

超红桃和日川白沙桃果实发育过程中色素及酚类物质含量变化研究

薛晓敏, 王金政*, 张安宁, 路超
(山东省果树研究所, 山东 泰安 271000)

摘 要: 以超红桃和日川白沙桃果实为试材, 研究二者果实发育过程中叶绿素、类胡萝卜素、花青苷、类黄酮和酚类物质的变化规律, 探讨花青苷与色素和酚类物质的关系。结果表明: 在发育过程中, 与日川白沙桃相比, 超红桃果皮叶绿素和类胡萝卜素含量低且下降快, 花青苷含量高且上升多; 而超红桃果肉早期色素含量较低, 后期含量较高, 类黄酮含量呈下降趋势; 酚类物质含量呈先降后升趋势; 花青苷含量与其他色素和酚类物质含量总体呈现负相关, 仅个别指标例外。

关键词: 超红桃; 日川白沙桃; 发育过程; 色素; 酚类物质

Content Changes of Pigments and Phenolic Compounds during Peach [*Prunus persica* (L.) Batsch] Fruit Development

XUE Xiao-min, WANG Jin-zheng*, ZHANG An-ning, LU Chao
(Shandong Institute of Pomology, Taian 271000, China)

Abstract: The content changes of chlorophyll, carotenoid, anthocyanin, flavonoid and phenolic compounds were studied during the fruit development of Chaohong and Richuanbaisha peach, meanwhile the correlations between anthocyanins content and contents of other 4 compounds were analyzed. Results indicated that lower chlorophyll and carotenoids contents were found in Chaohong pericarp and tended to declined more quickly while a higher anthocyanins content with sharp increase. However, pigment contents in Chaohong were lower at the early stage of fruit development and increased at the late stage. Flavonoids content showed a decreasing tendency while phenolic compounds showed the same pattern with pigments. A negative correlation was observed between the contents of anthocyanin and other pigments and phenolic compounds with fewer exceptions.

Key words: Chaohong peach; Richuanbaisha peach; fruit development; pigment; phenolic compounds

中图分类号: TS255

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2009)11-0076-04

桃是我国重要的落叶果树树种之一, 栽培历史悠久, 果实风味鲜美, 营养丰富, 深受人们喜爱。随着社会发展、人民生活水平提高以及中国加入 WTO, 桃果品生产已由数量型向质量型转变, 品质已成为桃产业发展的主要内容。而色泽是果品外观品质的重要组成部分, 决定果实色泽的主要物质有叶绿素、类胡萝卜素、花青素和类黄酮等^[1], 同时还受酚类等次生物质的影响, 其最终表现是色素和酚类物质综合作用的结果^[2-5]。

人们对苹果^[6-7]、梨^[8]、荔枝^[9-10]、李子^[11]、葡萄^[12]、草莓^[13]等果实色泽发育研究较多, 在桃上的相关研究多

限于叶绿素、类胡萝卜素、花青素的动态变化^[14], 对类黄酮、酚类物质的报道相见甚少。为此本实验以容易着色的超红桃和不易着色的日川白沙桃为试材, 对其发育过程中叶绿素、类胡萝卜素、花青苷、类黄酮、酚类物质含量的变化动态作了初步研究, 旨在掌握桃果实生长发育过程中主要色素及酚类物质的消长变化规律, 为调控果实成熟和着色提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

实验在山东省果树研究所苗圃进行, 供试品种为超

收稿日期: 2008-09-11

作者简介: 薛晓敏(1979-), 女, 助理研究员, 硕士, 主要从事水果育种与栽培研究。E-mail: xuexiaomin79@126.com

* 通讯作者: 王金政(1959-), 男, 研究员, 主要从事水果育种栽培及设施果树栽培研究。E-mail: wjz992001@yahoo.com.cn

红和日川白沙。选取树体生长健壮一致、果量适中的植株,自5月30日底开始,每5d采样一次,至果实成熟结束。每次每株采树冠外围见光处有代表性果实5~10个,单株小区,3次重复。果实采后立即去果皮(约1mm厚)、果肉,切碎,分别混匀后液氮速冻,冷冻保存备用。

芦丁标准品 中国药品生物制品检定所;没食子酸标准品 上海同田生物技术有限公司;其余试剂均为分析纯。

1.2 仪器与设备

FA-2004A型电子分析天平、PHS-3B型精密pH计 上海精密科学仪器有限公司;BCD-201WD型松下冰箱 无锡松下冷机有限公司;GSY-11型电热恒温水浴锅 北京市医疗设备厂;ULTrospec 2001 pro型分光光度计 Swenen Amersham Biosciences公司;Centrifuge 5180R型离心机 德国Eppendorf公司。

