

网络出版日期:2017-08-18
网络出版地址:http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1220.S.20170818.0939.028.html

膨大处理对鲜食葡萄酚类物质及抗氧化活性的影响

张梦莹,刘金串,屠婷瑶,房玉林
(西北农林科技大学 葡萄酒学院,陕西杨凌 712100)

摘 要 研究膨大处理对‘无核白’(Thompson Seedless)‘维多利亚’(Victoria)‘奥古斯特’(August)3种鲜食葡萄品种酚类物质及抗氧化活性的影响。将奇宝和益果灵按体积比1:1混合后,稀释10 000倍,对葡萄浸穗处理1次,定期采样,分别测定3种鲜食葡萄处理组 and 对照组的总酚、总黄酮、总黄烷醇以及铜离子还原力、铁氰化钾还原力、金属螯合力、DPPH·清除力和羟自由基清除力。结果表明,膨大处理可减少‘无核白’葡萄果实酚类物质质量分数并减弱其抗氧化活性;可增加‘奥古斯特’葡萄果实酚类物质质量分数并增强其抗氧化活性;可减少‘维多利亚’葡萄果实酚类物质质量分数并减弱铜离子还原力、铁氰化钾还原力、DPPH·清除力,但会使金属螯合力、羟自由基清除力增强。

关键词 鲜食葡萄;膨大处理;酚类物质;抗氧化活性

中图分类号 S663.1 **文献标志码** A **文章编号** 1004-1389(2017)08-1212-11

中国是世界上鲜食葡萄第一生产大国,80%的栽培葡萄用于鲜食。‘无核白’葡萄,欧亚种,是美国加州大学用‘Coid’与‘D26-6’杂交育成^[1]。皮薄肉脆,汁多味甜,无核且穗大粒大,品质优良;‘奥古斯特’葡萄,欧亚种,原产于罗马尼亚,是布加勒斯特大学用‘黄意大利’和‘葡萄园皇后’杂交育成的二倍体新品种。‘维多利亚’葡萄属欧亚种,是罗马尼亚德哥沙尼葡萄试验站用‘绯红’和‘保尔加尔’杂交育成的早熟葡萄品种。该品种成熟早、果粒极大、丰产、品质极佳、粒形美观诱人,具有较强的市场竞争力。

近年来,鲜食葡萄逐渐向优质、大粒、耐贮、抗病、无核的方向发展,生产者为了追求大果粒与高产量,广泛使用各种膨大剂。使用适量的膨大剂可以提高鲜食葡萄果实产量和果实穗、粒质量,且对果实品质有明显改善^[2-4]。目前,生产、科研中报道较多的是大粒化处理的具体应用技术,以及膨大处理对果实大小、色泽、糖酸比的影响。而对于处理后果实酚类物质以及抗氧化活性的影响则少见报道。

葡萄中含有大量的酚类物质,它们是葡萄中重要的次生代谢产物。葡萄中的酚类物质对果实

色泽、风味以及葡萄酒的感官特性、营养价值等都具有重要的作用。酚类物质具有抗氧化活性,能够清除自由基,葡萄多酚具有多种生理功能和药理作用,尤其是在保护心肌和预防心血管疾病方面^[5-11]。因此,研究膨大剂对鲜食葡萄酚类物质和抗氧化活性有重要意义。

本试验以‘无核白’、‘奥古斯特’和‘维多利亚’3种鲜食葡萄为研究对象,在膨大处理后,检测果实生长成熟过程中酚类物质及其抗氧化活性的变化,研究膨大处理对葡萄果实酚类物质和抗氧化活性的影响,以期生产高品质的鲜食葡萄提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

试验葡萄园位于陕西省泾阳县白王镇,东经108°38′,北纬34°40′。

试验材料为欧亚种葡萄(*Vitis vinifera* L.)‘无核白’(Thompson Seedless)‘维多利亚’(Victoria)‘奥古斯特’(August)‘无核白’葡萄在泾阳县4月中旬萌芽,5月中下旬开花,8月中旬果实成熟,从萌芽到成熟需120 d左右。‘维

多利亞'葡萄在泾阳县 4 月中旬萌芽,5 月中旬开花,7 月下旬果实充分成熟,从萌芽到成熟需 105 d 左右^[12]。'奥古斯特'葡萄在泾阳县 4 月中旬萌芽,5 月中旬开花,8 月上旬成熟,从萌芽到成熟需 105 d 左右。

上述品种均为 2001 年定植,株行距 0.8 m×2.5 m,“V”型架,常规管理。每个品种各选取长势中庸、一致的葡萄植株 20 株,其中 10 株为处理,10 株为对照。

处理药剂与方法:处理为生产者实际生产中的常规膨大处理,对照为不经膨大处理,二者均采用常规土、肥、水管理。2010-07-02(幼果期),将奇宝(质量分数为 20% 赤霉素制剂,美国华仑生物科学公司)和益果灵(质量分数为 0.2% 的噻苯隆制剂,咸阳德丰有限公司)按体积比 1:1 混合后,稀释 10 000 倍,对葡萄浸穗处理 1 次。2010-07-03 开始对'无核白'和'维多利亚'取样,2010-07-06 对'奥古斯特'取样。每 3 d 取 1 次样;选取生长方位、高度一致的果穗取样,每穗每次随机取 5~6 粒果实,直至葡萄采收。

1.2 试剂与仪器

p-DMACA、双氧水、亚硝酸钠、硫酸铜、醋酸铵、三氯乙酸、氯化铁、氯化亚铁、水杨酸购自天津博迪化工有限公司;氯化铝购自国药集团化学试剂有限公司;盐酸购自西安化学试剂厂;芦丁、没食子酸、儿茶素、铁氰化钾、新亚铜、Trolox、菲洛嗪(Ferrozine)、DPPH 购自 Sigma 公司(美国)。以上药品均为分析纯。

UV-2450 型紫外-可见分光光度计,SHIMADZU CORPORATION(日本岛津公司);SORVAIL RC-5C-PLUS 型高速冷冻台式离心机,美国 Kendro 公司;HH. W21. 600S 型电热恒温水浴锅,上海跃进医疗器械厂;101-2AB 型烘箱,天津市泰斯特仪器有限公司;ILIPORE ZMQS 5001 型超纯水制备仪,法国 MILIPORE 公司;KQ2300D E 型数控超声波,昆山仪器有限公司。

1.3 方法

1.3.1 酚类物质提取 随机抽取 30 粒葡萄果实,每粒葡萄取约 1/4(去掉种子),加入液氮并迅速研成粉末,称取粉末 5.00 g,加 30 mL 体积分数为 80% 酸化甲醇(0.1% HCl)溶液,25 ℃ 下超声波提取 30 min,8 000 g 离心 15 min。残渣再分别用 30 mL、20 mL 酸化甲醇在相同条件下提取

1 次,合并上清液,保存在-20℃冰箱中待测。

1.3.2 酚类物质测定 总酚的测定:采用福林-肖卡(Folin-Ciocalteu)法^[13],以没食子酸为标准样;总黄酮质量分数测定:采用 AlCl₃ 比色法^[14],以芦丁为标准样;总黄酮醇质量分数测定:采用 p-DMACA 法^[15],以儿茶素为标准样。各指标重复测定 3 次。以上 3 种指标测定结果均用 mg(标准物等同量)/g(鲜质量)表示。

