

# 荔枝果皮叶绿素、类胡萝卜素、花色苷的形成规律及对果色的影响

高飞飞, 尹金华, 陈大成, 叶自行, 胡桂兵

(华南农业大学园艺系, 广东 广州 510642)

**摘要:**荔枝果色的形成是多种色素共同作用的结果, 不同的荔枝品种果皮色素的变化规律各不相同。妃子笑着色较差的一个重要原因是因其果皮叶绿素含量过高, 妨碍了花色苷红色的表现。糯米糍果皮叶绿素的降解为红色的显现提供了有利条件。

**关键词:**荔枝; 果皮颜色; 叶绿素; 类胡萝卜素; 花色苷

**中图分类号:**S 667.1

**文献标识码:**A

荔枝是驰名中外的岭南佳果, 也是我国重要的创汇水果, 可是近年来泰国、澳大利亚等国家的荔枝发展很快并已打入国际市场<sup>[1]</sup>。泰国的早熟荔枝品种也渐充斥广东市场, 以色列、南非等国家已在开拓欧洲的荔枝市场, 而我国外销荔枝进展缓慢, 已影响到我国荔枝的整体效益。我国的荔枝生产除了要改进荔枝的采后贮运技术外, 还需要改善荔枝的品质, 尤其是早熟和较早熟的品种如三月红、妃子笑, 它们的果皮着色较差, 商品价值提不高。另外, 荔枝采后褐变这一问题困扰了人们许多年而仍没得到很好解决, 果实的褐变与果皮色素的形成规律有关。为此, 笔者研究了荔枝果皮中叶绿素、类胡萝卜素、花色苷的形成规律及对荔枝果色形成的影响, 找出品种间的差异, 为着色差的品种改善果皮颜色提供可行途径。

## 1 材料与方法

试验于 1997、1998 年进行, 2 a 结果近似, 本文采用的是 1998 年数据。以妃子笑(着色差品种)、糯米糍(着色好品种)为试材, 果树为 9 年生嫁接树, 砧木为准枝。果实采自增城市万田果园。于盛花后 11 d 开始采样, 每星期采 1 次样, 果实用冰壶带回实验室, 取 30 个果, 剥开果皮并用打孔器打成小圆片, 分别取一定量的果皮圆片测定叶绿素、类胡萝卜素、花色苷的含量。于果实开始转色时测定果皮总体颜色, 直至果实成熟。

### 1.1 荔枝果皮叶绿素、类胡萝卜素含量的测定

参照全月澳等<sup>[2]</sup>提出的方法进行测定: 取 1 g 果皮圆片于研钵中, 加入 5 mL  $\varphi = 80\%$  的丙酮和少许  $\text{CaCO}_3$  研磨匀浆, 将匀浆用  $\varphi = 80\%$  的丙酮定容至

10 mL, 摇匀后过滤, 将滤液适当稀释后分别于 440、645、663 nm 下测吸光度, 根据吸光度值计算出叶绿素、类胡萝卜素的含量, 单位为  $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 。

### 1.2 荔枝果皮花色苷含量的测定

参照马志本等<sup>[3]</sup>提出的方法, 取 1 g 果皮小圆片, 加入盛有 10 mL  $\varphi = 1\%$  盐酸甲醇的有盖试管中, 提取 20 h, 取提取液适当稀释后分别于 530、600 nm 下测吸光度, 根据吸光度值计算出  $b$ (花色苷), 单位为  $\text{nmol} \cdot \text{g}^{-1}$ 。

### 1.3 荔枝果皮总体颜色的测定

用北京奥依克公司生产的 TC-PIIG 全自动色差计测定果实的颜色。工作条件: D65 光源, 10 度视场, 测色光斑  $d = 10 \text{ mm}$ , 以标准白板为标样, 测得数据中  $a$ 、 $b$  表示果实颜色。 $a$  的正值表示色泽红/紫, 负值表示浅蓝/绿;  $b$  的正值表示黄, 负值表示蓝。 $h$  表示色泽,  $h = \tan^{-1}(b/a)$ 。CIELAB 图表上有不同的颜色对应不同的  $a$ 、 $b$  和  $h$  值组合<sup>[4~6]</sup>(图 1)。