1.3 方法

1.3.1 叶绿素、类胡萝卜素含量测定

参照赵世杰等^[15]的方法。取试样1.0g,用95%乙醇提取,分别在665、649、470nm波长下比色测定叶绿素a、叶绿素b、类胡萝卜素含量。

1.3.2 花青苷含量测定

参照张昭其等^[16]的pH值差示法。称2.0g样品,用6ml 1%盐酸研磨,定容至25ml,浸提至无色过滤取滤液2ml,分别用0.4mol/L pH1.0的KCl-HCl缓冲液和0.4mol/L pH5.0柠檬酸-磷酸氢二钠缓冲液稀释至5ml,混匀后用蒸馏水作对照,在510nm波长下测光密度值。

1.3.3 类黄酮含量测定

参照唐孟成等^[17]的方法,称2.0g样品,加适量30%乙醇研磨,定容至25ml,过滤后取滤液2ml,以2ml水为对照,分别加水3ml、5%NaNO₂ 0.3ml,摇匀静置5min,加10%Al(NO₃)₃ 0.3ml,放置6min,再加1mol/L NaOH 2ml摇匀,5min后于510nm波长下进行比色,以芦丁作标准曲线计算类黄酮含量。

1.3.4 酚类物质含量测定

参照鞠志国等^[18]的方法,取样品1.0g,加入5ml无水乙醇和2.5ml三氯乙酸(10%)研磨,用10%三氯乙酸定容至10ml,0℃冰箱静置24h,8000×g离心15min得上清液。取上清液1ml,加入1.5ml Folin试剂、1.5ml蒸馏水,混匀后加入1ml碱液(10%Na₂CO₃+2%NaOH),50℃保温10min后在冰浴中冷却5min,于580nm波长下比色,以没食子酸作标准曲线。

2 结果与分析

2.1 果皮中叶绿素、类胡萝卜素、花青苷、类黄酮含量变化

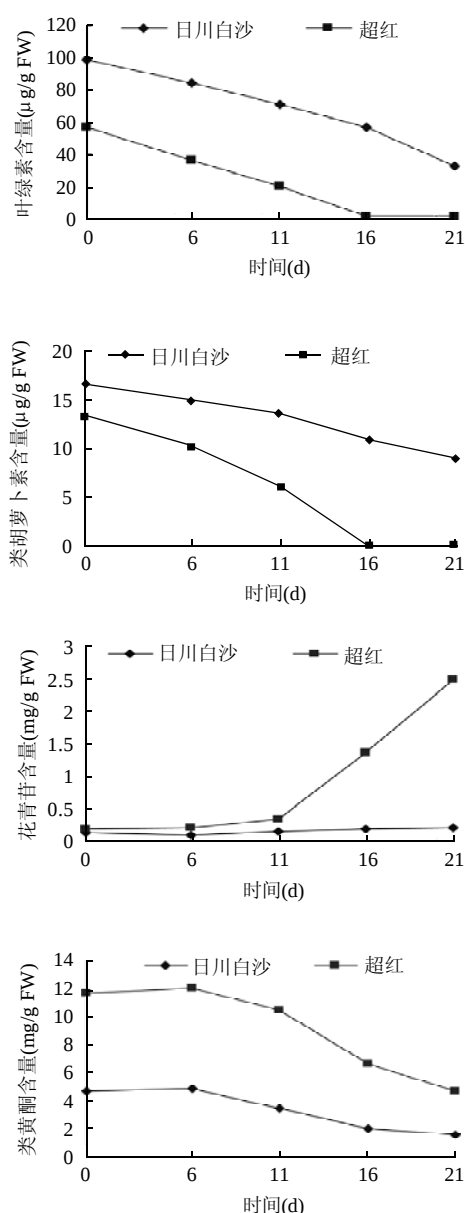


图1 桃果实发育过程中果皮叶绿素、类胡萝卜素、花青苷、类黄酮含量变化

Fig.1 Content changes of total chlorophyll, carotenoids, anthocyanins, and flavonoids contents in fruit peel of two peach cultivars

