

# 桃果实不同成熟期总酚含量的变化及其抗氧化活性

朱明涛<sup>1</sup>, 余俊<sup>1</sup>, 高瑞汝<sup>1</sup>, 张百重<sup>2</sup>

(1. 许昌学院 食品与生物工程学院, 河南省博士后研发基地, 河南 许昌 461000;

2. 河南科技学院 资源与环境学院, 河南 新乡 453003)

**摘要:**以4个桃品种为试材, 对不同发育期的果实中总酚类物质的含量及抗氧化活性进行测定, 以揭示不同品种桃果实成熟过程中多酚类物质与抗氧化活性的变化规律。结果表明: 各品种桃果实中总酚含量和抗氧化活性均在采摘初期最高, 随着果实的成熟呈逐渐下降趋势。高效液相色谱(HPLC)分析结果显示, 绿原酸、儿茶素、新绿原酸、表儿茶素是各品种桃果实中最主要的酚类物质, 其含量在桃果实发育过程中与总酚含量变化规律一致, 也呈下降趋势。

**关键词:**桃; 果实发育时期; 总酚; 抗氧化

**中图分类号:**S 662.101 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0009(2017)05-0031-04

酚类物质具有抗动脉硬化、抗肿瘤、抗龋齿、抗血栓、预防高血压和心脏病、清除自由基、抗氧化等生物活性<sup>[1]</sup>。目前国内外学者对苹果、葡萄多酚功能的研究较多, 对桃酚类物质的研究报道较少, 与苹果和葡萄相比, 桃果实具有更高的清除超氧阴离子自由基的能力和更强的抗氧化能力, 而且桃果实中酚类物质种类更加丰富。目前, 从桃果实中已分离鉴定出30多种酚类化合物<sup>[2]</sup>, 其中绿原酸、儿茶素、新绿原酸、表儿茶素是总酚里面的重要酚类物质, 而桃果实酚类的组成及其含量在桃果实生长发育过程中随着果实的成熟而化生变化, 采后贮藏和加工也会导致酚类组成及其含量发生变化<sup>[3]</sup>。因此, 研究桃果实不同时期的总酚和重要酚类物质含量变化及其抗氧化能力, 对桃果实酚类物质的开发利用具有重要的意义。该试验以不同成熟期的4个桃品种为试验材料, 研究总酚和重要酚类物质含量变化及其抗氧化能力, 以为桃果实多酚的开发利用提供参

考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试“久保”“六月白”“张白甘”“秦王桃”桃品种采自河南省周口市桃园5年生果树。

### 1.2 试验方法

在同一果园内每个品种选择生长势、结果量一致的果树10株, 在各品种成熟期前1个月每隔7d采样一次, 设置4个处理, “久保”“张白甘”“秦王桃”分别在7月8、15、22、29日采样, “六月白”在6月8、15、22、29日采样, 采样日期分别记为T1、T2、T3、T4。从每株树的阴、阳以及上、中、下、内、外各方向随机选择果实大小一致, 果皮颜色接近, 无病虫害且无机械损伤的果实10个, 当天运抵实验室, 去皮后果肉迅速用液氮冷却, 放入-80℃冰箱保存备用。

### 1.3 项目测定

采用超声法提取桃果实总酚<sup>[4]</sup>; 采用Folin-Ciocalteu方法测定总酚含量<sup>[5]</sup>; 采用HPLC方法分析桃果实酚类提取物, 色谱条件参照严娟等<sup>[6]</sup>的方法; 酚类物质的抗氧化活性主要通过检测DPPH自由基清除率来进行确定, DPPH自由基清除率的测定参照丁秀玲等<sup>[7]</sup>的方法。

### 1.4 数据分析

采用SPSS软件对试验数据进行处理及分析。

**第一作者简介:**朱明涛(1983-), 男, 博士, 讲师, 现主要从事园艺产品贮藏与加工等工作。E-mail: zhumingtao888@163.com.

**责任作者:**张百重(1984-), 男, 博士, 讲师, 现主要从事食品安全与质量控制等工作。E-mail: 281341651@qq.com.

**基金项目:**河南省高等学校科技创新团队支持计划资助项目(15IRTSTHN016)。

**收稿日期:**2016-09-26

## 2 结果与分析

### 2.1 桃果实发育过程中总酚含量的变化

桃果实的生长发育是一个非常复杂的代谢过程,而果实的总酚含量也与桃的品种及成熟期紧密相关。由表 1 可知,不同品种在同一发育时期总酚含量差异显著,其中“久保”“秦王”总酚含量较高,在 T1 期分别达到  $1\,628.15 \pm 1.37\text{aA}$ 、 $1\,616.78 \text{ mg} \cdot (100\text{g})^{-1}$ ，“六月白”“张白甘”总酚含量差异不大。在果实成熟过程中,尽管各品种桃果实中总酚含量在不同成熟期的变化幅度存在较大差异,但变化趋势基本一致,即