1.3.3 抗氧化活性测定 铜离子还原力的测定:参照 Apak 等^[16]的方法并略有改动。取 0.1 mL 提取液,依次加入 1 mL CuSO₄ (5 mmol/L),1 mL 新亚铜试剂 (3.75 mmol/L) 和 1 mL NH₄Ac (1 mmol/L, pH 7.0) 缓冲液,最后加入 1 mL 蒸馏水,37 ℃ 反应 30 min,于 450 nm 波长处测定吸光值。以 Trolox 作为标准品,结果用 mg (Trolox 等同量)/g(鲜质量)表示,重复 3 次。

铁氰化钾还原力的测定:参照 Jayaprakash 等^[17]的方法并略有改动。取 1 mL 提取液,依次加入 2.5 mL 磷酸缓冲液 (0.2 mol/L, pH 6.6),2.5 mL 质量分数为 1% 铁氰化钾溶液,混匀,50 ℃ 水浴 20 min,快速冷却后加入 2.5 mL 质量分数为 10% 的三氯乙酸,6 000 r/min 离心 10 min,取上清液 2.5 mL,依次加入 2.5 mL 蒸馏水,0.5 mL 质量分数为 0.1% 的三氯化铁,反应 5 min,在 700 nm 波长处测定吸光度,以吸光度 (A_{700nm}) 表示还原能力大小,重复 3 次。

DPPH·清除力的测定:参照 Brandwilliams 等^[18]的方法并略有改动。取 0.1 mL 稀释 5 倍的提取液,加入 3.9 mL DPPH (6.25×10^{-5} mol/L),避光反应 30 min,在 517 nm 波长处测吸光度 (A_i)。同时测 0.1 mL 甲醇和 3.9 mL DPPH 混合液的吸光值 (A_c)。DPPH·清除力按公式(1)计算,重复 3 次。

$$\text{DPPH} \cdot \text{清除力} = (1 - A_i/A_c) \times 100\% \quad (1)$$

金属螯合力测定:参照杨少辉等^[19]的方法并略有改动。将 0.5 mL 提取液与 0.1 mL FeCl₂ (2 mmol/L) 混合,加入 5.0 mL 蒸馏水,最后加入 0.2 mL Ferrozine 试剂 (5 mmol/L),充分混匀。室温下反应 20 min 后,在 562 nm 波长处测吸光度 (A_i);同时用甲醇代替提取液测对照 (A_c)。按公式(2)计算,重复 3 次。

$$\text{金属螯合率} = (1 - A_i/A_c) \times 100\% \quad (2)$$

羟自由基清除能力的测定:参照 Sroka 等^[20]的方法进行并略有改动。取 1 mL 提取液,依次

加入 3 mL 蒸馏水、100 μ L FeSO_4 (0.02 mol/L) 溶液、45 μ L H_2O_2 (0.15%)、1 mL 水杨酸 (8 mmol/L), 于 37 $^{\circ}\text{C}$ 恒温水浴中放置 30 min, 在 510 nm 波长处测定吸光度(A_i); 同时用甲醇代替提取液测对照(A_c)。按公式(3)计算, 重复 3 次。

羟自由基清除力 = $(1 - A_i/A_c) \times 100\%$ (3)

1.4 数据分析

采用 Excel 2003 处理数据, 用 DPS 7.55 软件对数据进行分析。

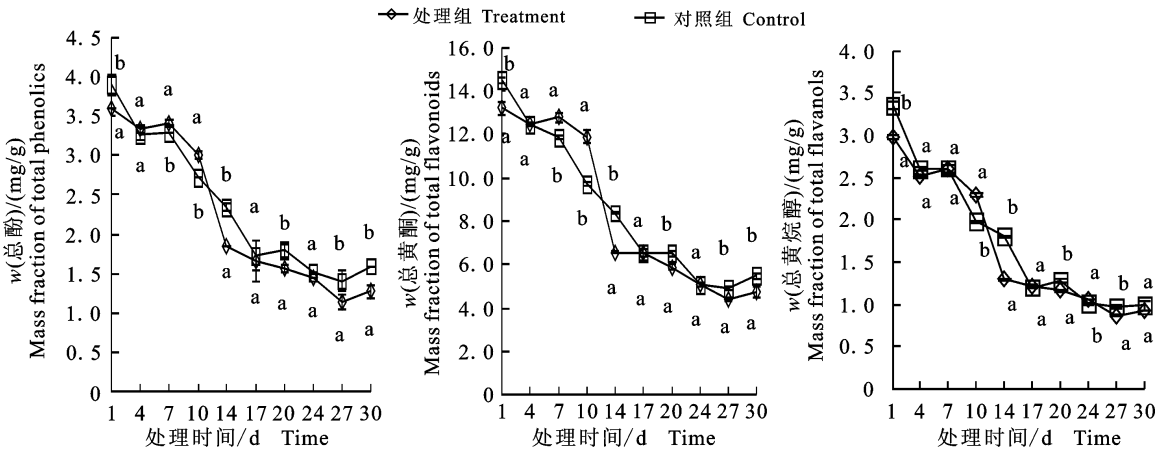
2 结果与分析

2.1 膨大处理对‘无核白’葡萄各指标的影响

由表 1 可知, 膨大处理后的‘无核白’的总酚质量分数除了在处理 4、7、10 d 大于对照组, 其他时间处理组均低于对照组, 并且在 1、7、10、14、20、27、30 d 处存在显著差异。总黄酮质量分数在处理 7、10、24 d 时处理组大于对照组, 其他时间处理组均低于对照组, 并且在 1、7、10、14、20、27、30 d 时存在显著差异。总黄烷醇质量分数在处理 10、17、24 d 时处理组大于对照, 其他时间处理组均低于对照组, 并且在处理后 1、10、14、20、27 d 处存在显著差异。铜离子还原能力除了在处理 10 d 处理组大于对照组外, 其他时

间处理组均低于对照组, 并且在 1、7、10、14、20、27、30 d 处存在显著差异。铁氰化钾还原力在处理 7、10 d 处理组大于对照组, 其他时间对照组均大于处理组, 并且在 1、10、14、20、27、30 d 处存在显著差异。金属螯合力在处理 4、7、14 d 时处理组大于对照组, 其他时间对照组均大于处理组, 膨大处理对‘无核白’金属螯合力的影响较小, 大部分对照和处理之间的差异不显著, 只在处理后 4、7 d 时存在显著差异。DPPH·清除力在处理 7、10、20 d 处理组大于对照组, 其他时间对照组均大于处理组, 并且在 4、10、14、27、30 d 处存在显著差异。羟自由基清除能力在处理 4、10 d 处理组的大于对照组, 其他时间对照组均大于处理组, 并且仅在处理 1 d 时存在显著差异, 其余时间对照与处理之间差异不显著。通过显著性分析, 可以看出膨大处理对酚类物质质量分数影响比较大, 对铜离子还原力、铁氰化钾还原力、DPPH·清除力的影响比较大, 但是对金属螯合力和羟自由基清除力的影响比较小。

通过数据分析得到下图, 分别是膨大处理对‘无核白’葡萄酚类物质质量分数的影响(图 1)及对其抗氧化活性的影响(图 2)。



不同字母表示在 $P < 0.05$ 水平差异显著 Different letters show significant difference at 0.05 level, 下同 The same below

图 1 膨大处理对‘无核白’葡萄酚类物质质量分数的影响

Fig. 1 Effects of enlargement treatment on the mass fraction of phenolic profiles in ‘Thompson Seedless’

由图 1 可知, 在‘无核白’葡萄的成熟过程中, 其总酚质量分数、总黄酮质量分数和总黄烷醇质量分数是逐渐下降的, 且经过膨大处理的‘无核白’葡萄总酚、总黄酮和总黄烷醇质量分数都在整体上小于对照组, 总体来看, 膨大处理可使‘无核白’葡萄总酚、总黄酮和总黄烷醇质量分数减少。