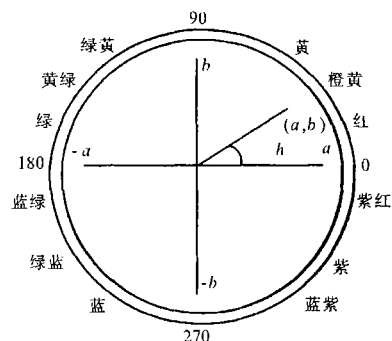


图 1 色泽序列和色泽角度

Fig. 1 Hue sequence and hue angle

收稿日期: 1999-04-15

作者简介: 高飞飞(1945~), 女, 副教授

基金项目: 华南农业大学校长基金资助项目(5300-k98063)

## 2 结果与分析

### 2.1 荔枝果皮叶绿素的形成规律

荔枝果皮发育过程中叶绿素的变化动态见图2,从图中可看出,在荔枝果实的发育初期,花后约39 d之前,叶绿素的含量增加,妃子笑的叶绿素增值比糯米糍的大得多,并出现一个峰值;果肉生长后,叶绿素含量开始下降,不同的荔枝品种的叶绿素表现出不同的规律.糯米糍果皮叶绿素含量不断下降,至采收时达到最低;妃子笑果皮叶绿素在下降至花后54 d(转色前约1星期)后又开始上升,在转红时叶绿素的含量上升出现第二个高峰,在果实成熟的最后阶段,妃子笑果皮的叶绿素含量才开始急剧下降.从图中还可看出,在出现峰值前后,

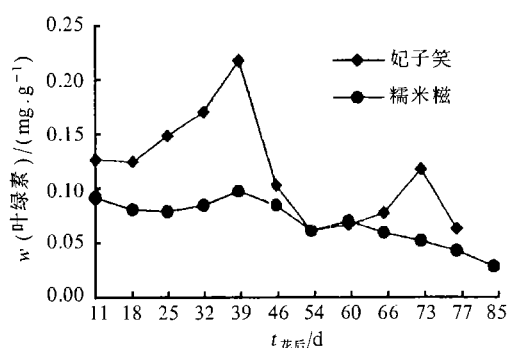


图2 荔枝果皮叶绿素的变化动态

Fig. 2 The changes of chlorophyll in Litchi peel

### 2.2 荔枝果皮类胡萝卜素的形成规律

### 2.2 荔枝果皮类胡萝卜素的形成规律

荔枝果皮发育过程中类胡萝卜素的变化动态见图3,妃子笑果皮类胡萝卜素变化动态规律与叶绿素升降同步;而糯米糍果皮类胡萝卜素在前期(花后39 d内)下降,在中期(花后39~60 d)出现一个前升后降的波峰,在后期(花后60 d至采收)不断上升,其变化规律与叶绿素的相反.果实最后成熟时,妃子笑果皮类胡萝卜素含量低于糯米糍果皮类胡萝卜素含量.成熟的糯米糍果皮龟裂片间夹有黄色,而成熟的妃子笑果皮上较少有黄色,这是因妃子笑果皮类胡萝卜素含量较少造成的.

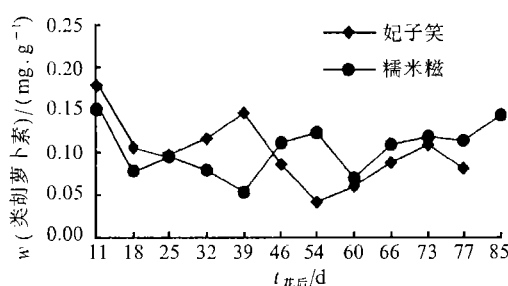


图3 荔枝果皮类胡萝卜素的变化动态

Fig. 3 The changes of carotenoid in Litchi peel

### 2.3 荔枝果皮花色苷的形成规律

荔枝果皮发育过程中花色苷变化动态见图4.从图中可见,花后60 d前,两品种花色苷变化动态相似,不同的是,糯米糍坐果后不久,有一个花色苷合成高峰( $200 \text{ nmol} \cdot \text{g}^{-1}$ ),而妃子笑此时没有合成高峰,糯米糍花色苷含量比妃子笑高.此后,妃子笑花色苷含量持续较大幅度上升,糯米糍花色苷含量在花后66 d至成熟也显上升趋势,但升幅远低于妃子笑.从图中还可看出,成熟时着色差的妃子笑果皮的花色苷含量并不比着色好的糯米糍的含量低,相反还要高.这说明荔枝红色的显现不仅仅决定于花色苷的含量.

