

# 桑叶葡萄和刺葡萄果皮中酚类物质的组成分析

张明霞<sup>1</sup>, 刘崇怀<sup>2</sup>, 张 静<sup>1</sup>, 樊秀彩<sup>2</sup>

(1.河南科技学院生命科技学院, 河南 新乡 453003; 2.中国农业科学院郑州果树研究所, 河南 郑州 450009)

**摘 要:** 采用超声波辅助法, 利用甲醇从桑叶葡萄和刺葡萄果皮中提取花色苷, 利用乙酸乙酯从两种葡萄果皮中提取非花色苷, 液质联用定性定量分析两种葡萄果皮中花色苷及非花色苷酚的组成。桑叶葡萄果皮共检测出花色苷 20 种, 非花色苷酚 6 种。刺葡萄果皮中共检测出花色苷 6 种, 非花色苷酚 15 种。刺葡萄果皮中主要的花色苷是花翠素 3,5-二葡萄糖苷和二甲花翠素 3,5-二葡萄糖苷, 而桑叶葡萄果皮以二甲花翠素 3,5-二葡萄糖苷和 3'-甲基花翠素-3,5-二葡萄糖苷为主。两种野生葡萄果皮中主要的非花色苷酚是阿魏酸酒石酸酯及其衍生物, 阿魏酸己糖酯和槲皮素-3-O-鼠李糖苷, 刺葡萄果皮中非花色苷酚的含量比桑叶葡萄中的多。

**关键词:** 桑叶葡萄; 刺葡萄; 花色苷; 非花色苷; 液质联用

## Composition Analysis of Phenols in *Vitis ficifolia* Bge and *Vitis davidii* Foex Fruit Skins

ZHANG Ming-xia<sup>1</sup>, LIU Chong-huai<sup>2</sup>, ZHANG Jing<sup>1</sup>, FAN Xiu-cai<sup>2</sup>

(1. School of Life Science and Technology, Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang 453003, China;

2. Zhengzhou Fruit Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450009, China)

**Abstract:** Phenols are the most important components for maintaining high quality of grapes. The anthocyanins and non-anthocyanin phenolic compounds in the fruit skins of *Vitis ficifolia* Bge and *Vitis davidii* Foex were extracted with methanol and ethyl acetate under the assistance of ultrasonic respectively and their composition was qualitatively and quantitatively analyzed by high performance liquid chromatography mass spectrometry (HPLC-MS). As a result, 20 anthocyanins and 6 non-anthocyanin phenolic compounds were identified in *Vitis ficifolia* Bge fruit skin, and 6 anthocyanins and 15 non-anthocyanin phenolic compounds in *Vitis davidii* Foex fruit skin. The major anthocyanins in *Vitis davidii* Foex fruit skin were elphinidin-3,5-O-di-glucoside and malvidin-3,5-O-di-glucoside, and in *Vitis ficifolia* Bge malvidin-3,5-O-di-glucoside and petunidin-3,5-O-di-glucoside. Feruloyltartaric acid and its derivatives, ferulic acid hexose ester and quercetin-O-rhamnoside were the major non-anthocyanin phenolic compounds in both species of wild grapes. The content of non-anthocyanin phenolic compounds in *Vitis davidii* Foex was much higher than that in *Vitis ficifolia* Bge.

**Key words:** *Vitis ficifolia* Bge; *Vitis davidii* Foex; anthocyanins; non-anthocyanin phenolic compounds; HPLC-MS  
中图分类号: TS201.2 文献标识码: A 文章编号: 1002-6630(2011)14-0264-04

葡萄野生种主要分布在东亚和北美<sup>[1]</sup>, 并且集中分布在中国和美国, 我国是世界葡萄属植物种质资源最丰富的国家之一, 也是东亚葡萄种群的原产大国<sup>[2]</sup>, 我国野生葡萄具有多种抗逆性状和优良农艺性状<sup>[3]</sup>。刺葡萄原产中国, 属东亚种群, 是我国 5 种主要野生葡萄品种之一, 自身抗病性极强, 是具有地方特色和优势的资源。桑叶葡萄是毛葡萄的一个亚种, 叶片较毛葡萄大, 主要分布与华北、华东北部及陕、鄂等地<sup>[4]</sup>。

