡萄酒中花色苷的研究进展[J].食品与机械,2011,27(4):169-172
- DU Wen-hua, LIU Zhong-yi. Research progress of anthocyanins in wine [J]. Food and Machinery, 2011, 27(4): 169-172
- [5] Ortegarregules A, Romerocascales I, Lópezroca J M, et al. Anthocyanin Fingerprint of Grapes: Environmental and Genetic Variations [M]. Religion and the Life of the Nation. University of Illinois Press, 2006: 1460-1467
- [6] Jin Z M, He J J, Bi H Q, et al. Phenolic compound profiles in berry skins from nine red wine grape cultivars in northwest China [J]. Molecules, 2009, 14(12): 4922
- [7] Makris D P, Kallithraka S, Kefalas P. Flavonols in grapes, grape products and wines: Burden, profile and influential parameters [J]. Journal of Food Composition & Analysis, 2006, 19(5): 396-404
- [8] Rivas-Gonzalo J C, Francia-Aricha E M, Guerra M T, et al. New anthocyanin pigments formed after condensation with flavanols [J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 1997, 45(6): 2262-2266
- [9] Holiman P C H, Hertog M G L, Katan M B. Analysis and health effects of flavonoids [J]. Food Chemistry, 1996, 57(1): 43-46
- [10] Li Z, Pan Q, Jin Z, et al. Comparison on phenolic compounds in *Vitis vinifera*, cv. Cabernet Sauvignon wines from five wine-growing regions in China [J]. Food Chemistry, 2011, 125(1): 77-83
- [11] Schwarz M, Picazo-Bacete J J, Winterhalter P, et al. Effect of copigments and grape cultivar on the color of red wines fermented after the addition of copigments [J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 2005, 53(21): 8372
- [12] Fang F, Li J M, Pan Q H, et al. Determination of red wine flavonoids by HPLC and effect of aging [J]. Food Chemistry, 2007, 101(1): 428-433
- [13] Monagas M, Gómez-Cordovés C, Bartolomé B, et al. Monomeric, oligomeric, and polymeric flavan-3-ol composition of wines and grapes from *vitis vinifera* l. cv. graciano, tempranillo, and cabernet sauvignon [J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 2003, 51(22): 6475-6481
- [14] Pajovic R, Mijovic S, Božinov Z, et al. The effect of the length of maceration on the phenolic content in wine Vranac in Podgorica subregion.[C]// 2012: 290-297
- [15] 郑立阳.新疆不同小产区酿酒葡萄品质特性的研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2015
- ZHENG Li-yang. Study on quality characteristics of wine grapes in different small producing areas in Xinjiang [D]. Yangling: Northwest A&F University, 2015
- [16] 王染霖.天山北麓酿酒葡萄产区葡萄与葡萄酒品质研究[D].石河子:石河子大学,2015
- WANG Ran-lin. Study on grape and wine quality in the northern grape wine region [D]. Shihezi: Shihezi University, 2015
- [17] Liang N N, Zhu B Q, Han S, et al. Regional characteristics of anthocyanin and flavonol compounds from grapes of four *Vitis vinifera* varieties in five wine regions of China [J]. Food Research International, 2014, 64: 264-274
- [18] Li S Y, He F, Zhu B Q, et al. Comparison of phenolic and chromatic characteristics of dry red wines made from native Chinese grape species and *Vitis Vinifera* [J]. International Journal of Food Properties, 2016, 20(9): 2134-2146
- [19] Montoro P, Braca A, Pizza C, et al. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids isolated from different plant species [J]. Food Chemistry, 2005, 92(2): 349-355
- [20] Boun D, Prescott J. Critical reviews in food science and nutrition [J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2010, 49(9): 741-781
- [21] Downey M O, Dokoozlian N K, Krstic M P. Cultural practice and environmental impacts on the flavonoid composition of grapes and wine: a review of recent research [J]. American Journal of Enology & Viticulture, 2006, 57(3): 257-268
- [22] Serratos M P, Marquez A, Moyano L, et al. Chemical and morphological characterization of Chardonnay and Gewürztraminer grapes and changes during chamber-drying under controlled conditions [J]. Food Chemistry, 2014, 159: 128-136
