

doi:10.11937/bfyy.20171507

鲜食葡萄品种多酚类物质含量及 抗氧化活性分析

李小娟, 聂钰洪, 刘琦琦, 支欢欢

(郑州轻工业学院 食品与生物工程学院, 河南 郑州 450002)

摘要:以 6 个主要鲜食葡萄品种为试材, 利用比色和荧光分光光度法测定葡萄的果皮、果肉、种子和果梗中花青素、总酚和总黄酮含量, 分析了清除氧自由基(ORAC)、1,1-二苯基-2-三硝基苯肼自由基(DPPH·)和铁离子还原(FRAP)能力与多酚类物质之间的相关性。结果表明:葡萄品种多酚类物质主要以黄酮类化合物为主, 其中花青素在果皮以及总酚和总黄酮在种子和果梗中含量较高, 但多酚类物质在果肉中最低。葡萄品种‘夏黑’果皮中花青素、总酚和总黄酮含量均高于其它葡萄品种。以‘巨玫’果皮和果肉花青素、总酚和总黄酮含量最高, 但‘青提’果皮和果肉中花青素、总酚和总黄酮含量均低于其它葡萄品种。通过分析各葡萄品种抗氧化活性与多酚类物质之间的关系发现, 果皮中 FRAP 和 ORAC 清除率以及种子和果梗中 DPPH·清除率与花青素、总酚及总黄酮之间均呈显著性正相关, 且多酚类物质含量较高说明其抗氧化活性较强。

关键词:鲜食葡萄; 多酚类物质; 抗氧化活性

中图分类号:S 663.101 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)21-0037-06

葡萄(*Vitis vinifera* L.)属葡萄属一年生浆果类植株, 我国 80% 以上的栽培葡萄用于鲜食, 长期食用可美容养颜、延缓衰老以及预防心脑血管等疾病^[1-2]。研究发现, 葡萄次生代谢产物多酚类物质, 如花色苷、白藜芦醇、黄铜醇等是天然的抗氧化剂^[3], 具有抗氧化活性, 能够有效地清除人体内积累的自由基, 减弱机体氧化损伤, 提高人体各项免疫力^[4-5]。随着人们对葡萄药用和营养价值方面认识的日益增加, 开发利用葡萄中多酚类物质成为研究热点。

葡萄果实中多酚类物质主要分布在果皮和种子中, 果肉中分布较少, 且多酚类物质种类在不同部位差异较大^[6-8]。普燕等^[9]分析 4 种葡萄 3 种提取液中抗氧化活性, 发现各提取液中均含有大量的黄酮类和酚类等物质, 具有较强的体外抗氧化活性。唐传核等^[10]对葡萄中多酚类物质进行系统分类, 发现葡萄中多酚类物质主要以黄酮型多酚类为主, 包括儿茶酚、单宁、黄酮、黄酮醇以及花色苷等, 其含量和分布与其抗氧化活性具有密切关系^[11]。因此, 研究鲜食葡萄果实中多酚物质含量及其在不同组织中的分布, 对科学评价鲜食葡萄品质具有重要的理论与实际意义。

该试验以 6 个主要鲜食葡萄品种为试材, 主要测定其果皮、果肉、种子和果梗中花青素、总酚和总黄酮含量, 并分析上述部位中清除氧自由基(ORAC)、1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(DPPH·)以及铁离子还原(FRAP)能力, 利用统计学针对多酚类物质和抗氧化活性进行相关性分析, 以确定多酚类物质含量较高和高抗氧化活性能力较强

第一作者简介:李小娟(1987-), 女, 硕士, 助理实验师, 研究方向为食品科学与工程。E-mail:lxj126comcn@126.com

责任作者:支欢欢(1982-), 女, 博士, 讲师, 研究方向为果蔬贮藏与加工。E-mail:zhihuanhuan163@163.com

基金项目:国家自然科学基金资助项目(31501539); 郑州轻工业学院博士科研启动基金资助项目(2014BSJJ028; 2014BSJJ027)。

收稿日期:2017-07-10

的鲜食葡萄品种。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为‘巨峰’(‘Kyoho’)、‘巨玫’(‘Jumei’)、‘香悦’(‘Xiangyue’)、‘红提’(‘Red Globe’)、‘夏黑’(‘Summer Black’)和‘青提’(‘Thompson’),均采自河南省郑州市侯寨葡萄种植园。其中,‘巨峰’‘巨玫’‘香悦’和‘红提’均为红色葡萄果实,‘夏黑’为黑色且无核葡萄果实,‘青提’为绿色葡萄果实。