酚类物质是葡萄中重要的次生代谢产物, 分为花色苷 (主要为色素) 和非花色苷酚 (无色酚类), 主要存在于

葡萄籽与葡萄皮中, 有资料表明, 红葡萄的果皮中, 酚类物质含量可达 25%~50%, 具有广阔的开发前景<sup>[5-6]</sup>。

液相色谱-质谱联用法和毛细管电泳-电化学检测法可用于酚类物质具体成分分析, 目前主要用高效液相色谱结合紫外或质谱检测器进行测定<sup>[7-8]</sup>。反相高效液相色谱(RP-HPLC)配备二极管阵列检测器(DAD), 具有易操作, 灵敏度高和稳定性好等优点, 而且可以区分结构类似的单一酚类物质, 因此近年来在分析测定果蔬等植物组织中的酚类组分方面得到了较快的发展, 目前已成功应用于苹果、梨、菠萝等多种水果中酚类物质组成

收稿日期: 2010-10-12

基金项目: 国家现代农业(葡萄)产业技术体系项目(nycytx-30)

作者简介: 张明霞(1973—), 女, 副教授, 博士, 研究方向为发酵工艺优化控制。E-mail: zhangmingx@163.com

的分析<sup>[7]</sup>。本实验利用甲醇提取花色苷, 乙酸乙酯提取非花色苷, HPLC-MS 分析提取到的花色苷和非花色苷物质的组成, 对种植资源库保藏的两个野生品种的品质进行评价。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

桑叶葡萄、刺葡萄 2009 年摘自中国农业科学院郑州果树所葡萄种植资源库。

没食子酸、乙酸乙酯、无水乙醇、甲醇(均为分析纯), 甲醇(色谱纯)用于定容多酚浓缩物。花色苷标样二甲花翠素 3,5-二葡萄糖苷 Extrasynthese SA 公司; 儿茶素、槲皮素、没食子酸、咖啡酸和白藜芦醇标样 Sigma-Aldrich 公司。

### 1.2 仪器与设备

RE52-99 旋转蒸发器 上海亚荣生化仪器厂; 722N 型紫外-可见分光光度计 上海精密科学仪器有限公司; 1100 系列 LC/DAD/MSD 液质联用仪、Zorbax SB C<sub>18</sub> 柱(250mm × 4.6mm, 5 μm) Agilent 公司。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 葡萄果实物理指标测定的方法

每个品种的葡萄随机摘取 100 粒果实, 称果实、果皮和果籽的质量, 葡萄果皮用液氮冷冻粉碎, 真空冷冻干燥后低温保藏备用。

#### 1.3.2 葡萄皮花色苷的提取

准确称取 0.5g 冻干的果皮粉, 加入的甲酸-甲醇(1:49, V/V)溶液 10mL, 超声波辅助提取 3min(25℃), 4000r/min 离心 5min, 收集上清液, 残渣中再加入 10mL 提取液, 重复提取 5 次, 真空旋转蒸发仪浓缩提取液(25℃), 色谱纯甲醇定容至 5mL, 置于 -20℃ 冰箱备用, 每个提取做两次重复。

#### 1.3.3 葡萄皮非花色苷的提取

准确称取 2.5g 果皮干粉, 加入的水-乙酸乙酯(1:9, V/V)溶液 25mL, 置于振荡器中 160r/min, 25℃ 萃取 30min, 收集上清液, 残渣中再加入 25mL 提取液, 重复提取 5 次。5 次提取收集的上清液置于 250mL 分液漏斗中静置分层, 下层水相用 25mL 的乙酸乙酯洗涤两次, 合并后的乙酸乙酯提取液利用真空旋转蒸发仪 25℃ 浓缩, 甲醇定容至 2.5mL, 置 -20℃ 冰箱备用。每个提取做两次重复。

#### 1.3.4 HPLC-MS 分析花色苷的条件

实验采用 HPLC-MSD 离子阱液相色谱-质谱联用仪进行标准物质以及实际样品的 LC-UV-MS 分析。色谱柱采用反相的 Zorbax SB C<sub>18</sub> 柱。流动相 A 为 1.0% 的甲酸溶液, 流动相 B 为水-甲醇-甲酸(40:50:10); 洗脱程序:

0~4min, 6%~15% B; 4~13min, 15%~25% B; 13~20min, 25%~50% B; 20~35min, 50%~80% B; 35~40min, 80%~100% B; 40~45min, 100%~6% B; 流速: 1.0mL/min; 柱温: 30℃; 检测波长: 525nm; 进样量: 10 μL。MSD 参数: 离子源为 ESI, 采用正离子模式; 雾化气压力为 30psi; 干燥气流速为 10mL/min; 干燥气温度为 300℃; 离子扫描范围为  $m/z$  100~1500。CID 的 MS/MS 诱导碰撞能量为 1.0V。样品 0.45 μm 膜过滤后直接进样分析, 每样品重复两次。

#### 1.3.5 HPLC-MS 分析非花色苷的条件

仪器配置同 1.3.4 节。色谱柱采用反相的 Zorbax SB C<sub>18</sub> 柱; 流动相 A 为 1.0% 的醋酸溶液, 流动相 B 为 1.0% 醋酸甲醇溶液; 洗脱程序: 0~15min, 10%~26% B; 15~30min, 26%~40% B; 30~50min, 40%~65% B; 50~60min, 65%~95% B; 60~63min, 95%~10% B; 63~66min, 10% B; 流速 1.0mL/min; 柱温 25℃; 检测波长: 280nm; 进样量: 10 μL。MSD 参数: 离子源为 ESI, 采用负离子模式; 雾化气压力为 30psi; 干燥气流速为 10mL/min; 干燥气温度为 325℃; 离子扫描范围为  $m/z$  100~1500。CID 的 MS/MS 诱导碰撞能量为 1.0V。样品 0.45 μm 膜过滤后直接进样分析, 每样品重复两次。

## 2 结果与分析

### 2.1 桑叶葡萄与刺葡萄的理化指标

表 1 桑叶葡萄与刺葡萄理化指标的比较

Table 1 Physico-chemical characteristics of *Vitis ficifolia* Bge and *Vitis davidii* Foex fruits

品种	果质量/ (g/100粒)	皮质量/ (g/100粒)	籽质量/ (g/100粒)	皮质量 分数/%	籽质量分 数/%
桑叶葡萄	44.03	12.30	8.48	27.94	19.26
刺葡萄	262.39	60.62	25.51	23.10	9.72

由表 1 可见, 桑叶葡萄的果粒小, 百粒果实、果皮和果籽的质量明显低于刺葡萄, 但它的果皮和果籽占整果的比例比较大, 而且二者均比刺葡萄的大。

### 2.2 桑叶葡萄与刺葡萄果皮中花色苷组成的分析结果

利用 HPLC-MS 对桑叶葡萄和刺葡萄的果皮甲醇提取液的花色苷类物质组成进行了分析。根据物质的色谱信息、质谱信息和光谱信息, 对化合物进行定性<sup>[9-10]</sup>。利用标准物质建立的 6 个点的标准曲线对定性出的化合物进行定量分析, 结果见表 2。

桑叶葡萄和刺葡萄果皮中共检测出 22 种花色苷, 其中有 2 种单葡萄糖苷的花色苷, 4 种 C<sub>3</sub>,5-双葡萄糖苷的花色苷和 16 种酰化的花色苷(包括 2 种乙酰化葡萄糖苷、

表2 两种葡萄果皮花色苷酚类物质的 HPLC-MS 分析结果  
Table 2 HPLC-MS analysis of anthocyanins in *Vitis ficifolia* Bge and *Vitis davidii* Foex fruit skins