由图 2 可知, 在‘无核白’葡萄的成熟过程中, 其铜离子还原能力和铁氰化钾还原力是逐渐下降的, 且对照组的铜离子还原力和铁氰化钾还原力整体上大于处理组, 总体来看, 膨大剂处理会使‘无核白’葡萄的铜离子还原能力和铁氰化钾还原力减弱。其金属螯合力无明显变化, 从对照组和

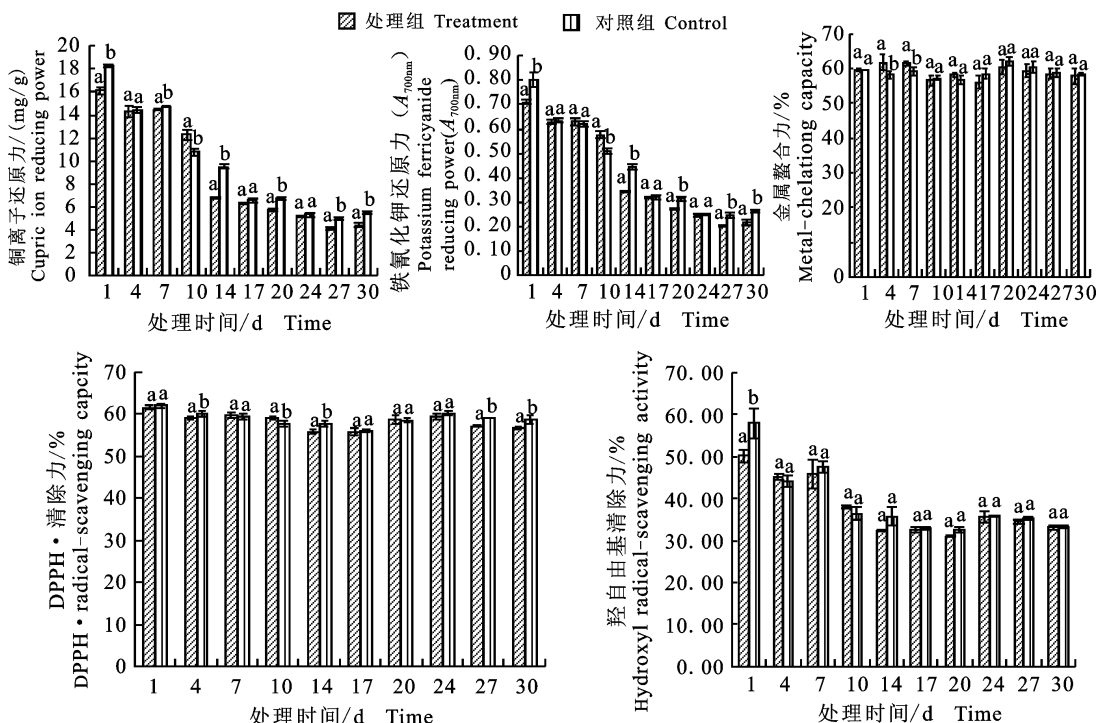


图 2 膨大处理对‘无核白’葡萄酚类物质抗氧化活性的影响

Fig. 2 Effects of enlargement treatment on the antioxidant properties of phenolic profiles in ‘Thompson Seedless’ grape

处理组的对比来看,膨大剂处理会使‘无核白’葡萄的金属螯合力减弱。与金属螯合力相似,其DPPH·清除力也无明显变化,总体来看,膨大剂处理使‘无核白’葡萄的DPPH·清除力减弱。其羟自由基清除能力呈现先下降后上升的趋势,但变化趋势不太明显,总体来看,膨大剂处理可降低‘无核白’葡萄的羟自由基清除能力。可以得出,膨大处理会减少‘无核白’葡萄酚类物质的质量分数,并降低抗氧化活性。

2.2 膨大处理对‘维多利亚’葡萄各指标的影响

由表 2 可知,膨大处理后的‘维多利亚’的总酚质量分数均低于对照组,并且在 1、4、7、17、20、24 d 处存在显著差异。总黄酮质量分数处理组均低于对照组,且在 1、4、7、10、14、17、20、24、27 d 处存在显著差异。总黄烷醇质量分数处理组均低于对照组,且在处理后 1、4、7、10、17、20、24、30 d 处存在显著差异。铜离子还原能力处理组均低于对照组,且在 1、4、7、10、14、17、20、24 d 处存在显著差异。铁氰化钾还原能力处理组均低于对照组,并且除处理后 30 d 外,在其他时间都存在显著差异。金属螯合力处理组均高于对照组,且在处理后 1、4、7、10、17、20、27 d 时存在显著差异。DPPH·清除力在处理组 4 d 处理组大于对照

组,其他时间对照组均高于处理组,且在所有时间都存在显著差异。羟自由基清除能力在处理组 1、14 d 处理组均低于对照组,其他时间处理组均高于对照组,并且在 10、20 d 处存在显著差异。通过显著性分析可以看出,膨大处理对酚类物质质量分数影响比较大,除了对羟自由基清除能力影响较小外,对其他抗氧化指标的影响都比较大。

图 3 和图 4 分别是膨大处理对‘维多利亚’葡萄酚类物质质量分数及抗氧化活性的影响。

由图 3 可知,在‘维多利亚’葡萄的成熟过程中,其总酚、总黄酮和总黄烷醇质量分数均呈逐渐下降的趋势,且经膨大处理后,所有对照组的总酚、总黄酮和总黄烷醇质量分数均大于处理组,且差异显著。表明膨大处理会减少‘维多利亚’葡萄的总酚、总黄酮和总黄烷醇质量分数。

由图 4 可知,在‘维多利亚’的成熟过程中,其铜离子还原能力和铁氰化钾还原力逐渐下降,并且所有对照组的铜离子还原能力和铁氰化钾还原力均大于处理组,表明膨大处理会使‘维多利亚’葡萄的铜离子还原力和铁氰化钾还原力减弱。其金属螯合力先增强后减弱,与铜离子还原力、铁氰化钾还原力不同,所有处理组的金属螯合力均大于对照组,表明膨大处理可使‘维多利亚’葡萄的

金属螯合力增强。其 DPPH · 清除力变化趋势不明显,且对照组的 DPPH · 清除力在整体上大于处理组,并且在所有时间都存在显著差异,总体来看,膨大处理可使‘维多利亚’葡萄的 DPPH · 清除力降低。其羟自由基清除能力变化趋势也不明显,处理组的羟自由基清除力在整体上大于对照

组,总体来看,膨大处理可使‘维多利亚’葡萄的羟自由基清除能力增强。可以得出,膨大处理会降低‘维多利亚’葡萄酚类物质的质量分数,同时降低铜离子还原力、铁氰化钾还原力和 DPPH · 清除力,但是会增强‘维多利亚’葡萄金属螯合力和羟自由基清除能力。