表 1 不同品种桃果实发育过程中总酚含量的变化

Table 1	Total phenolic contents in different cultivars of fruit at different development stages				$\text{mg} \cdot (100\text{g})^{-1}$
处理 Treatment	“久保” ‘Jiubao’	“六月白” ‘Liuyuebai’	“张白甘” ‘Zhangbaigan’	“秦王” ‘Qinwang’	
T1	$1\,628.15 \pm 1.37\text{aA}$	$1\,571.23 \pm 2.34\text{aA}$	$1\,405.43 \pm 0.98\text{bA}$	$1\,616.78 \pm 1.29\text{aA}$	
T2	$1\,467.94 \pm 1.06\text{aB}$	$1\,308.56 \pm 1.75\text{bB}$	$1\,262.85 \pm 2.23\text{cB}$	$1\,437.56 \pm 1.66\text{aB}$	
T3	$937.25 \pm 1.18\text{aC}$	$682.37 \pm 1.26\text{bC}$	$621.18 \pm 1.38\text{bC}$	$892.25 \pm 1.82\text{aC}$	
T4	$541.57 \pm 1.62\text{aD}$	$479.68 \pm 1.73\text{bD}$	$437.39 \pm 1.46\text{bD}$	$515.28 \pm 2.09\text{aD}$	

注:同行小写字母不同表示同一发育时期不同品种间差异显著( $P < 0.05$ );同列大写字母不同表示同一品种不同发育时期差异显著( $P < 0.05$ )。下同。

Note: Different lowercase letters in same row indicate significant between difference at  $P < 0.05$ ; different capital letters in same column indicate significant between difference at  $P < 0.05$ . The same below.

表 2 桃果肉中酚类物质组成及含量

Table 2	Phenolic compounds in peach flesh				$\text{mg} \cdot (100\text{g})^{-1}$
酚类物质 Polyphenols	处理 Treatment	“久保” ‘Jiubao’	“六月白” ‘Liuyuebai’	“张白甘” ‘Zhangbaigan’	“秦王” ‘Qinwang’
绿原酸 Chlorogenic acid	T1	$376.82 \pm 1.87\text{aA}$	$287.35 \pm 2.56\text{bA}$	$259.17 \pm 1.73\text{bA}$	$368.07 \pm 3.08\text{aA}$
	T2	$278.81 \pm 2.57\text{aB}$	$193.45 \pm 3.04\text{bB}$	$176.39 \pm 1.26\text{bB}$	$281.75 \pm 2.68\text{aB}$
	T3	$185.93 \pm 1.25\text{aC}$	$82.37 \pm 1.07\text{bC}$	$86.59 \pm 3.40\text{bC}$	$168.92 \pm 1.85\text{aC}$
	T4	$98.67 \pm 1.25\text{aD}$	$58.18 \pm 3.27\text{bD}$	$46.39 \pm 3.16\text{bD}$	$79.85 \pm 2.95\text{aD}$
儿茶素 Catechins	T1	$158.46 \pm 3.46\text{aA}$	$97.25 \pm 2.58\text{bA}$	$86.17 \pm 2.94\text{bA}$	$134.09 \pm 2.73\text{aA}$
	T2	$95.36 \pm 2.15\text{aB}$	$72.55 \pm 2.30\text{bB}$	$70.43 \pm 2.02\text{bB}$	$91.57 \pm 2.11\text{aB}$
	T3	$68.97 \pm 1.79\text{aC}$	$34.49 \pm 1.58\text{bC}$	$38.76 \pm 3.73\text{bC}$	$71.62 \pm 3.12\text{aC}$
	T4	$35.81 \pm 0.29\text{aD}$	$12.08 \pm 1.75\text{bD}$	$9.36 \pm 2.68\text{bD}$	$29.87 \pm 3.82\text{aD}$
表儿茶素 Epicatechins	T1	$572.31 \pm 2.56\text{aA}$	$485.71 \pm 3.78\text{bA}$	$462.94 \pm 3.16\text{bA}$	$557.83 \pm 3.45\text{aA}$
	T2	$427.68 \pm 2.13\text{aB}$	$351.85 \pm 2.53\text{bB}$	$369.14 \pm 2.67\text{bB}$	$426.93 \pm 2.78\text{aB}$
	T3	$275.44 \pm 2.85\text{aC}$	$158.27 \pm 2.91\text{bC}$	$139.75 \pm 2.96\text{bC}$	$267.15 \pm 2.85\text{aC}$
	T4	$132.36 \pm 2.63\text{aD}$	$68.64 \pm 2.61\text{bD}$	$53.28 \pm 2.43\text{bD}$	$119.98 \pm 2.17\text{aD}$
新绿原酸 Neochlorogenic acid	T1	$139.55 \pm 2.28\text{aA}$	$82.75 \pm 2.29\text{bA}$	$73.53 \pm 2.34\text{bA}$	$127.81 \pm 2.39\text{aA}$
	T2	$86.52 \pm 1.08\text{aB}$	$45.38 \pm 1.05\text{bB}$	$39.11 \pm 2.05\text{bB}$	$75.26 \pm 1.86\text{aB}$
	T3	$54.17 \pm 3.21\text{aC}$	$21.18 \pm 3.05\text{bC}$	$19.04 \pm 1.16\text{bC}$	$46.87 \pm 2.18\text{aC}$
	T4	$28.07 \pm 1.33\text{aD}$	$5.82 \pm 2.10\text{bD}$	$3.29 \pm 2.44\text{bD}$	$17.81 \pm 1.98\text{aD}$