保留时间/min	分子离子(碎片离子)( <i>m/z</i> )	花色苷	含量/(mg/kg)	
			桑叶葡萄	刺葡萄
2.53	627(465, 303)	花翠素 3,5- 二葡萄糖苷	1916.46	—
2.59	641(479, 317)	3'-甲基花翠素 3,5- 二葡萄糖苷	602.63	—
3.58	611(449, 287)	花青素 3,5- 二葡萄糖苷	128.33	—
5.82	655(493, 331)	二甲花翠素 3,5- 二葡萄糖苷	1767.65 <sup>a</sup>	303.70 <sup>b</sup>
7.17	479(317)	3'-甲花翠素葡萄糖苷	58.50	—
8.64	683(521, 317, 479)	3'-甲花翠素 3- 乙酰化葡萄糖苷,5- 葡萄糖苷	65.49	—
9.77	789(627, 303, 465)	花翠素 3- 顺式咖啡酰化葡萄糖-5- 葡萄糖苷	34.33	—
10.41	789(627, 303, 465)	花翠素 3- 反式咖啡酰化葡萄糖-5- 葡萄糖苷	121.10	—
10.84	493(331)	二甲花翠素葡萄糖苷	52.00	—
12.05	507(303)	花翠素 3- 乙酰化葡萄糖苷,5- 葡萄糖苷	48.98 <sup>a</sup>	20.10 <sup>b</sup>
14.00	773(611, 303, 465)	花翠素 3- 顺式香豆酰化葡萄糖苷,5- 葡萄糖苷	78.95	—
15.12	773(611, 303, 465)	花翠素 3- 反式香豆酰化葡萄糖苷,5- 葡萄糖苷	408.46	—
15.64	627(303)	花翠素咖啡酰化葡萄糖苷	21.48	—
18.22	757(595, 287, 449)	花青素 3- 香豆酰化葡萄糖苷,5- 葡萄糖苷	92.16	—
18.65	817(655, 331, 493)	二甲花翠素 3- 反式咖啡酰化葡萄糖苷,5- 葡萄糖苷	—	29.65
18.86	787(625, 317, 479)	3'-甲花翠素 3- 香豆酰化葡萄糖苷,5- 葡萄糖苷	131.68	—
19.90	639(331)	二甲花翠素顺式香豆酰化葡萄糖苷	—	14.86
20.61	611(303)	花翠素香豆酰化葡萄糖苷	73.62	—
22.16	789(627, 303, 465)	花翠素 3- 反式咖啡酰化葡萄糖,5- 葡萄糖苷	136.39	—
22.53	801(639, 331, 493)	二甲花翠素 3- 反式香豆酰化葡萄糖苷,5- 葡萄糖苷	49.94 <sup>b</sup>	207.55 <sup>a</sup>
25.65	625(317)	3'-甲花翠素 3- 香豆酰化葡萄糖	24.56	—
29.52	639(331)	二甲花翠素反式香豆酰化葡萄糖苷	28.78 <sup>a</sup>	22.85 <sup>b</sup>

注：数据为两次提取后测定的平均值，RSD < 10%；“—”表示未检测到；两种葡萄均以鲜果质量计。肩标不同小写字母表示两种葡萄的同种化合物比较有显著性差异。下同。

4 种咖啡酰化葡萄糖苷、10 种香豆酰化葡萄糖苷)。桑叶葡萄果皮中花色苷的种类多，共检测到 20 种，总量约 5841.36mg/kg，主要为花翠素 3,5- 二葡萄糖苷 1916.46mg/kg、二甲花翠素 3,5- 二葡萄糖苷 1767.65mg/kg、3'-甲基花翠素 3,5- 二葡萄糖苷 602.63mg/kg。刺葡萄果皮中检测到 6 种花色苷，总量约 598.71mg/kg，主要为二甲花翠素 3,5- 二葡萄糖苷 303.70mg/kg、二甲花翠素 3- 反式香豆酰化葡萄糖苷,5- 葡萄糖苷 207.55mg/kg。刺葡萄果皮中所含 3 中花色苷酚类物质在桑叶葡萄果皮中均含有。桑叶葡萄和刺葡萄果皮中双葡萄糖苷所占比例分别为 95.5%、95.7%，可见两种葡萄果皮中的花色苷酚类物质主要为双葡萄糖苷。

葡萄中的花色苷，主要存在于红葡萄浆果的表皮层中。葡萄果皮中花色苷的组成主要由基因控制，具有比较强的遗传稳定性，因此花色苷的种类在葡萄种和品种间差异较大。成熟度、季节气候、产区、栽培模式和产量等因素对花色苷的含量有一定的影响<sup>[11-12]</sup>。C3,5- 双葡萄糖苷是美洲种葡萄、河岸葡萄、沙地葡萄、中国野生葡萄等的显著特征。欧亚种葡萄中只含有单葡萄糖苷，不含双葡萄糖苷。由于欧亚种葡萄主要作为酿酒原料，花色苷的组成研究的较为深入。Liang 等<sup>[13]</sup>分析了 110 个葡萄品种的果皮中花色苷，其中中国野生