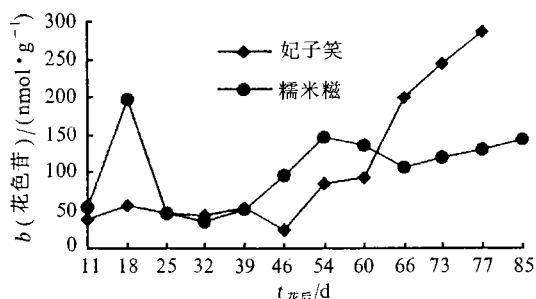


图4 荔枝果皮花色苷的变化动态

Fig. 4 The changes of anthocyanin in Litchi peel

### 2.4 荔枝果皮转色过程果皮颜色的变化动态

荔枝果实转红前后从转色到完熟,果皮的颜色要经历褪绿—转白—转红的过程.此时期荔枝果皮颜色 $a$ 的变化动态见图5.2个品种在花后60 d后, $a$ 都开始上升,妃子笑属早中熟品种,糯米糍属中迟熟品种,花后60 d左右是妃子笑果实的转红成熟期,而糯米糍的转红成熟期是在花后73 d左右.妃子笑是在进入成熟期时开始转色, $a$ 开始上升,此时果皮中叶绿素含量并没有下降,而是上升,可见花色苷的合成积累对果皮表现出红色有重要作用,但由于叶绿素含量高,影响到红色的表现,因而 $a$ 的上升幅度并不大;而糯米糍在转熟前2周左右,随着叶绿素的降解,果皮绿色减退变白,开始转色,转熟后随着花色苷合成增加,果实开始显现红色,整个过程中, $a$ 的升幅比妃子笑的大,说明糯米糍成熟过程中红色程度的增强比妃子笑的大.

色泽值 $h$ 的变化动态见图6.对荔枝果皮而言, $h$ 是叶绿素、类胡萝卜素和花色苷3种色素的总体表现, $h$ 在0~90范围内由高向低下降,表明果皮颜色不断变红,红色程度增加.由图可见,妃子笑果皮 $h$ 值从花后60 d开始,随着花色苷的合成, $h$ 值下降,果皮转红,果实采收前约一星期(花后73 d),叶绿素快速下降,花色

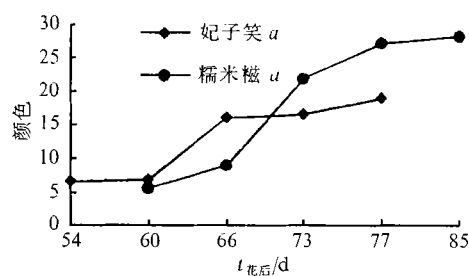


图5 荔枝果皮颜色(a)的变化动态

Fig. 5 The changes of peel color (a) in Litchi peel

苷继续合成,  $h$  值开始快速下降, 叶绿素的降解为红色更好地显现提供了条件; 糯米糍在花后 60 d 时, 随着叶绿素的降解,  $h$  值开始下降, 花后 73 d 后, 随着叶绿素的降解, 类胡萝卜素和花色苷的合成,  $h$  值以较快的速度下降, 果实最后成熟时, 果皮颜色红艳。综合上面的结果可知荔枝果皮红色的表现除了依赖于花色苷的合成外, 叶绿素的降解是一个重要的方面。