供试仪器为 HC-3618R 高速冷冻离心机(安徽中科中佳科学仪器有限公司);T6 紫外/可见分光光度计(北京普析通用仪器有限责任公司);F-7000 荧光分光光度计(日本 Hitachi 公司)。

1.2 试验方法

在葡萄采收期,选取成熟度、大小一致、无明显病虫害和机械损伤的果实。每个葡萄品种随机选取 30 个果穗,10 个果穗为 1 个重复,将果穗根据果皮、果肉、种子和果梗分剪于保鲜袋中,用液氮冻存于 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 保存。

1.3 项目测定

1.3.1 花青素含量的测定

采用 FULEKI 等^[12]的方法测定花青素含量。取各品种不同部位样品 0.5 g 加入 5 mL 甲醇含有 1% (v/v) HCl,匀浆后于 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 黑暗条件下放置 24 h, $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下 $10\,000\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ 离心 20 min,在 530、620、650 nm 处测定清液的吸光度值,根据公式 $((OD_{530} - OD_{620}) - 0.1 \times (OD_{650} - OD_{620}))/46\,200$ 计算,表示为 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

1.3.2 总酚、总黄酮和抗氧化活性提取液的制备

取各品种不同部位样品 1 g 加入 5 mL 乙醇:丙酮(7:3, v/v)溶液,匀浆后于 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下 $10\,000\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ 离心 20 min,收集上清液于 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 贮藏备用。

1.3.3 总酚含量的测定

采用 Folin-Ciocalteu 法^[13]测定总酚含量。取 0.4 mL 提取液与 $0.25\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ Folin-Ciocalteu 和 $1.0\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{Na}_2\text{CO}_3$ 反应,室温黑暗条件下孵育 2 h 后,测定 765 nm 处吸光度值,根据没食子酸标准曲线计算总酚含量,表示为 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

1.3.4 总黄酮含量的测定

采用氯化铝比色法^[13]测定总黄酮含量。取 1.0 mL 提取液与 30%乙醇、 $0.5\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{NaNO}_2$ 、 $0.3\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{AlCl}_3\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 以及 $1.0\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{NaOH}$ 反应,测定 506 nm 处吸光度值,根据芦丁标准曲线计算总酚含量,表示为 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

1.3.5 ORAC 氧自由基清除能力的测定

采用 THAIPONG 等^[14]改良法测定 ORAC 氧自由基清除能力。25 μL 提取液与 $75\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 磷酸缓冲溶液(pH 7.5), $63\text{ nmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 荧光素和 $6\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 2,2'-偶氮二(2-脒基丙烷)二盐酸盐反应,在 $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下以激发波长 485 nm,发射波长 520 nm 进行测定荧光强度,根据水溶性维生素 E 标准曲线计算 ORAC 氧自由基清除能力,表示为 $\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}$ 。

1.3.6 DPPH·清除能力的测定

采用 DU 等^[13]方法测定 DPPH·清除能力。25 μL 提取液与 $62.5\text{ }\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 1,1-二苯基-2-三硝基苯肼反应, $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下孵育 30 min 后,测定 517 nm 处吸光度值,根据水溶性维生素 E 计算 DPPH·清除能力,表示为 $\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}$ 。

1.3.7 FRAP 铁离子还原能力的测定

采用 DU 等^[13]的方法测定 FRAP 铁离子还原能力。75 μL 提取液与 $250\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 醋酸溶液(含有 2.6 g 乙酸钠和 13.3 mL 乙酸), $8.3\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 2,4,6-三吡啶基三嗪, $16.7\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 六水合三氯化铁反应, $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下孵育 10 min 后,测定 593 nm 处吸光度值,根据水溶性维生素 E 计算 FRAP 铁离子还原能力,表示为 $\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}$ 。

1.4 数据分析

采用 DPS 数据处理软件进行显著性检验及相关性比较分析并作图。

2 结果与分析

2.1 鲜食葡萄品种不同部位酚类物质含量比较

鲜食葡萄中多酚类物质含量是决定其品质的重要指标,其中黄酮类在葡萄中含量较高。由表 1 可知,6 个葡萄品种不同部位多酚类物质含量依次为总黄酮>总酚>花青素,这与前人研究结果一致^[10,15]。其中,花青素主要分布在果皮中,‘夏