绿原酸、儿茶素、新绿原酸、表儿茶素的含量随着果实的成熟逐渐降低,且不同成熟期之间呈显著差异,与总酚含量变化规律一致。其中,绿原酸和表儿茶素含量最高,在达到生理成熟的 T4 时绿原酸和表儿茶素在所有品种中的含量均降低  $60\% \sim 80\%$ 。在不同的发育时期,儿茶素和新绿原酸的含量均显著低于绿原酸和表儿茶素。由表 2 还可知,与 T1 时相比,T4 时达到生理成熟后的果实中主要酚类物质

随着果实的成熟,总酚含量呈逐渐下降趋势。在 T1 时总酚含量最高,在 T3 时总酚含量急剧下降,T4 时总酚含量远远低于 T1 时。

### 2.2 不同品种桃果实成熟过程中主要酚类物质组成及其变化

由表 2 可知,4 个桃品种的总酚色谱峰相似,检测出的酚类物质均为绿原酸、儿茶素、新绿原酸、表儿茶素,这 4 种酚类物质之和可占检测到的酚类物质总量的  $85\%$  以上,而槲皮素、根皮素、没食子酸、阿魏酸、根皮苷等酚类组分含量极少或检测不到。

显著降低,说明未成熟的桃果实中的酚类物质含量远远高于成熟的桃果实。

### 2.3 不同品种桃果实发育过程中抗氧化活性的变化

$\text{IC}_{50}$  是指对自由基清除率或脂质过氧化抑制率达到  $50\%$  时的提取液浓度,与 DPPH 自由基清除率成反比, $\text{IC}_{50}$  值越小,该试样清除自由基的能力或抑制脂质过氧化的能力越强<sup>[7]</sup>。由表 3 可知,供试各

品种桃果实均具有较强的抗氧化活性,根据品种和采收期的不同,其对 DPPH 自由基的清除能力存在较大差异,随着桃果实不断发育成熟,DPPH 自由基清除能力逐渐下降,T1 时的 DPPH 自由基清除能力是 T4 时的 2~3 倍,这个变化规律与总酚含量变化规律一致,桃果实发育早期的抗氧化活性显著高于发育晚期的抗氧化活性。

表 3 不同品种桃果实发育过程中 DPPH 自由基清除率的变化

Table 3 DPPH scavenging-capacities in different cultivars of fruit at different development stages  $IC_{50}$   $mg \cdot mL^{-1}$

处理	“久保”	“六月白”	“张白甘”	“秦王”
Treatment	‘Jiubao’	‘Liuyuebai’	‘Zhangbaigan’	‘Qinwang’
T1	9.53±1.26aA	16.92±1.38bA	17.37±2.05bA	11.46±2.35aA
T2	12.29±0.59aB	20.87±1.29bB	19.25±0.97bB	13.79±2.31aB
T3	19.87±2.67aC	37.18±1.59bC	35.18±1.46bC	21.86±1.08aC
T4	26.58±0.75aD	45.27±3.12bD	50.64±1.17bD	32.07±2.34aD