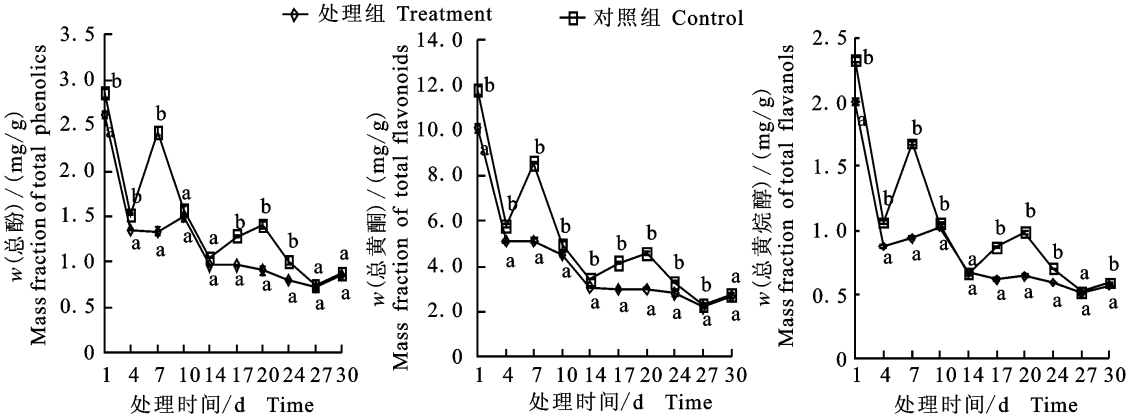


图 3 膨大处理对‘维多利亚’葡萄酚类物质质量分数的影响
Fig. 3 Effects of enlargement treatment on mass fraction of phenolic profiles in ‘Victoria’ grape

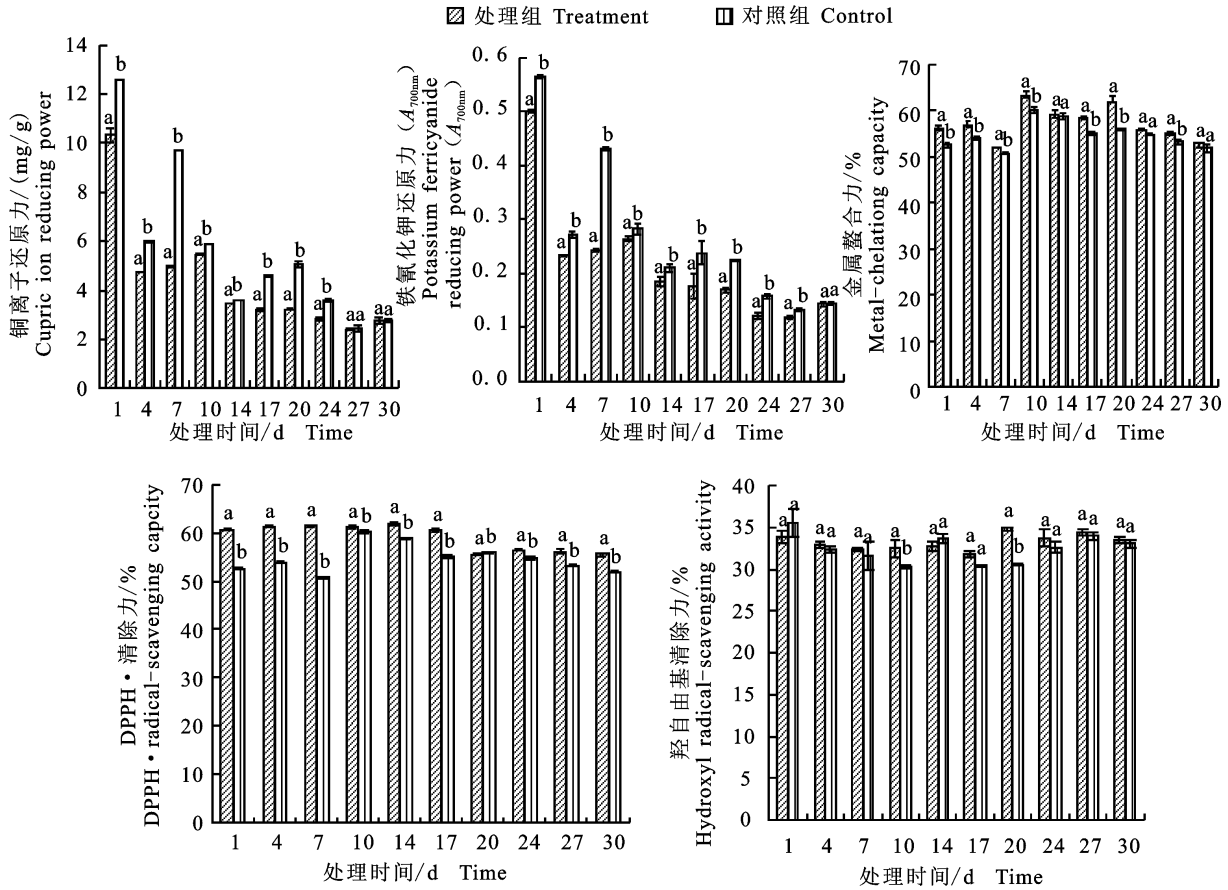


图 4 膨大处理对‘维多利亚’葡萄酚类物质抗氧化活性的影响
Fig. 4 Effects of enlargement treatment on the antioxidant properties of phenolic profiles in ‘Victoria’ grape

表 1 膨大处理后‘无核白’葡萄各指标的变化

Table 1 Changes of index of enlargement treatments on ‘Thompson Seedless’ grape

处理时间/d Treatment time	总酚/(mg/g) Total phenolics		总黄酮/(mg/g) Total flavonoids		总黄酮醇/(mg/g) Total flavanols		铜离子还原力/ (mg/g) Cupric ion reducing power		铁氰化钾还原力 (A _{700nm}) Potassium ferricyanide reducing power(A _{700nm})		金属螯合力/% Metal-chelating capacity		DPPH·清除力/% DPPH· radical scavenging capacity		羟自由基清除力/% Hydroxyl radical scavenging activity	
	处理组 Treatment	对照组 Control	处理组 Treatment	对照组 Control	处理组 Treatment	对照组 Control	处理组 Treatment	对照组 Control	处理组 Treatment	对照组 Control	处理组 Treatment	对照组 Control	处理组 Treatment	对照组 Control	处理组 Treatment	对照组 Control
1	3.60 aA	3.89 bA	13.19 aA	14.47 bB	2.98 aA	3.35 bB	16.14 aA	18.30 bB	0.71 aA	0.80 bB	59.65 aA	59.68 aA	61.66 aA	62.12 aA	50.17 aA	57.94 bA
4	3.33 aA	3.25 aA	12.44 aA	12.45 aA	2.53 aA	2.60 aA	14.29 aA	14.47 aA	0.63 aA	0.64 aA	61.83 aA	58.24 bA	59.00 aA	60.12 bA	45.10 aA	44.14 aA
7	3.41 aA	3.28 bA	12.75 aA	11.86 bB	2.60 aA	2.61 aA	14.49 aA	14.76 bB	0.63 aA	0.62 aA	61.56 aA	59.11 bA	59.82 aA	59.36 aA	45.95 aA	47.52 aA
10	3.01 aA	2.72 bA	11.89 aA	9.72 bB	2.30 aA	1.98 bB	12.30 aA	10.80 bB	0.58 aA	0.51 bB	56.73 aA	57.23 aA	59.12 aA	57.70 bA	38.04 aA	36.45 aA
14	1.84 aA	2.35 bB	6.58 aA	8.37 bB	1.30 aA	1.80 bB	6.83 aA	9.53 bB	0.35 aA	0.45 bB	58.31 aA	56.66 aA	55.81 aA	57.75 bA	32.39 aA	35.80 aA
17	1.65 aA	1.73 aA	6.54 aA	6.52 aA	1.22 aA	1.20 aA	6.31 aA	6.58 aA	0.32 aA	0.32 aA	56.16 aA	58.51 aA	55.86 aA	56.12 aA	32.51 aA	32.98 aA
20	1.57 aA	1.79 bA	5.87 aA	6.51 bB	1.16 aA	1.28 bA	5.73 aA	6.76 bB	0.27 aA	0.32 bB	60.34 aA	62.17 aA	58.88 aA	58.58 aA	31.04 aA	32.57 aA
24	1.44 aA	1.51 aA	5.10 aA	5.08 aA	1.06 aA	1.01 aA	5.19 aA	5.32 aA	0.25 aA	0.25 aA	59.43 aA	60.37 aA	59.50 aA	60.27 aA	35.69 aA	35.92 aA
27	1.15 aA	1.41 bA	4.37 aA	4.91 bB	0.85 aA	0.98 bA	4.11 aA	4.99 bB	0.20 aA	0.25 bB	58.51 aA	58.92 aA	57.25 aA	59.19 bA	34.45 aA	35.34 aA
30	1.28 aA	1.60 bB	4.73 aA	5.48 bB	0.93 aA	0.98 aA	4.40 aA	5.48 bB	0.22 aA	0.26 bB	57.83 aA	58.31 aA	56.78 aA	58.83 bA	33.10 aA	33.28 aA