由图1可见,在整个发育期,日川白沙桃果皮叶绿素和类胡萝卜素含量均显著高于超红桃,两者果皮叶绿素和类胡萝卜素含量在发育初期含量较高,随果实发育逐渐减少,尤其是超红桃在果实采收前10d已检测不到叶绿素和类胡萝卜素的存在;日川白沙桃果皮花青苷含量在整个发育期变化不大,超红桃果皮花青苷含量在发育初期增长缓慢,在果实成熟前含量迅速上升,成熟期达最大值2.47mg/g FW,整个发育期超红桃花青苷含量始终高于日川白沙桃;果皮类黄酮含量总体呈下降趋势,主要是由于随着果实的成熟,类黄酮在相关酶

的催化下不断向花青苷转化,两个品种间类黄酮含量在发育初期差异较大,超红桃为 11.74 mg/g FW, 日川白沙为 4.69 mg/g FW, 随果实成熟两者差异变小。

果实成熟时几种色素物质同时存在,但果皮颜色主要由花青苷含量决定,果皮呈浓红色的超红桃花青苷含量显著高于果皮几乎不着色的日川白沙桃。

2.2 果肉中叶绿素、类胡萝卜素、花青苷、类黄酮含量变化

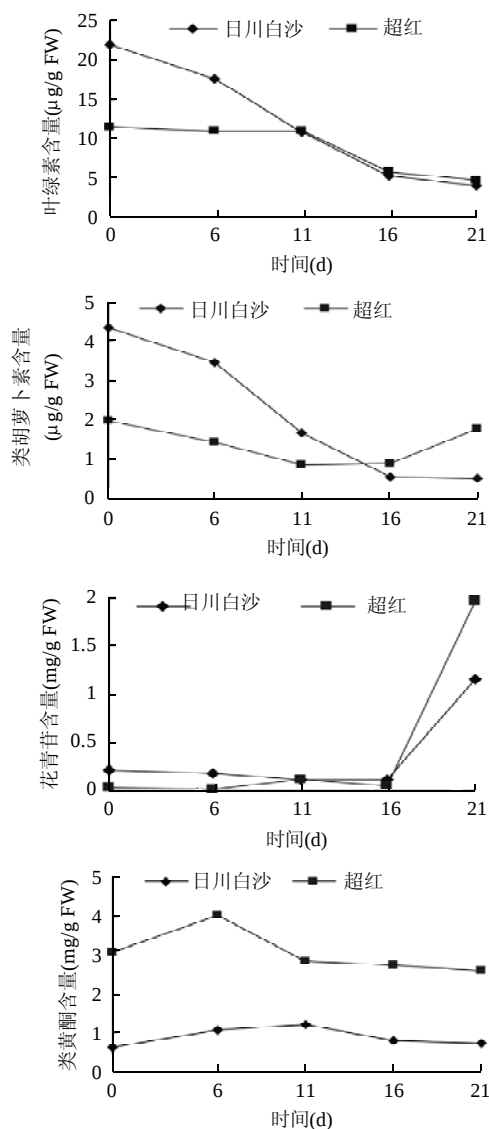


图2 桃果实发育过程中果肉叶绿素、类胡萝卜素、花青苷、类黄酮含量变化

Fig.2 Content changes of total chlorophyll, carotenoids, anthocyanins, and flavonoids contents in fruit flesh of two peach cultivars

由图2可见,果肉中叶绿素、类胡萝卜素含量均在初期含量较高,随着果实发育进程含量逐渐减少,超红桃在采收前10d类胡萝卜素含量降至最低后又稍有升

高,发育前期日川白沙桃叶绿素和类胡萝卜素含量高于超红桃,发育后期则低于超红桃;日川白沙、超红桃果肉花青苷含量在发育初期变化不大,到发育后期含量迅速上升,成熟时达到最大值;桃果肉类黄酮含量随发育进程呈先升后降趋势,整个发育期超红桃类黄酮含量均显著高于日川白沙桃。