### 3 讨论

酚类物质是植物生长代谢中的次生产物,由于植物品种、地理环境和园艺条件的不同而存在差异<sup>[8]</sup>,该试验所用桃品种均采摘于生长环境和栽培条件一致的同一果园内,因此环境对该试验的影响可以忽略不计。通过试验发现,Folin-Ciocalteu 法测定的桃果实中的总酚含量与 HPLC 方法测定桃果实中各种酚类物质的总和差异较大,主要原因可能是 HPLC 方法检测的主要是简单酚类物质,而桃果实中还存在别的复杂酚类物质(如根皮苷多聚体、表儿茶素多聚体等),造成了总酚含量测定结果的偏低<sup>[9]</sup>。

该试验各品种桃果实中总酚含量和抗氧化活性均在第一次采样时最高,其后随着果实的发育呈逐渐下降趋势,这主要因为多酚类物质是植物的保护物质,对病原菌的具有强烈抑制作用,还可以清除活性氧等自由基使免受自由基的损害,所以在易受侵害的幼果中酚类物质的含量较高,这可以起到保护幼果的作用。有研究发现,在葡萄果实的发育过程中,合成类黄酮及花色苷的关键酶及其调控因子的活性逐渐增强,类黄酮和花色苷不断合成积累,随着葡萄果实的成熟,花青苷积累到一定程度后合成速率下降,酚类物质的合成受到抑制<sup>[10]</sup>。各品种桃果实不同阶段的总酚含量变化幅度尽管存在较大差别,但变化趋势基本一致。与成熟果相比,未成熟桃果实具有较高的多酚类物质,抗氧化活性也远高于成熟期果实,这与桃金娘<sup>[11]</sup>、葡萄<sup>[12]</sup>和樱桃<sup>[13]</sup>的

研究结果相类似。

DPPH 自由基清除率的测定方法可以很准确的评价果实的抗氧化活性<sup>[14-15]</sup>,该试验通过测定 DPPH 自由基清除率检测了 4 个桃品种在不同成熟期的抗氧化活性,这与刘慧<sup>[16]</sup>、马景蕃<sup>[17]</sup>的研究结果规律类似。绿原酸、儿茶素、新绿原酸、表儿茶素是供试各品种桃果实中最主要的酚类物质,在果实成熟过程中,这些酚类物质的含量也呈逐渐下降趋势,该结果与总酚含量变化规律一致。

### 参考文献

- [1] FALLER A L K, FIALHO E. Polyphenol content and antioxidant capacity in organic and conventional plant foods[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2010, 23(6): 561-568.
- [2] 沈志军, 马瑞娟, 俞明亮, 等. 桃三种肉色类型果实抗氧化因子的比较评价[J]. 中国农业科学, 2012, 45(11): 2232-2241.
- [3] 俞明亮, 马瑞娟, 沈志军, 等. 红肉桃研究与利用进展[J]. 果树学报, 2014, 31(5): 959-966.
- [4] 房玉林, 齐迪, 郭志君, 等. 超声波辅助法提取石榴皮中总多酚工艺[J]. 食品科学, 2012, 33(6): 115-118.
- [5] 张俊环, 杨丽, 孙浩元, 等. 不同品种杏果实发育进程中多酚与类黄酮物质含量的变化[J]. 北方园艺, 2012(24): 1-5.
- [6] 严娟, 蔡志翔, 沈志军, 等. 桃 3 种颜色果肉中 10 种酚类物质的测定及比较[J]. 园艺学报, 2014, 41(2): 319-328.
- [7] 丁秀玲, 张京芳, 韩明玉. 不同品种苹果化学成分及抗氧化活性比较[J]. 食品科学, 2011, 32(21): 41-47.
- [8] SCHOBINGER U, BARBIC I, DUERR P, et al. Phenolic compounds in apple juice-positive and negative effects[J]. Fruit Processing, 1995, 5(6): 171-172.
- [9] 刘杰超, 张春岭, 陈大磊, 等. 不同品种枣果实发育过程中多酚类物质、VC 含量的变化及其抗氧化活性[J]. 食品科学, 2015, 36(17): 94-98.
- [10] TIAN L, WAN S B, PAN Q H, et al. A novel plastid localization of chalcone synthase in development graph berry[J]. Plant Science, 2008, 175(3): 431-436.
- [11] ADOM K K, LIU R H. Antioxidant activity of grains[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2002, 50(21): 6182-6187.
- [12] 温鹏飞. 葡萄与葡萄酒中黄酮类多酚和果实原花色苷合成相关酶表达规律的研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2005.
- [13] 王贤萍, 段泽敏, 戴桂林, 等. 甜樱桃主要栽培品种多酚含量的测定与品质分析[J]. 中国农学通报, 2011, 27(13): 173-176.
- [14] 戚向阳, 陈维军, 杨尔宁. 苹果多酚提取物的组成及其抗氧化性能的研究[J]. 中国粮油学报, 2003, 18(5): 70-73.
- [15] 游凤, 黄立新, 张彩虹, 等. 冬枣各成熟阶段果皮酚类含量变化及其对 DPPH 自由基清除能力的影响[J]. 食品科学, 2013, 34(19): 62-66.
- [16] 刘慧. 桃果实酚类物质及其抗氧化功能研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2015.
- [17] 马景蕃. 桃果实酚类主要组分及其抗氧化功能研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2005.