黑'葡萄果皮和果肉中花青素含量均显著高于其它 5 个品种($P < 0.05$),果梗中花青素含量仅低于'巨玫'葡萄,与'香悦'葡萄之间无显著差异。除'夏黑'葡萄具有较高花青素外,'巨玫'葡萄的果皮和果肉中也积累着大量的花青素,尤其在种子和果梗中其花青素含量显著高于其它葡萄品种($P < 0.05$),但'青提'花青素含量均低于其它葡萄品种。总酚主要分布在种子中,果梗和果皮中次之,果肉中含量最少,且不同品种之间总酚分布差异较大。红色葡萄果实品种中,'巨玫'和'香悦'葡萄果皮和果肉中总酚含量均显著高于'巨峰'和'红提',但在果梗中'巨峰'和'红提'葡萄总酚含量显著高于'巨玫'和'香悦'葡萄($P < 0.05$)。'夏黑'葡萄果皮中积累了大量的总酚,果梗中次之,果肉中最少。'青提'葡萄果梗中总酚含量最高,种子中次之,果皮和果肉中较少,但其含量仅高于'红提'葡萄。总黄酮化合物属于葡萄中重要的多酚类物质,具有很强的自由基清除能力^[10]。总黄酮在各葡萄品种中的分布与总酚相似,主要分布在种子和果梗中,果皮中次之,果肉中最少。其中'红提'葡萄果梗中总黄酮含量最高,为 $1\,754\text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,但在其它部位如果皮、果肉和种子中总黄酮含量显著低于其它葡萄品种($P < 0.05$)。同样,'巨峰'、'巨玫'、'香悦'和'青提'葡萄种子和果梗中积累着大量总黄酮,果皮和果肉中分布较低。'夏黑'无籽葡萄果梗中总黄酮含量仅低于'红提',且果皮和果肉中总黄酮含量显著高于其它葡萄品种($P < 0.05$)。

2.2 鲜食葡萄品种不同部位抗氧化活性比较

葡萄提取的抗氧化成分不仅抑制蛋白质及脂质的氧化,还能抑制抗氧化酶系统调节表达、阻止低密度脂蛋白固醇氧化,还具有较强的清除自由基能力,如超氧阴离子(O_2^-)、过氧化氢(H_2O_2)、羟基自由基($\cdot\text{OH}$)等^[9,16]。由表 2 可知,不同葡萄品种间抗氧化活性依次 $\text{ORAC} > \text{DPPH} \cdot > \text{FRAP}$,其中种子和果梗中抗氧化活性均高于果皮和果肉组织,而果实中果皮抗氧化活性高于果肉,且不同品种之间也有差异。果皮中,'红提'葡萄 $\text{DPPH} \cdot$ 清除率最高,'夏黑'葡萄 $\text{DPPH} \cdot$ 清除率最低,其它品种之间无显著性差异。'夏黑'葡萄 FRAP 和 ORAC 抗氧化活性显著高于其它 4 个品种。相比 $\text{DPPH} \cdot$ 和 FRAP 抗氧化分析,果皮中

ORAC 更能清楚地反映不同葡萄品种间抗氧化活性的区别。果肉中,'巨玫'葡萄 ORAC 氧自由基清除和 $\text{DPPH} \cdot$ 清除率显著高于'巨峰'、'香悦'、'红提'和'青提',但这 4 个品种之间无显著差异($P > 0.05$)。'夏黑'葡萄 $\text{DPPH} \cdot$ 清除率和 FRAP 铁离子还原能力同样高于上述 4 个葡萄品种。种子中,'香悦'葡萄 ORAC 、 FRAP 抗氧化活性均显著高于其它葡萄品种($P < 0.05$),其中 ORAC 氧自由基清除依次为'香悦'>'青提'>'巨玫'>'巨峰'>'红提'; $\text{DPPH} \cdot$ 清除率中'香悦'和'巨玫'葡萄抗氧化活性最高,'巨峰'和'青提'葡萄次之,'红提'葡萄最低;而 FRAP 铁离子还原能力依次为'香悦'>'巨玫'>'红提'>'巨峰'>'青提'。果梗中,'红提'葡萄 ORAC 、 $\text{DPPH} \cdot$ 和 FRAP 抗氧化活性均显著高于其它葡萄品种,'青提'葡萄次之,而'巨峰'、'巨玫'、'香悦'和'夏黑'葡萄抗氧化活性最低,且无显著性差异($P > 0.05$)。