注:处理组列与对照组列数据后不同小写字母表示在 $P<0.05$ 水平差异显著,不同大写字母表示在 $P<0.01$ 水平差异显著。下同。

Note:Different lowercase and capital letters show significant difference between treatment and control at 0.05 and 0.01 level, respectively. The same below.

表 2 膨大处理后‘维多利亚’葡萄各指标的变化

Table 2 Changes of index of enlargement treatment on ‘Victoria’ grape

处理时间/d Treatment time	总酚/(mg/g) Total phenolics		总黄酮/(mg/g) Total flavonoids		总黄酮醇/(mg/g) Total flavanols		铜离子还原力/ (mg/g) Cupric ion reducing power		铁氰化钾还原力 (A _{700nm}) Potassium ferricyanide reducing power(A _{700nm})		金属螯合力/% Metal-chelating capacity		DPPH·清除力/% DPPH· radical scavenging capacity		羟自由基清除力/% Hydroxyl radical scavenging activity	
	处理组 Treatment	对照组 Control	处理组 Treatment	对照组 Control	处理组 Treatment	对照组 Control	处理组 Treatment	对照组 Control	处理组 Treatment	对照组 Control	处理组 Treatment	对照组 Control	处理组 Treatment	对照组 Control	处理组 Treatment	对照组 Control
1	2.61 aA	2.85 bB	10.10 aA	11.82 bB	2.00 aA	2.33 bB	10.34 aA	12.59 bB	0.50 aA	0.57 bB	56.21 aA	52.57 bB	60.68 aA	63.29 bB	33.82 aA	35.58 aA
4	1.35 aA	1.52 bB	5.09 aA	5.81 bB	0.88 aA	1.06 bB	4.72 aA	5.99 bB	0.23 aA	0.27 bB	56.61 aA	53.94 bB	61.23 aA	60.28 bA	32.93 aA	32.35 aA
7	1.33 aA	2.43 bB	5.12 aA	8.57 bB	0.94 aA	1.68 bB	4.98 aA	9.71 bB	0.24 aA	0.43 bB	52.07 aA	50.72 bB	61.47 aA	63.21 bB	32.35 aA	31.66 aA
10	1.49 aA	1.57 aA	4.51 aA	4.93 bA	1.02 aA	1.06 bA	5.47 aA	5.89 bB	0.26 aA	0.28 bA	63.35 aA	60.17 bB	61.23 aA	61.71 bA	32.53 aA	30.34 bB
14	0.96 aA	1.04 aA	3.09 aA	3.41 bA	0.67aA	0.66 aA	3.44 aA	3.60 bB	0.19 aA	0.21 bA	59.11 aA	58.84 aA	61.97 aA	62.42 bA	32.76 aA	33.68 aA
17	0.96 aA	1.28 bB	2.99 aA	4.16 bB	0.62 aA	0.87 bB	3.21 aA	4.59 bB	0.18 aA	0.24 bB	58.41 aA	55.08 bB	60.50 aA	61.47 bA	31.84 aA	30.40 aA
20	0.91 aA	1.40 bB	3.00 aA	4.59 bB	0.64 aA	0.99 bB	3.24 aA	5.04 bB	0.17 aA	0.22 bB	61.81 aA	55.92 bB	55.51 aA	57.01 bB	34.88 aA	30.57 bB
24	0.80 aA	1.01 bB	2.79 aA	3.31 bB	0.59 aA	0.70 bB	2.82 aA	3.57 bB	0.12 aA	0.16 bB	55.77 aA	54.87 aA	56.43 aA	57.64 bB	33.73 aA	32.65 aA
27	0.72 aA	0.75 aA	2.19 aA	2.31 bA	0.51 aA	0.52 aA	2.39 aA	2.43 aA	0.12 aA	0.13 bA	55.15 aA	53.21 bB	56.17 aA	57.32 bB	34.48 aA	33.96 aA
30	0.85 aA	0.88 aA	2.68 aA	2.72 aA	0.57 aA	0.59 bA	2.76 aA	2.79 aA	0.14 aA	0.15 aA	52.88 aA	51.91 aA	55.54 aA	57.11 bB	33.51 aA	33.05 aA

2.3 膨大处理对‘奥古斯特’葡萄各指标的影响

由表 3 可知,‘奥古斯特’的总酚质量分数在处理 14、20 d 处理组低于对照组,其他时间处理组均高于对照组,并且在 4、7、14、17、20、24、27 d 处存在显著差异。总黄酮质量分数在处理 14、20 d 处理组低于对照组,其他时间均高于对照组,且除 14、30 d 外,其他时间均存在显著差异。总黄烷醇质量分数在处理 14、20 d 处理组低于对照组,其他时间均高于对照组,且除 10、30 d 外,其他时间均存在显著差异。铜离子还原能力除了在处理 14、20 d 处理组低于对照组,其他时间均高于对照组,并且均存在显著差异。铁氰化钾还原力在处理 14、20 d 处理组低于对照组,其他日期处理组均高于对照组,并且除 10、

30 d 外,其他时间均存在显著差异。金属螯合力在处理 7、14、17 d 时处理组低于对照组,其他时间处理组均高于对照组,且在 4、7、20、24、27、30 d 时均存在显著差异。DPPH·清除力在处理 10 d 处理组低于对照组,其他时间处理组均高于对照组,并且在 4、10、17、24、27、30 d 时存在显著差异。羟自由基清除能力在处理 10、14、20 d 处理组低于对照组,其他时间处理组均高于对照组,并且在 4、7、14、20 d 处存在显著差异。通过显著性分析,可以看出膨大处理对酚类物质质量分数影响较大,除了对羟自由基清除能力影响较小外,对其他抗氧化指标的影响都比较大。

图 5 和图 6 分别是膨大处理对‘奥古斯特’葡萄酚类物质质量分数及抗氧化活性的影响。

表 3 膨大处理后‘奥古斯特’葡萄各指标的变化
Table 3 Changes of enlargement treatments on ‘August’ grape