品种 *V. amurensis* var. *dissecta* 的鲜果皮中花色苷含量最高，达到 2.0g/kg。

2.3 桑叶葡萄与刺葡萄果皮中非花色苷酚类物质组成的分析结果

表3 两种葡萄果皮非花色苷酚类物质的 HPLC-MS 分析结果  
Table 3 HPLC-MS analysis of non-anthocyanins in *Vitis ficifolia* Bge and *Vitis davidii* Foex fruit skins

保留时间/min	分子离子(碎片离子)	化合物	含量/(mg/kg)	
			桑叶葡萄	刺葡萄
0.74	315(153)	原儿茶酸己糖酯	痕量	0.59
0.99	299(137, 179)	对羟基苯甲酸己糖酯	—	痕量
1.65	137	对-羟基苯甲酸	—	0.86
1.18	179; 333(201, 179)	咖啡酸及其衍生物	—	5.21
2.85	355(193)	阿魏酸己糖酯	—	71.55
2.94	325(193); 673(541, 325)	阿魏酸酒石酸酯及其衍生物	—	72.34
2.75	329(167)	香草酸己糖酯	痕量	—
4.21	355(193)	阿魏酸己糖酯	—	12.79
4.62	329(191, 167)	香草酸己糖酯	痕量	—
4.68	325(193)	阿魏酸酒石酸酯	—	5.51
17.00	463(301)	鞣皮素-3-O-半乳糖苷	—	4.55
17.82	477(301)	鞣皮素-3-O-葡萄糖醛酸苷	14.46 <sup>a</sup>	7.38 <sup>b</sup>
18.66	463(301)	鞣皮素-3-O-葡萄糖苷	9.02 <sup>b</sup>	14.36 <sup>a</sup>
19.04	609(301)	鞣皮素-3-O-芸香糖苷	—	1.60
22.68	227	反式-白藜芦醇	—	3.30
24.60	447(301)	鞣皮素-3-O-鼠李糖苷	18.82 <sup>a</sup>	45.36 <sup>b</sup>
29.17	507(345)	丁香亭-3-O-葡萄糖苷	—	9.02

利用 HPLC-MS 对两种葡萄果皮乙酸乙酯提取液的非花色苷酚类物质组成进行了定性定量分析, 结果见表 3。桑叶葡萄和刺葡萄果皮中共检测到 17 种非花色苷酚类物质。桑叶葡萄果皮中检测出的 6 种非花色苷酚类物质中, 主要为槲皮素-*O*-鼠李糖苷 18.82mg/kg, 斛皮素-3-*O*-葡萄糖醛酸苷 14.46mg/kg 和槲皮素-3-*O*-葡萄糖苷 9.02mg/kg, 另外 3 种含量非常低。刺葡萄果皮中检测出 15 种非花色苷酚类物质, 主要为阿魏酸酒石酸酯及其衍生物 72.34mg/kg, 阿魏酸己糖酯 71.55mg/kg, 槲皮素-*O*-鼠李糖苷 45.36mg/kg。斛皮素-3-*O*-葡萄糖醛酸苷、槲皮素-3-*O*-葡萄糖苷和槲皮素-*O*-鼠李糖苷在两种葡萄果皮中均含有, 但刺葡萄果皮中非花色苷酚类物质的种类和含量均比桑叶葡萄的多。

两种野生葡萄果实皮中的非花色苷酚主要由酚酸和黄酮醇两类组成。酚酸属于小分子化合物主要存在于葡萄细胞的液泡中, 含量比较高的是羟基肉桂酸类的咖啡酸、阿魏酸、咖啡酰酒石酸酯等<sup>[14]</sup>。黄酮醇分布在葡萄果皮中, 在葡萄多酚含量上占较大比例。两种野生葡萄中检测到的黄酮醇主要为 3 位上连接有不同糖苷的槲皮素。Jin 等<sup>[14]</sup>分析的 9 种酿酒葡萄(干质量计)黄酮醇的量为 90~1500mg/kg, 桑叶葡萄和刺葡萄(干质量计)的大约为 130 和 310mg/kg, 与酿酒品种差别不大, 尤其是桑叶葡萄具有丰富的花色苷资源, 因此两种野生葡萄也考虑作为酿酒原料<sup>[15-16]</sup>。