2.3 鲜食葡萄品种不同部位酚类物质与抗氧化活性相关性分析

由表 3 可知,果皮中,花青素、总酚和总黄酮与 ORAC 和 FRAP 之间呈显著正相关($P < 0.05$),其中多酚类物质与 FRAP 呈极显著正相关($P < 0.01$),但多酚类物质与 $\text{DPPH} \cdot$ 清除率之间呈显著性负相关($P < 0.05$),且多酚类物质与抗氧化活性的相关系数依次为 $\text{FRAP} > \text{ORAC} > \text{DPPH} \cdot$ 。果肉中,花青素与 $\text{DPPH} \cdot$ 和 FRAP 、总酚与 ORAC 、总黄酮与 $\text{DPPH} \cdot$ 间呈极显著正相关($P < 0.01$),且相关系数依次为 $\text{DPPH} \cdot > \text{FRAP} > \text{ORAC}$ 。种子中,多酚类物质与 $\text{DPPH} \cdot$ 呈显著正相关($P < 0.05$),但与 ORAC 之间无相关性,花青素和总酚与 FRAP 、 $\text{DPPH} \cdot$ 之间呈极显著正相关($P < 0.01$),但总黄酮与 FRAP 之间无相关性,且相关系数依次为 $\text{DPPH} \cdot > \text{FRAP} > \text{ORAC}$ 。果梗中,花青素与 ORAC 、 $\text{DPPH} \cdot$ 以及 FRAP 之间呈显著负相关($P < 0.05$),除总酚与 ORAC 无显著相关性外,总酚与 $\text{DPPH} \cdot$ 和 FRAP 以及总黄酮与 3 种抗氧化活性之间呈显著正相关($P < 0.05$),且相关系数大小表现为 $\text{FRAP} > \text{ORAC} > \text{DPPH} \cdot$ 。

3 结论

该研究结果表明,不同葡萄品种间多酚类物

表 1
鲜食葡萄品种不同部位多酚类物质含量比较

Compared with phenolic compounds from different parts of fresh grape cultivars														mg • kg ⁻¹		
品种 Variety	果皮 Peel				果肉 Pulp				种子 Seed				果梗 Stem			
	花青素含量		总黄酮含量	花青素含量	总黄酮含量		花青素含量	总黄酮含量	花青素含量	总黄酮含量	总黄酮含量		花青素含量	总黄酮含量		
	Anthocyanin	Total phenol	Total flavonoids	Anthocyanin	Total phenol	Total flavonoids	Anthocyanin	Total phenol	Total flavonoids	Anthocyanin	Total phenol	Total flavonoids	Anthocyanin	Total phenol		
‘巨峰’ ‘Kyoho’	135.56±7.36e	457.67±28.66c	832.25±66.30bc	0.39±0.02c	254.17±23.76c	247.52±33.61c	20.98±1.72c	719.14±19.87b	1327.76±48.93b	15.61±2.23c	577.84±39.79ab	1496.55±5.52b				
‘巨玫’ ‘Jumei’	342.96±10.22b	533.15±14.38b	892.53±87.13b	1.51±0.13b	422.64±16.60a	300.56±12.53b	43.72±0.73a	656.94±40.11c	1503.79±75.20a	28.16±5.30a	470.95±36.70c	1196.35±39.01c				
‘香悦’ ‘Xiangyue’	276.06±9.35d	432.31±15.41c	793.67±49.90c	0.61±0.03c	299.46±34.99b	312.62±16.31b	28.86±1.75b	796.44±32.93a	1253.01±67.21b	22.98±0.37b	479.41±27.13c	857.57±40.76d				
‘红提’ ‘Red Globe’	320.22±11.75c	350.18±20.89e	415.10±33.61e	0.77±0.05c	234.24±10.09c	148.65±3.62d	22.75±0.33c	473.37±34.42d	790.05±37.12c	14.08±1.13c	576.03±10.61bc	1754.56±47.30a				
‘夏黑’																
‘Summer Black’	675.56±14.26a	616.49±23.69a	1204.79±26.08a	6.93±0.09a	194.38±9.59d	393.40±8.35a	—	—	—	23.05±2.17b	532.55±61.63b	1476.06±47.30b				
‘青提’ ‘Thompson’	18.52±0.96f	397.28±8.30d	575.45±29.61d	0.24±0.03c	249.94±9.98c	227.02±11.05c	11.19±0.23d	501.15±1.05d	1582.15±22.10a	13.25±1.41c	616.49±39.23a	1204.79±26.08c				