DOI:10.11937/bfyy.201705008

# 不同等级根芽对红树莓根芽育苗的影响

刘 海 鹏, 王 迎, 郭 芳, 齐 国 辉, 张 雪 梅

(河北农业大学 林学院, 河北 保定 071000)

**摘 要:**以双季红树莓‘海尔特兹’根蘖苗为试材,记录不同等级根芽数量及分蘖株数,并利用不同等级的根芽作育苗试验,研究了不同等级根芽的变化趋势及不同等级根芽对红树莓根芽育苗的影响。结果表明:随红树莓生长发育根芽总量呈逐渐减少的趋势,出土的根蘖苗呈逐渐增加的趋势。Ⅰ级和Ⅱ级的根芽总量最大值在3月14日,为12个,3月中旬是根芽育苗的最佳时期。通过生长量、生物量及部分生理指标表明,根芽育苗等级顺序为Ⅰ级>Ⅱ级>Ⅲ级。

**关键词:**红树莓;根蘖;育苗;发生规律

**中图分类号:**S 663.2 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0009(2017)05-0034-04

红树莓(*Rubus idaeus* L.)属蔷薇科(Rosaceae)悬钩子属(*Rubus* spp.)多年生落叶灌木,俗称托盘、山莓果、悬钩子,中草药称其为覆盆子<sup>[1]</sup>。红树莓属高钾低钠果品<sup>[2]</sup>,营养价值非常高,果实中含有较高的维生素E、花青素、鞣花酸、超氧化物歧化

酶(SOD)、水杨酸、覆盆子酮等<sup>[3-4]</sup>。红树莓被列为世界第3代水果<sup>[5]</sup>,具有广阔的发展前景。从世界水果发展的趋势和我国现今的水果发展来看,我国发展红树莓产业的潜力巨大。红树莓栽培在我国发展迅速,优良品种种苗供不应求,难以满足当前生产上对大量优质苗木的需求,严重制约着红树莓产业的快速发展,目前树莓育苗的技术有组织培养<sup>[6-8]</sup>、压条、扦插<sup>[9-10]</sup>和根蘖,组培育苗的特点是繁殖周期短,产出较高,但组培苗较细弱,生长缓慢,生产成本高且对生产技术要求较高。压条一般在黑树莓繁殖时应用较多,红树莓压条不易生根。扦插的特点是能作插条的数量较少且成活率较低。根蘖苗的特点是苗木的根系发达,栽植成活率高,且当年可以形成产

**第一作者简介:**刘海鹏(1991-),男,河北邯郸人,硕士研究生,研究方向为经济林栽培生理。E-mail:214619800@qq.com.

**责任作者:**齐国辉(1969-),女,河北遵化人,博士,教授,博士生导师,现主要从事经济林栽培教学及科研等工作。E-mail:bdqgh@sina.com.

**基金项目:**河北省“十二五”科技支撑资助项目(16226806D)。

**收稿日期:**2016-09-30

## Changes of Total Phenolic Content and Antioxidant Capacity Under Different Mature Periods of Peach Fruits

ZHU Mingtao<sup>1</sup>, YU Jun<sup>1</sup>, GAO Ruiru<sup>1</sup>, ZHANG Baizhong<sup>2</sup>

(1. Food and Bioengineering College, Xuchang University/Henan Postdoctoral Research Base, Xuchang, Henan 461000; 2. College of Resources and Environmental Sciences, Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang, Henan 453003)

**Abstract:** Phenolic compounds and antioxidant capacity were studied in four cultivars during their different fruit development stages. In order to discover the dynamic changes of phenolic compounds and antioxidant capacity. The results showed that the contents of total phenolic content and antioxidant capacity were the highest at young fruit period and decreased during fruit development. Chlorogenic acid, catechins, epicatechins, neochlorogenic acid were detected by high-performance liquid chromatography and also showed that they had a descending trends with development of peach as well as phenolic compounds.

**Keywords:** peach; fruit development stage; total polyphenol; antioxidant