### 3 结 论

桑叶葡萄和刺葡萄鲜果皮中酚类物质的组成存在明显的差异, 桑叶葡萄中花色苷的种类和含量均比桑叶葡萄中的多(均以鲜果皮质量计), 桑叶葡萄种花色苷的种类为 20 种, 总量为 5720.36mg/kg, 而刺葡萄为 6 种, 534.09mg/kg, 桑叶葡萄果皮中的主要花色苷为花翠素 3,5-二葡萄糖苷和二甲花翠素 3,5-二葡萄糖苷, 刺葡萄果皮的主要花色苷是二甲花翠素 3,5-二葡萄糖苷和二甲花翠素 3-反式香豆酰化葡萄糖苷,5-葡萄糖苷。

刺葡萄果皮中非花色苷酚的组成比桑叶葡萄果皮的复杂, 其中刺葡萄果皮中检测出非花色苷酚 15 种, 总

量为 254.42mg/kg, 桑叶葡萄的共检测出非花色苷 6 种, 总量为 42.30mg/kg。

### 参考文献:

- [1] MULLIS M G, BOUQUET A, WILLIAM L. Biology of grapevine[M]. New York: Cambridge University Press, 1992.
- [2] 王西锐, 王华, 阮仕立. 野生葡萄种质资源及其利用研究进展[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2001(2): 24-26.
- [3] 阮仕立, 李记明. 野生葡萄种质资源的抗性及其利用研究进展[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2002(4): 30-33.
- [4] 孔庆山. 中国葡萄志[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2004.
- [5] 吴丹, 陈健初. 葡萄多酚的应用研究进展[J]. 粮油加工与食品机械, 2003(5): 57-59.
- [6] 刘文忠, 奚得智, 刘欠欠, 等. 葡萄多酚的保健作用及其在酿造葡萄酒成熟度判定中的应用[J]. 中国酿造, 2008, 198(1): 1-6.
- [7] LIN Longze, HARNLY J M. A screening method for the identification of glycosylated flavonoids and other phenolic compounds using a standard analytical approach for all plant materials[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2007, 55(4): 1084-1096.
- [8] ROBARDS K, ANTOLOVICH M. Analytical chemistry of fruit bioflavonoids a review[J]. Analyst, 1997, 122(2): 11-34.
- [9] HE Fei, HE Jianjun, PAN Qihong, et al. Mass-spectrometry evidence confirming the presence of pelargonidin-3-*O*-glucoside in the berry skins of Cabernet Sauvignon and Pinot Noir (*Vitis vinifera* L.)[J]. Australian Journal of Grape and Wine Research, 2010, 16(3): 464-468.
- [10] REVILLA I, PEREZ-MAGARIÑO S, GONZALEZ-SANJOSE M L, et al. Identification of anthocyanin derivatives in grape skin extracts and red wines by liquid chromatography with diode array and mass spectrometric detection[J]. Journal of Chromatography A, 1999, 847(1/2): 83-90.
- [11] KOZMINSKI P, OLIVEIRA-BRETT M. Anthocyanin monitoring in four red grape skin extract varieties using RP-HPLC-ED[J]. Analytical Letters, 2008, 41(4): 662-675.
- [12] KELLER M, HRAZDINA G. Interaction of nitrogen availability during bloom and light intensity during verason. II. Effects on anthocyanin and phenolic development during grape ripening [J]. American Journal of Enology and Viticulture, 1998, 49(3): 341-348.
- [13] LIANG Zhenchang, WU Benhong, FAN Peige, et al. Anthocyanin composition and content in grape berry skin in *Vitis germplasm*[J]. Food Chemistry, 2008, 111(4): 837-844.
- [14] JIN Zanmin, HE Jianjun, BI Heqiong, et al. Phenolic compound profiles in berry skins from nine red wine grape cultivars in northwest China[J]. Molecules, 2009, 14(12): 4922-4935.
- [15] 于庆泉. 蛇龙珠红葡萄酒酿造过程中花色苷的变化规律研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2005.
- [16] 于贞, 赵光鳌, 李记明. 葡萄皮中的酚类物质对葡萄酒中酚含量的影响[J]. 酿酒科技, 2010, 190(4): 46-51.