处理时间/d Treatment time	总酚/(mg/g) Total phenolics		总黄酮/(mg/g) Total flavonoids		总黄烷醇/(mg/g) Total flavanols		铜离子还原力/ (mg/g) Cupric ion reducing power	
	处理组 Treatment	对照组 Control	处理组 Treatment	对照组 Control	处理组 Treatment	对照组 Control	处理组 Treatment	对照组 Control
4	2.72 aA	2.19 bB	9.53 aA	7.48 bB	2.05 aA	1.58 bB	11.41 aA	8.79 bB
7	2.93 aA	2.59 bB	10.28 aA	8.91 bB	2.09 aA	2.00 bB	12.12 aA	11.05 bB
10	1.95 aA	1.89 aA	6.52 aA	6.22 bB	1.34 aA	1.32 aA	7.43 aA	7.92 bB
14	1.44 aA	1.52 bB	5.15 aA	5.25 aA	0.92 aA	1.03 bB	5.07 aA	5.53 bB
17	1.63 aA	1.28 bB	5.68 aA	4.20 bB	1.19 aA	0.86 bB	6.15 aA	4.37 bB
20	1.31 aA	1.55 bB	4.45 aA	5.23 bB	0.95 aA	1.07 bB	4.87 aA	5.79 bB
24	1.63 aA	1.44 bB	5.74 aA	4.69 bB	1.19 aA	1.05 bB	6.27 aA	5.20 bB
27	1.39 aA	1.12 bB	4.48 aA	3.63 bB	0.97 aA	0.86 bB	4.86 aA	3.86 bB
30	1.23 aA	1.20 aA	4.21 aA	4.09 aA	0.90 aA	0.89 aA	4.12 aA	4.02 bA

处理时间/d Treatment time	铁氰化钾还原力 (A _{700nm}) Potassium ferricyanide reducing power(A _{700nm})		金属螯合力/% Metal-chelating capacity		DPPH·清除力/% DPPH·radical scavenging capacity		羟自由基清除力/% Hydroxyl radical scavenging activity	
	处理组 Treatment	对照组 Control	处理组 Treatment	对照组 Control	处理组 Treatment	对照组 Control	处理组 Treatment	对照组 Control
4	0.51 aA	0.40 bB	57.35 aA	56.23 bA	62.09 aA	59.57 bB	43.56 aA	38.09 bB
7	0.55 aA	0.51 bB	55.31 aA	58.48 bB	61.41 aA	61.09 aA	41.49 aA	38.57 bB
10	0.34 aA	0.34 aA	54.75 aA	54.49 aA	59.46 aA	60.36 bB	32.30 aA	33.05 aA
14	0.28 aA	0.30 bB	59.05 aA	59.65 aA	56.61 aA	56.61 aA	31.36 aA	32.98 bB
17	0.31 aA	0.23 bB	57.99 aA	58.43 aA	57.77 aA	56.29 bB	33.75 aA	33.10 aA
20	0.24 aA	0.30 bB	59.77 aA	54.48 bB	56.32 aA	56.08 aA	33.86 aA	34.63 bA
24	0.31 aA	0.25 bB	62.49 aA	60.02 bA	57.93 aA	55.87 bB	33.51 aA	33.28 aA
27	0.24 aA	0.21 bB	61.27 aA	58.39 bB	57.35 aA	56.29 bB	35.71 aA	35.53 aA
30	0.23 aA	0.22 aA	58.63 aA	57.20 bA	57.56 aA	56.19 bB	36.57 aA	36.00 aA

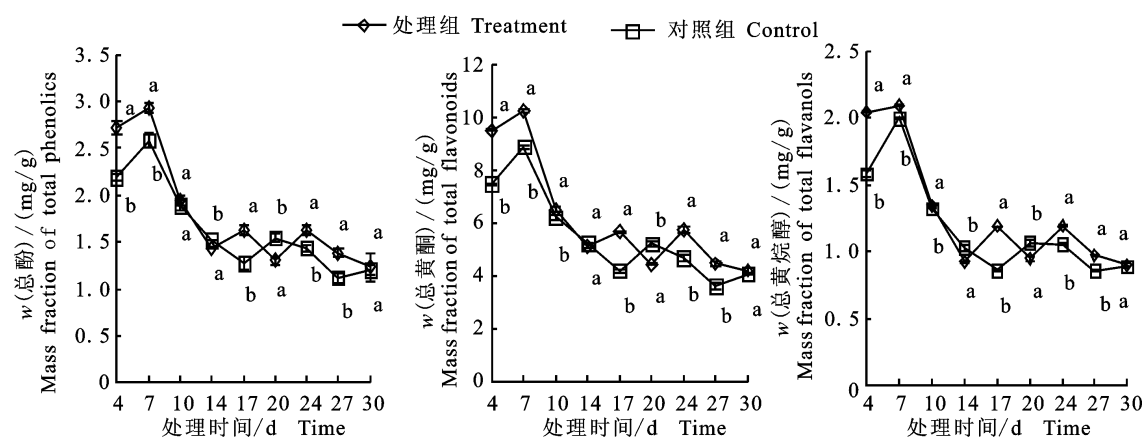


图 5 膨大处理对‘奥古斯特’葡萄酚类物质质量分数的影响
Fig. 5 Effects of enlargement treatment on mass fraction of phenolic profiles in ‘August’

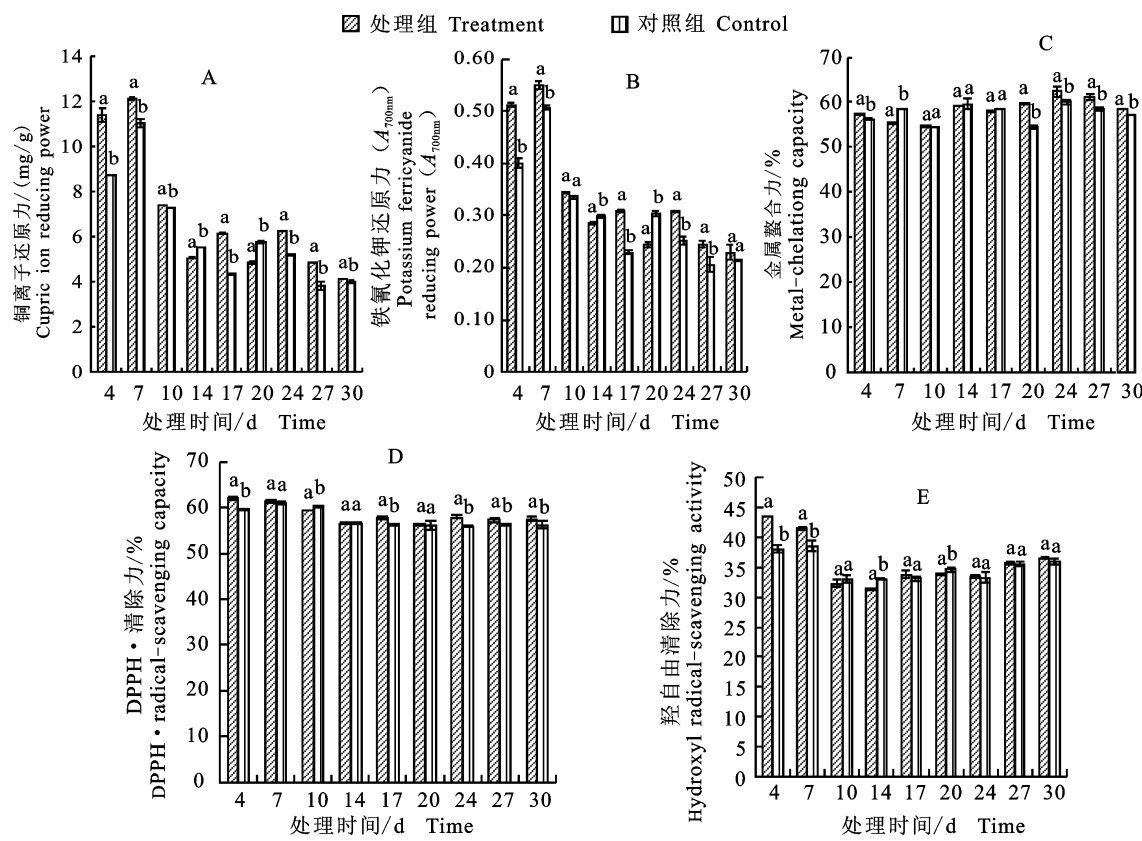


图 6 膨大处理对‘奥古斯特’葡萄酚类物质抗氧化活性的影响
Fig. 6 Effects of enlargement treatment on the antioxidant properties of phenolic profiles in ‘August’