注:同列内不同小写字母表示在 $P<0.05$ 水平差异显著。下同。
Note: Different lowercase letters in the same column mean significant difference at $P<0.05$ level. The same below.

表 2
鲜食葡萄品种不同部位抗氧化活性比较

Compositional changes in antioxidant capacity from different parts of fresh grape cultivars														μmol • g ⁻¹
品种 Variety	果皮 Peel			果肉 Pulp			种子 Seed			果梗 Stem				
	ORAC	DPPH•	FRAP	ORAC	DPPH•	FRAP	ORAC	DPPH•	FRAP	ORAC	DPPH•	FRAP		
‘巨峰’ ‘Kyoho’	32.91±1.86c	15.08±0.57b	7.03±0.12b	1.14±0.77b	0.12±0.01b	0.16±0.01c	149.04±0.00d	20.48±8.79b	24.50±1.41d	99.01±0.00c	26.27±1.34c	17.23±1.95c		
‘巨玫’ ‘Jumei’	38.62±3.54b	13.97±0.16b	5.38±0.29c	12.09±1.83a	0.79±0.02a	0.31±0.04b	191.90±2.77c	43.23±5.25a	43.84±1.66b	99.99±4.33c	24.41±1.91c	14.45±1.41c		
‘香悦’ ‘Xiangyue’	46.48±3.09a	14.80±0.95b	6.13±0.46b	1.44±0.12b	0.13±0.00b	0.15±0.00d	407.16±1.39a	41.15±0.49a	59.20±7.78a	113.83±9.35b	28.96±2.29c	13.25±0.73c		
‘红提’ ‘Red Globe’	39.26±1.78b	16.72±0.19a	3.99±0.52c	1.61±0.27b	0.03±0.00b	0.23±0.01c	106.18±2.77e	11.91±1.75c	33.65±2.31c	168.35±2.86a	52.52±2.85a	44.25±3.25a		
‘夏黑’ ‘Summer Black’	46.95±0.24a	12.22±0.70c	10.58±0.86a	1.74±0.08b	0.82±0.00a	0.39±0.01a	—	—	—	119.46±0.00b	27.19±1.71c	14.72±3.70c		
‘青提’ ‘Thompson’	18.54±0.88d	14.26±0.60b	4.83±0.37d	1.69±0.00b	0.09±0.00b	0.28±0.03b	324.63±14.63b	20.29±1.11b	10.44±1.85e	126.56±4.33b	39.66±2.11b	28.14±6.10b		

表 3
鲜食葡萄果实中酚类物质含量与抗氧化活性的关系

	Relationship between the phenolic compounds and antioxidant capacity in six fresh grape cultivars														
	果皮 Peel				果肉 Pulp				种子 Seed				果梗 Stem		
	DPPH •		FRAP	ORAC	DPPH •		FRAP	ORAC	DPPH •		FRAP	ORAC	DPPH •		FRAP
	ORAC				ORAC				ORAC				ORAC		
花青素 Anthocyanin	0.807 **	—0.527 *	0.698 **	—0.018	0.753 **	0.777 **	—0.124	0.762 **	0.724 **	—0.542 *	—0.698 **	—0.711 **			
总酚 Total phenol	0.459 *	—0.892 **	0.845 **	0.892 **	0.315	—0.105	0.406	0.700 **	0.649 **	0.429	0.577 *	0.618 **			
总黄酮 Total flavonoids	0.507 *	—0.873 **	0.910 **	0.178	0.757 **	0.464	0.460	0.479 *	—0.256	0.546 *	0.502 *	0.630 **			

注: * 表示为 0.05 的显著水平, ** 表示为 0.01 的显著水平。
Note: * shows significant difference at 0.05 level. ** shows significant difference at 0.01 level.