- [23] Liang N N, He F, Bi H Q, et al. Evolution of flavonols in berry skins of different grape cultivars during ripening and a comparison of two vintages [J]. European Food Research &

- Technology, 2012, 235(6): 1187-1197
- [24] 陈建业.葡萄酒中酚酸及葡萄果实苯丙烷类代谢途径研究[D].北京:中国农业大学, 2005
- CHEN Jian-ye. Study on phenolic acid and phenylpropanoid metabolism pathway in grape wine [D]. Beijing: China Agricultural University, 2005
- [25] 牟京霞.酿酒葡萄成熟过程中黄烷-3-醇类化合物含量变化的研究[D].济南:山东轻工业学院, 2011
- MOU Jing-xia. Study on the change of the content of flavan-3-ols in the ripening process of wine grapes [D]. Jinan: Shandong Institute of Light Industry, 2011
- [26] 温鹏飞,陈建业,李景明,等.葡萄果实中黄烷-3-醇及其聚合体的 HPLC 检测[J].园艺学报, 2006, 33(4): 714-720
- WEN Peng-fei, CHEN Jian-ye, LI Jing-ming, et al. HPLC detection of flavan-3-ol and its polymer in grape fruit [J]. Journal of Horticulture, 2006, 33(4): 714-720
- [27] 温鹏飞.葡萄与葡萄酒中黄烷醇类多酚和果实原花色合成相关酶表达规律的研究[D].北京:中国农业大学, 2005
- WEN Peng-fei. Study on the expression of flavone polyphenols and fruit proanthocyanidins related enzymes in grape and wine [D]. Beijing: China Agricultural University, 2005
- [28] Fang, Fang, Ke tang, Wei-dong Huang, et al. Changes of flavonol synthase and flavonol contents during grape berry development [J]. European Food Research & Technology, 2013, 237(4): 529-540
- [29] Chen J Y, Wen P F, Kong W F, et al. Changes and subcellular localizations of the enzymes involved in phenylpropanoid metabolism during grape berry development [J]. Journal of Plant Physiology, 2006, 163(2): 115-127
- [30] 郝笑云,王宏,张军翔.酚类物质对红葡萄酒颜色影响的研究进展[J].现代食品科技, 2013, 29(5): 1192-1197
- HAO Xiao-yun, WANG Hong, ZHANG Jun-xiang. Research progress of the influence of phenolic compounds on the color of red wine [J]. Modern Food Science & Technology, 2013, 29(5): 1192-1197
- [31] S Kunsági-Máté, Stampel E, L Kollár, et al. The effect of the oxidation state of iron ions on the competitive complexation of malvidin by caffeic or ellagic acid [J]. Food Research International, 2008, 41(7): 693-696
-
- (上接第 129 页)
- [15] 李渊,周惠明,郭晓娜,等.大麦 β -葡聚糖对小麦粉糊化性质和流变学性质的影响[J].食品与机械, 2016, 32(4): 1-4
- LI Yuan, ZHOU Hui-ming, GUO Xiao-na, et al. Effects of barley β -glucan on pasting and rheological properties of wheat flour [J]. Food & Machinery, 2016, 32(4): 1-4
- [16] 李真.大麦粉对面团特性与面包烘烤品质的影响及其改良剂研究[D].镇江:江苏大学, 2014
- LI Zhen. Effect of barley flour on dough properties and bread quality and its improver study [D]. Zhenjiang: Jiangsu University, 2014
- [17] 李渊.大麦 β -葡聚糖对小麦面团性质影响的机理研究[D].无锡:江南大学, 2016
- LI Yuan. Mechanism study on the effects of barley β -glucan on the properties of wheat dough [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2016
- [18] 张芹,陆启玉.挂面在储藏过程中面条质构特性的变化[J].农业机械, 2011, 23: 95-99
- ZHANG Qin, LU Qi-yu. Changes of texture characteristics of noodle during storage [J]. Farm Machinery, 2011, 23: 95-99
- [19] 张智勇,孙辉,王春,等.利用色彩色差仪评价面条色泽的研究[J].粮油食品科技, 2013, 2: 55-58
- ZHANG Zhi-yong, SUN Hui, WANG Chun, et al. Study on evaluation of color of noodle with colorimeter [J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2013, 2: 55-58
- [20] 张剑,李梦琴,龚向哲.小麦品质性状与鲜湿面条品质指标关系的研究[J].中国粮油学报, 2008, 2: 20-24
- ZHANG Jian, LI Meng-qin, GONG Xiang-zhe. Relationship between wheat flour traits and quality in dexters of fresh-wet noodles [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2008, 2: 20-24
- [21] Wu J, Corke H. Quality of dried white salted noodles affected by microbial transglutaminase [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2005, 85(15): 2587-2594
- [22] Shiau S Y, Chang Y H. Instrumental textural and rheological properties of raw, dried, and cooked noodles with transglutaminase [J]. International Journal of Food Properties, 2013, 16(7): 1429-1441
- [23] 常玉梅.描述性检验与消费者接受度感官分析方法研究-以豆腐干为例[D].无锡:江南大学, 2013
- CHANG Yu-mei. Research on sensory analysis methods of descriptive test and consumer acceptability-by testing of dried bean curds [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2013