由图 5 可知,在‘奥古斯特’葡萄的成熟过程中,其总酚、总黄酮和总黄烷醇质量分数均呈下降的趋势,并且处理组的总酚、总黄酮和总黄烷醇质量分数都在整体上大于对照组,总体来看,膨大处理可使‘奥古斯特’葡萄的总酚、总黄酮和总黄烷醇质量分数增加。

由图 6 可知,在‘奥古斯特’葡萄的成熟过程中,其铜离子还原能力和铁氰化钾还原力逐渐下降,且处理组的铜离子还原力和铁氰化钾还原力在整体上大于对照组,总体来看,膨大处理可使‘奥古斯特’葡萄的铜离子还原能力和铁氰化钾还原力增强。其金属螯合力变化趋势不明显,但总体来看,膨大处理可使‘奥古斯特’葡萄的金属螯合力增强。其 DPPH·清除力变化趋势也不明

显,总体来看,膨大处理可使‘奥古斯特’葡萄的 DPPH·清除力增强。其羟自由基清除能力呈现先下降后缓慢上升的趋势,总体来看,膨大处理可使‘奥古斯特’葡萄的羟自由基清除能力增强。可以看出,膨大处理会增加‘奥古斯特’葡萄酚类物质的质量分数,同时会增强其抗氧化活性。

可以看出,无论是‘无核白’葡萄,还是‘维多利亚’和‘奥古斯特’葡萄,膨大剂处理对每个葡萄品种的总酚、总黄酮和总黄烷醇质量分数的影响都是一致的。

3 讨论

膨大剂的主要成分是植物生长调节剂,生产上常用的膨大剂多为赤霉素(GA_3)或 GA_3 与其他激素的混合。近年来,关于鲜食葡萄果粒膨大的研究也有很多,使用的生长调节剂有效成分主要是 GA_3 、吡效隆(CPPU)、塞苯隆(TDZ)等,但不同地区、不同品种适用的膨大剂种类、浓度、时间和次数也都不尽相同。膨大剂的作用机制主要是促进细胞分裂和细胞延伸生长,由于外源植物生长调节剂的施用会影响果实生长发育过程中内源激素的变化,高庆玉等^[21]在京亚葡萄盛花后 15 d 进行膨大素(主要成分为吡效隆)处理,处理质量浓度为 10 mg/L,发现膨大素处理使果实生长前期赤霉素质量分数增加,使果实整个生长期 CTK 及 IAA 质量分数增加,并使 CTK 峰值提前出现,使果实成熟期 ABA 质量分数增加。孟磊等^[22]发现,外源 GA_3 混合配方处理可以促使巨峰葡萄产生无核果实,并且促进果实膨大,在果实生长前期果实内 GA_3 、IAA、CTK、ABA 质量分数均有不同程度的提高。使用膨大剂还会对果实的其他品质产生影响,很多研究表明,膨大药剂会增加穗轴及果柄的粗度,从而影响果穗的外观品质。孙美乐等^[2]发现对无核白鸡心葡萄在花前用 5 mg/L 的 GA_3 处理,及 CPPU 1 mg/L + GA_3 20 mg/L 花后 5~7 d 处理可显著提高果实的单粒果质量和果实产量。郭红梅等^[4]通过赤霉素处理‘无核白’葡萄,发现赤霉素处理 150 mg/kg 可增大果粒和果穗质量,增加可溶性固形物,增加产量,提高品质。翟秋喜等^[23]用保美灵和奇宝复配药进行处理后,果粒的膨大效果较好,果实成熟期提前,减轻果梗和果穗的硬化程度。

酚类物质因品种、栽培条件、气候条件等不同在葡萄中存在较大差异^[24],生产中膨大剂的使用

会影响鲜食葡萄果实产量和果实穗、粒质量,且对果实品质有一定的影响,同时膨大处理也会影响鲜食葡萄的酚类物质质量分数和抗氧化活性。通过试验发现膨大处理对‘无核白’、‘维多利亚’和‘奥古斯特’葡萄的酚类物质和抗氧化活性都有一定影响。总体来看,膨大处理会减少‘无核白’葡萄的酚类物质质量分数并减弱其抗氧化活性,会增加‘奥古斯特’葡萄的酚类物质质量分数并增强其抗氧化活性,会减少‘维多利亚’果实酚类物质质量分数并减弱铜离子还原力、铁氰化钾还原力、DPPH·清除力,但会使金属螯合力、羟自由基清除力增强。

4 结论

在幼果期使用 GA_3 与噻苯隆的混合剂分别对‘无核白’、‘维多利亚’和‘奥古斯特’葡萄进行处理,总体来看,膨大处理会减少‘无核白’葡萄酚类物质并降低其抗氧化活性。另外,膨大处理对‘无核白’葡萄酚类物质质量分数影响比较大,对铜离子还原力、铁氰化钾还原力、DPPH·清除力的影响比较大(总体差异显著),对金属螯合力和羟自由基清除力的影响比较小(总体差异不显著)。膨大处理会减少‘维多利亚’葡萄酚类物质并会降低其铜离子还原力,铁氰化钾还原力和 DPPH·清除力,但会使金属螯合力和羟自由基清除能力增强。膨大处理对‘维多利亚’葡萄酚类物质质量分数影响比较大,除了对羟自由基清除能力影响较小外,对其他抗氧化指标的影响都比较大。膨大处理会增加‘奥古斯特’葡萄酚类物质的质量分数并增强其抗氧化活性。膨大处理对‘奥古斯特’葡萄酚类物质质量分数影响比较大,除了对羟自由基清除能力影响较小外,对其他抗氧化指标的影响都比较大。

膨大处理对葡萄品质具有多方面的影响,并且对不同的葡萄品种的影响不同,对‘无核白’葡萄是负面影响,但是对‘奥古斯特’葡萄却是积极效应。实际生产中,应综合衡量膨大处理对果实品质的影响,在试验的基础上针对不同品种筛选最佳的处理方式,力争全面提高 3 种鲜食葡萄的品质。

致谢:西北农林科技大学外语系张晓蓉副教授对本文中的英文部分进行审阅,并提出修改意见。在此致谢忱。

参考文献 Reference:

- [1] 刘捍中. 葡萄栽培技术[M]. 第2版. 北京:金盾出版社, 2000:54.
LIU H ZH. Viticulture Techniques [M]. 2nd ed. Beijing: Jindun Publishing House, 2000:54(in Chinese).
- [2] 孙美乐, 乔旭, 崔慧琴, 等. 植物生长调节剂对无核白鸡心葡萄品质的影响[J]. 北方园艺, 2012(22): 10-12.
SUN M L, QIAO X, CUI H Q, *et al.* Effect of plant growth regulators influenced on Centennial Seedless fruit quality [J]. *Northern Horticulture*, 2012 (22): 10-12 (in Chinese with English abstract).
- [3] 刘佳, 刘晓, 陈建, 等. 植物生长调节剂对早金香葡萄膨大及果实品质的影响[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2012(4): 12-14.
LIU J, LIU X, CHEN J, *et al.* Effects of plant growth regulator on the berry enlargement and quality of Zaojinxiang grape[J]. *Sino-Over-seas Grapevine and Wine*, 2012 (4): 12-14 (in Chinese with English abstract).
- [4] 郭红梅, 梁唯. 赤霉素应用对无核白葡萄品质的影响和果实中的残留[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2014(5): 36-39.
GUO H M, LIANG J. Effects of gibberellin on the quality of Thompson Seedless and its residual in fruit[J]. *Ino-Over-seas Grapevine and Wine*, 2014(5): 36-39 (in Chinese with English abstract).
- [5] DAS D K, MAULIK N. Resveratrol in cardioprotection: a therapeutic promise of alternative medicine [J]. *Molecular Interventions*, 2006, 6(1): 36-47.
- [6] SHANMUGANAYAGAM D, WATNER T F, KRUEGER C G, *et al.* Concord grape juice attenuates platelet aggregation, serum cholesterol and development of atheroma in hypercholesterolemic rabbits [J]. *Atherosclerosis*, 2007, 190(1): 135-142.
- [7] OLAS B, WACHOWICZ B, TOMCZAK A, *et al.* Comparative anti-platelet and antioxidant properties of polyphenol-rich extracts from: berries of *Aronia melanocarpa*, seeds of grape and bark of *Yucca schidigera* in vitro [J]. *Platelets*, 2008, 19(1): 70-77.
- [8] FALCHI M, BERTELLI A, SCALZO R L, *et al.* Comparison of cardioprotective abilities between the flesh and skin of grapes [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2006, 54(18): 6613-6622.
- [9] TSANGA C, HIGGINS S, DUTHIEA G G, *et al.* The influence of moderate red wine consumption on antioxidant status and indices of oxidative stress associated with CHD in healthy volunteers [J]. *British Journal Nutrition*, 2005, 93(2): 233-240.
- [10] SHRIKHANDE A J. Wine by-products with health benefits [J]. *Food Research International*, 2000, 33(6): 469-474.
- [11] SILVA R C, RIGAUD J, CHEYNIER V, *et al.* Procyanidin dimers and trimers from grape seeds [J]. *Phytochemistry*, 1991, 30(4): 1259-1264.
- [12] 徐世彦, 赵小维, 周坤. 葡萄优新品种的引种观察[J]. 落叶果树, 2005, 37(5): 31-32.
XU SH Y, ZHAO X W, ZHOU K. Introduction and observation of new grape varieties [J]. *Deciduous Fruits*, 2005, 37(5): 31-32 (in Chinese with English abstract).
- [13] JAYAPRAKASHA G K, SINGH R P, SAKARIAH K K. Antioxidant activity of grape seed (*Vitis vinifera*) extracts on peroxidation models in vitro [J]. *Food Chemistry*, 2001, 73(3): 285-290.
- [14] PEINADO J, LERMA N J, *et al.* Antioxidant activity of different phenolics fractions isolated in must from Pedro Ximenez grapes at different stages of the off-vine drying process [J]. *Food Chemistry*, 2009, 114(3): 1050-1055.
- [15] LI Y G, TANNER G, LARKIN P, *et al.* The DMACA-HCl protocol and the threshold proanthocyanidin content for bloat safety in forage legumes [J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 1996, 70(1): 89-101.
- [16] APAK R, GUCULU K G, OZYUREK M, *et al.* Novel total antioxidant capacity index for dietary polyphenols and vitamins C and E using their cupric iron reducing capability in the presence of neocuproine: CUPRAC method [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2004, 52(26): 7970-7981.
- [17] JAYAPRAKASHA G K, GIRENAVARB B, PATIL B S. Radical scavenging activities of Rio Red grape fruits and Sour orange fruit extracts in different in vitro model systems [J]. *Bioresource Technology*, 2008, 99(10): 4484-4494.
- [18] BRANDWILLIAMS W, CUVELIER M E, BEREST C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity [J]. *LWT Food Science and Technology*, 1995, 28(1): 25-30.
- [19] 杨少辉, 宋英今, 王洁华, 等. 雪莲果体外抗氧化和自由基清除能力 [J]. 食品科学, 2010, 31(17): 166-169.
YANG SH H, SONG Y J, WANG J H, *et al.* In vitro antioxidant and free radical scavenging activities of Yacon (*Smallanthus sonchifolius*) tubers [J]. *Food Science*, 2010, 31(17): 166-169 (in Chinese with English abstract).
- [20] SROKA Z, CISOWSKI W. Hydrogen peroxide scavenging, antioxidant and anti-radical activity of some phenolic acids [J]. *Food and Chemical Toxicology*, 2003, 41(6): 753-758.
- [21] 高庆玉, 戴正. 膨大素对葡萄果实发育过程中内源激素的影响 [J]. 东北农业大学学报, 2008, 39(9): 29-31.
GAO Q Y, DAI ZH. Effect of CPPU on endogenous hormones of grape fruits in development [J]. *Journal of Northeast Agricultural University*, 2008, 39(9): 29-31 (in Chinese with English abstract).
- [22] 孟磊, 姜新, 周导军, 等. 外源 GA₃ 混合配方对巨峰葡萄果实生长前期内源激素的影响 [J]. 安徽农业科学, 2013, 41(6): 2363-2364, 2382.
MENG L, JIANG X, ZHOU D J, *et al.* Effect of exogenous GA₃ on endogenous hormones of Kyoho grape in early stages [J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2010, 41(6): 2363-2364, 2382 (in Chinese with English abstract).
- [23] 翟秋喜, 魏丽红, 杜玉虎. 生长调节剂对温室无核白鸡心葡萄果实形状的影响 [J]. 山西果树, 2010(5): 3-4.
ZHAI Q X, WEI L H, DU Y H. Effect of plant growth regulator on fruit characteristics of grapevine centennial seedless in greenhouse [J]. *Shanxi Fruits*, 2010(5): 3-4 (in Chinese with English abstract).

[24] OJEDA H, ANDARY C, KRAEVA E, *et al.* Influence of pre-and postveraison water deficit and content of skin phenolic compounds during berry growth of *Vitis vinifera* cv. Shiraz[J]. *American Journal of Enology and Viticulture*, 2002, 53(4):261-267.

Effect of Enlargement Treatments on Phenolic Mass Fraction and Antioxidant Activities of Table Grapes

ZHANG Mengying, LIU Jinchuan, TU Tingyao and FANG Yulin

(College of Enology, Northwest A&F University, Yangling Shaanxi 712100, China)

Abstract Based on three grape varieties ‘Thompson Seedless’, ‘Victoria’ and ‘August’ as experimental materials, the phenols mass fractions and antioxidant activities were investigated during the berry growth and maturation after enlargement treatments. Qibao and Yiguoling that mixed 1 : 1 and diluted 10 000 times was used at young fruit. The results showed that enlargement treatment could reduce mass fraction of phenolic compounds and antioxidant activities of ‘Thompson Seedless’ and increase those of ‘August’ mass fraction of phenolic compounds and cupric ion reducing power, potassium ferricyanide reducing power, DPPH • radical-scavenging capacity of ‘Victoria’ could be reduced by enlargement treatment, but metal-chelating capacity and hydroxyl radical-scavenging activity could be increased.

Key words Table grape; Enlargement treatment; Phenolic compounds; Antioxidant activity

Received 2015-11-13 **Returned** 2016-04-09

Foundation item 948 Project of State Ministry of Agriculture (No. 2014-Z20); National Technology System for Grape Industry (No. nycytx-30-2p-04).

First author ZHANG Mengying, female, master student. Research area: viticulture. E-mail: 1205634975@qq.com

Corresponding author FANG Yulin, male, professor, Ph. D. Research area: viticulture. E-mail: fangyulin@nwsuaf.edu.cn

(责任编辑:潘学燕 Responsible editor: PAN Xueyan)