质主要以黄酮类化合物为主,分析不同部位间多酚类物质含量发现花青素主要分布在果皮中,总酚和总黄酮主要分布在种子和果梗中,且多酚类物质在果肉中含量最低。‘夏黑’葡萄果皮中花青素、总酚和总黄酮含量均高于其它葡萄品种。红色葡萄果实中以‘巨玫’果皮和果肉花青素、总酚和总黄酮含量最高。‘青提’葡萄果皮和果肉中花青素、总酚和总黄酮含量低于其它葡萄品种。葡萄果皮中FRAP和ORAC清除率、种子和果梗中DPPH·清除率和其花青素、总酚以及总黄酮之间均为显著正相关,多酚类物质含量较高其抗氧化活性较强,表明葡萄中抗氧化活性高低与果实多酚类物质之间具有直接关系。

参考文献

- [1] PEZZUTO J. Grapes and human health: A perspective[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2008, 56(16): 6777-6784.
- [2] 张演义, 宋长年, 房经贵, 等. 鲜食葡萄品种资源果实性状分析及育种目标的制定[J]. 浙江农业学报, 2012, 24(4): 567-573.
- [3] 徐洪宇, 张京芳, 成冰, 等. 26种酿酒葡萄中抗氧化物质含量测定及品种分类[J]. 中国食品学报, 2016, 16(2): 233-241.
- [4] WANG S, MATEOS R, GOYA L, et al. A phenolic extract from grape by-products and its main hydroxybenzoic acids protect Caco-2 cells against pro-oxidant induced toxicity[J]. Food and Chemical Toxicology, 2016, 88: 65-74.
- [5] TOALDO I, CRUZ F, ALVES T, et al. Bioactive potential of *Vitis labrusca* L. grape juices from the southern region of Brazil: Phenolic and elemental composition and effect on lipid peroxidation in healthy subjects[J]. Food Chemistry, 2015, 173: 527-535.
- [6] JAYAPRAKASHA G, SINGH R, SAKARIAH K. Antioxidant activity of grape seed (*Vitis vinifera*) extracts on peroxidation models *in vitro*[J]. Food Chemistry, 2001, 73(3): 285-290.
- [7] KATALINIĆ V, MOŽINA S, SKROZA D, et al. Polyphenolic profile, antioxidant properties and antimicrobial activity of grape skin extracts of 14 *Vitis vinifera* varieties grown in Dalmatia (Croatia)[J]. Food Chemistry, 2010, 119(2): 715-723.
- [8] SOUQUET J, LABARBE B, CHEYNIER V, et al. Phenolic composition of grape stems[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2000, 48(4): 1076-1080.
- [9] 普燕, 敬思群, 马泽鑫. 4种葡萄抗氧化活性比较[J]. 食品科学, 2013, 34(3): 109-114.
- [10] 唐传核, 彭志英. 葡萄多酚类化合物以及生理功能[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2000(2): 12-15.
- [11] 陈月英, 王彦平, 孙瑞琳, 等. 葡萄皮渣原花青素微波辅助提取工艺的优化及其抗氧化活性研究[J]. 北方园艺, 2016(11): 123-126.
- [12] FULEKI T, FRANCIS F. Quantitative methods for anthocyanins[J]. Journal of Food Science, 1968, 33(3): 266-274.
- [13] DU G, LI M, MA F, et al. Antioxidant capacity and the relationship with polyphenol and vitamin C in *Actinidia* fruits[J]. Food Chemistry, 2009, 113(2): 557-562.
- [14] THAIPONG K, BOONPRAKOB U, CROSBY K, et al. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2006, 19(6-7): 669-675.
- [15] RODRIGUEZ M, ROMERO P, VOZMEDIANO J, et al. Phenolic compounds in skins and seeds of ten grape *Vitis vinifera* varieties grown in a warm climate[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2006, 19(6-7): 687-693.
- [16] 谭伟, 唐晓萍, 董志刚, 等. 不同果皮颜色酿酒葡萄品种果实不同部位酚类物质含量比较及抗氧化能力分析[J]. 中国农学通报, 2015, 31(28): 252-258.