2.3 桃果实发育过程中果皮、果肉中酚类物质含量变化

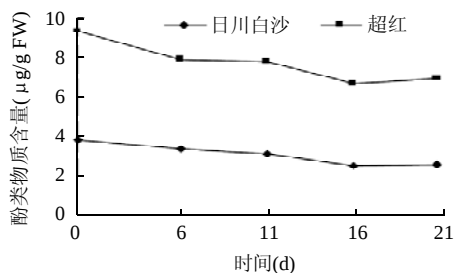


图3 桃果实发育过程中果皮酚类物质含量变化

Fig.3 Content changes of phenolic compound in fruit peel of two peach cultivars

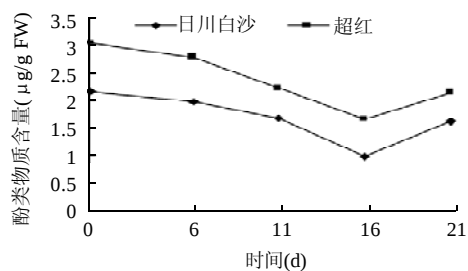


图4 桃果实发育过程中果肉酚类物质含量变化

Fig.4 Content changes of phenolic compound in fruit flesh of two peach cultivars

由图3、4可知,发育早期桃果实酚类物质含量较高,随着果实的成熟,酚类物质含量逐渐下降,采收前含量又有所提升。究其原因,主要是随着果实的发育,酚类物质合成速度减慢,其底物向着合成花青苷的方向发展,致使酚类物质转化下降,而在发育后期,花青苷积累到一定程度,合成速率下降,底物向着合成酚类物质的方向转化。在整个生育期,超红桃酚类物质含量始终高于日川白沙桃酚类物质含量。

2.4 桃果实花青苷含量与其他色素、酚类物质含量的相关分析

由表1可见,桃果皮花青苷含量与类黄酮含量呈极显著负相关,日川白沙桃花青苷含量与类胡萝卜素含量呈显著负相关,两品种花青苷含量与叶绿素、酚类物质含量呈负相关,但未达显著水平;日川白沙桃果肉中花青苷含量与叶绿素、类胡萝卜素、类黄酮、酚类物质含量呈负相关,但达不到显著水平,超红桃果肉中花青苷含量与叶绿素、类黄酮、酚类物质含量负相

关,与胡萝卜素含量正相关,也未达显著水平。

表1 桃果实花青苷含量与其他色素、酚类物质含量的相关分析
Table 1 Correlation analysis between carotenoids content and content of other pigments, phenolic compound

	叶绿素	类胡萝卜素	类黄酮	酚类物质
超红果皮	$r = -0.7998$	$r = -0.8529$	$r = -0.9734^{**}$	$r = -0.7269$
超红果肉	$r = -0.6963$	$r = 0.4167$	$r = -0.4577$	$r = -0.2406$
日川白沙果皮	$r = -0.8730$	$r = -0.9118^{*}$	$r = -0.9790^{**}$	$r = -0.8245$
日川白沙果肉	$r = -0.5000$	$r = -0.4371$	$r = -0.4251$	$r = -0.0104$

注: *.在0.05水平差异显著; **.在0.01水平差异极显著。

3 讨 论

3.1 桃果实色素含量与色泽发育

果实着色常伴随着底色失绿,桃果皮中含有叶绿素、类胡萝卜素和花青苷等多种色素,不同桃品种各色素含量及其形成规律不同,果皮表现的颜色也有差异。研究表明,日川白沙桃果皮叶绿素和类胡萝卜素含量高,下降慢,而花青苷含量低,上升慢,说明日川白沙桃叶绿素降解和花青苷积累均较慢,着色不良,这与Wang^[19]、高飞飞^[20]、王家宝^[10]等研究结果一致。根据实验结果,可以认为类胡萝卜素与黄色的显现有关,超红桃果肉的类胡萝卜素含量比日川白沙的高,其黄色较日川白沙明显,与高飞飞^[20]研究结果相似。

李平等^[21]则认为妃子笑荔枝着色差的原因之一在于果实发育前期花色素苷合成能力低。但本研究结果表明,在6月10日之前超红桃和日川白沙桃果皮花青苷合成规律相似,含量上也不存在明显差异,说明日川白沙桃着色较差与前期的花青苷的合成能力无明显关系。而果实发育后期,超红桃花青苷含量迅速上升,叶绿素、类胡萝卜素含量迅速下降,说明其花色素苷的合成能力和叶绿素、类胡萝卜素降解能力均高于日川白沙桃,这是超红桃果实色泽好于日川白沙的重要原因。

3.2 花青苷含量与其他色素、酚类物质的关系

鞠志国等^[22]研究发现苹果果皮花青苷的合成与类黄酮、酚类物质的合成途径几乎同时存在而又相互制约,闫忠业等^[5]则认为花青苷含量变化与类黄酮和总酚含量之间没有显著的相关性,随花青苷含量积累类黄酮和总酚含量稳定。本实验结果表明,两品种花青素含量变化与其他色素和酚类物质的关系整体呈负相关(超红桃果肉除外),其中受类黄酮含量影响最大,果皮花青苷含量与类黄酮含量呈极显著负相关,与酚类物质含量之间没有显著的相关性,随着果实的成熟,果实中花青素含量不断升高,光合产物流向花青素的合成途径,减缓

了酚类物质的合成,从而使酚类物质含量较稳定。

参考文献:

- [1] 河北农业大学. 果树栽培学总论[M]. 北京: 中国农业出版社, 1984: 87.
- [2] 李秀菊, 林涛, 刘用生, 等. 红色苹果色素形成生理研究[M]// 北方园艺研究与应用新进展. 北京: 北京林业大学出版社, 1997: 4-6.
- [3] BAE R N, LEE S K. Influence of chlorophyll, internal ethylene, and PAL on anthocyanin synthesis in 'Fuji' apple[J]. J Korean Soc Hort Sci, 1995, 36(3): 361-370.
- [4] LANCASTER J E, GRANT J E, CAROLGN E L, et al. Skin color in apples-influence of copigmentation and plastid pigments on shade and darkness of red color in five genotypes[J]. J Amer Soc Hort, 1994, 119: 63-69.
- [5] LEE C Y, KAGAN V, JAWORDKI A W, et al. Enzymatic browning relation to phenolic compounds and polyphenoloxidase activity among various peach cultivars[J]. J Agric Food Chem, 1990, 38: 99-101.
- [6] 闫忠业, 伊凯, 李作轩, 等. 苹果果皮色素类物质含量变化及其相互关系的研究[J]. 沈阳农业大学学报, 2006, 37(6): 821-825.
- [7] 潘增光, 王国宾, 李奎明, 等. 新红星苹果果实着色期几种色素含量变化及其相关性[J]. 植物生理学通讯, 1996, 32(5): 347-349.
- [8] 周焕新. 云南红梨色泽变化与套袋对果实品质影响的初步研究[D]. 昆明, 云南农业大学, 2007.
- [9] 胡桂兵, 王惠聪, 高飞飞, 等. 荔枝果皮色素、酚类物质与酶活性的动态变化[J]. 果树科学, 2000, 17(1): 35-40.
- [10] 王家保, 刘志媛, 杜中军, 等. 荔枝果实发育过程中果皮颜色形成的相关分析[J]. 热带作物学报, 2006, 27(2): 11-17.
- [11] 张元慧, 关军锋, 杨建民, 等. 李果实发育过程中果皮色素、糖和总酚含量及多酚氧化酶活性的变化[J]. 果树学报, 2004, 21(1): 17-20.
- [12] 李云鹏, 郝建军, 付淑杰, 等. 葡萄浆果成熟过程中色素的变化及相互关系[J]. 佳木斯大学学报, 2004, 22(3): 395-397.
- [13] 冯晨静, 关军锋, 杨建民, 等. 草莓果实成熟期花青苷、酚类物质和类黄酮含量的变化[J]. 果树学报, 2003, 20(3): 199-201.
- [14] 河北农业大学. 果树栽培学各论[M]. 北京: 中国农业出版社, 1984: 172.
- [15] 赵世杰, 刘华山, 董新纯. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1998: 68-72.
- [16] 张昭其, 庞学军, 段学武, 等. 荔枝果皮褐变过程中花色素含量的变化及测定[J]. 华南农业大学学报, 2002, 23(1): 16-19.
- [17] 唐孟成, 贾之慎, 朱祥瑞, 等. 春秋桑叶中黄酮类化合物总量及提取方法比较[J]. 浙江农业大学学报, 1996, 22(4): 394-398.
- [18] 鞠志国, 原永兵, 刘成连, 等. 苹果果皮中酚类物质合成规律的研究[J]. 莱阳农学院学报, 1992, 9(3): 222-225.
- [19] WAGN H C, HUANG X M, HU G B, et al. A comparative study of chlorophyll loss and its related mechanism during fruit maturation in the pericarp of fast-and slow-degreening litchi pericarp[J]. Scientia Horticulturae, 2005, 106(2): 151-156.
- [20] 高飞飞, 尹金华, 陈大成, 等. 荔枝果皮叶绿素、类胡萝卜素、花色素的形成规律及对果色的影响[J]. 华南农业大学学报, 2000, 21(1): 16-18.
- [21] 李平, 陈大成, 胡桂兵, 等. 荔枝果实发育过程中果皮色素的变化[J]. 热带亚热带植物学报, 1999, 7(1): 53-58.
- [22] 鞠志国. 花青苷合成与苹果果皮着色[J]. 果树科学, 1991, 8(3): 176-180.