Compositional Changes in Phenolic Compounds and Antioxidant Capacity From Different Fresh Grape Cultivars

LI Xiaojuan, NIE Yuhong, LIU Qiqi, ZHI Huanhuan

(College of Food and Bioengineering, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou, Henan 450002)

Abstract: Six main fresh grape cultivars were used as experimental materials. The contents of anthocyanin, total phenol, and total flavonoids in the peel, pulp, seed and stem of grape were determined by using the colorimetric and fluorescence spectrophotometric methods. The relationships among the phenolic compounds, ORAC, DPPH· capacity, and FRAP were investigated. The results showed that the phenolic compounds in the grape cultivars were mainly flavonoids. The content of anthocyanins was higher in peel tissue, and total phenol and total flavonoids contents were higher in the grape seed and stem, but lower in the pulp tissue. The contents of anthocyanins, total phenol, and total flavonoids in the peel tissue of ‘Summer Black’ were higher than other grapes. The content of

doi:10.11937/bfyy.20171387

套袋对五个新疆野苹果优系果实品质的影响

于立洋^{1,2}, 左力辉^{1,2}, 徐卫华³, 孟庆新⁴, 张军^{1,2}

(1. 河北农业大学 林学院, 河北 保定 071000; 2. 河北省林木种质资源与森林保护重点实验室, 河北 保定 071000;
3. 乐亭县农牧局, 河北 唐山 063600; 4. 滦南县林业局, 河北 唐山 063500)

摘要:以5个新疆野苹果优系为试材,研究套袋对新疆野苹果果实部分品质指标的影响。结果表明:未套袋处理和套袋处理下,5个新疆野苹果优系单果质量、可溶性固形物含量、酸度、果形指数等均有显著性差异,套袋果实较未套袋果实在单果质量、可溶性固形物含量、酸度有降低趋势,部分优系达到显著性差异($P < 0.05$),套袋果实与未套袋果实间果形指数没有显著性差异;套袋对5个新疆野苹果优系果实香气成分的影响不一致,优系 M-1、M-2、M-5 的醛类和酸类的相对含量降低,醇类和酯类的相对含量升高,优系 M-3 和 M-4 的醛类和酸类相对含量升高,酯类相对含量降低,优系 M-3 醇类相对含量降低, M-4 醇类的相对含量升高;套袋对5个新疆野苹果优系果实香气成分的多样性影响不一致,其中套袋使香气成分的丰富度均降低,优系 M-3 和 M-4 香气成分的多样性指数和均匀度指数均没有明显变化,而优系 M-1、M-2、M-5 多样性指数和均匀度指数变化较大,表现为优系 M-1 的多样性指数和均匀度指数降低,优系 M-2 和 M-5 的多样性指数和均匀度指数升高。

关键词:新疆野苹果;套袋;果实品质

中图分类号:S 661.105⁺.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)21-0042-08

苹果属(*Malus* Mill.)种质资源丰富,包括大量的野生种、半野生种及栽培品种^[1-2]。作为世界

苹果属植物重要的起源中心,我国苹果属植物野生种种质资源丰富,起源于我国的苹果属植物野生种有 21 个^[3-5],其中新疆野苹果属第三纪孑遗物种,是现代栽培苹果的祖先种^[6-8],是珍贵的种质资源。新疆野苹果长期以来是实生繁殖,变异类型丰富,并且新疆地区的地理和气候环境存在巨大差异,新疆野苹果出现了不同株形、果形、果色、成熟期和不同风味的多样生态型,遗传变异丰富^[9]。新疆野苹果的果实存在着丰富的遗传变

第一作者简介:于立洋(1991-),男,硕士研究生,研究方向为林木遗传育种。E-mail:yuliyangyouxiang@163.com.

责任作者:张军(1979-),男,博士,讲师,硕士生导师,现主要从事林木遗传育种等研究工作。E-mail:zhangjunem@126.com.

基金项目:国家林业局科技发展中心资助项目(XPC-201505)。

收稿日期:2017-07-18

total anthocyanins, total phenol, and flavonoids were the higher in the peel and pulp tissue of 'Jumei' than other red grapes. And, the contents of anthocyanins, total phenol, and total flavonoids in the peel and pulp tissue of 'Thompson' were lower than other grapes. By analysis of the correlation between the phenolic compounds and antioxidant capacity in grape cultivars, there were significant positive correlations among the anthocyanins, total phenol, total flavonoids, FRAP, and ORAC in the peel tissue, and positive correlations were found between the phenolic compounds and DPPH · in seed and stem tissue, which the higher phenolic compounds along with higher antioxidant activity.

Keywords: fresh grape; phenolic compounds; antioxidant capacity