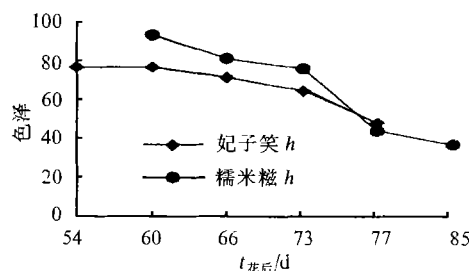


图6 荔枝果皮颜色(h)的变化动态

Fig. 6 The changes of peel color (h) in Litchi peel

### 3 讨论

果实的着色常伴随着果实底色的失绿。荔枝果皮中含有叶绿素、类胡萝卜素和花色苷等多种色素, 不同荔枝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。妃子笑果实着色较差, 果实最后成熟时, 果皮的主色仍为绿色, 果面有一些红色斑块。而糯米糍果实着色好, 果实开始转红后不久, 红色均匀布满整个

果面, 绿色渐渐褪去, 果实最后成熟时, 果皮红艳可爱。分析妃子笑和糯米糍果皮叶绿素和花色苷的含量变化, 笔者发现 2 个品种转熟后花色苷含量都上升, 着色差的妃子笑果皮花色苷含量并不比糯米糍低, 相反还要高。2 个品种的主要差别是妃子笑果皮叶绿素含量较高, 果实转熟后叶绿素含量并不下降, 而是上升, 只是在采收前约一个星期时才以较快的速度下降, 果实采收时叶绿素含量较糯米糍的高。而糯米糍叶绿素在转熟前两星期(花后 60 d)含量就开始下降, 果实转白, 果实转熟后, 随着叶绿素的进一步下降, 花色苷的增加, 果皮转红, 颜色良好。根据试验结果, 我们有理由认为, 果皮的变红与果皮底色的褪绿有重要的关系, 妃子笑着色差的一个原因是由于其果皮叶绿素含量高, 在成熟过程中分解慢而妨碍花色苷红色的显现。

根据试验结果, 可以认为类胡萝卜素与黄色的显现有关, 糯米糍的类胡萝卜素含量比妃子笑的高, 其黄色较妃子笑的明显。但是, 类胡萝卜素的发育对荔枝果皮颜色的商品性影响作用并不大。

#### 参考文献:

- [1] 倪耀源, 吴素芬. 荔枝栽培[M]. 北京: 农业出版社, 1990. 1.
- [2] 全月澳, 周厚基. 果树营养诊断法[M]. 北京: 农业出版社, 1982. 149~150.
- [3] 马志本, 程玉娥. 关于苹果果实表面花色苷含量的化学测定方法[J]. 中国果树, 1984, (4): 49~51.
- [4] RAYMOND G M. Reporting of objective color measurements[J]. HortScience, 1992, 27(12): 1 254~1 255.
- [5] JANE E L, CAROLYN E L, PETER F R, et al. Influence of pigment composition on skin color in a wide range of fruit and vegetables[J]. J Amer Soc Hort Sci, 1997, 122(4): 594~598.
- [6] DSNALD H V. Relating colorimeter measurement of plant color to the royal horticultural society color chart[J]. HortScience, 1992, 27(12): 1 256~1 260.

## Rules of Chlorophyll, Carotenoid, Anthocyanin Synthesis and Their Effects on Litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) Pericarp Coloration

GAO Fei-fei, YIN Jin-hua, CHEN Da-cheng, YE Zi-xing, HU Gui-bing

(Dept. of Horticulture, South China Agric. Univ., Guangzhou 510642, China)

**Abstract:** The pericarp color in litchi was found to be a expression resulting from the effects of various kinds of pigments. The transformation pattern of pericarp pigments in 'Feizixiao' was different from that in 'Nuomici'. During the maturation stage of litchi fruits, both the chlorophyll and anthocyanin contents of pericarp in 'Feizixiao' were higher than those in 'Nuomici'. The excessively high chlorophyll content in 'Feizixiao' pericarp interfered with the red color expression of anthocyanin. On the contrary, it was favorable for the red coloration of anthocyanin that the chlorophyll decomposed rapidly in 'Nuomici' pericarp.

**Key words:** litchi; pericarp color; chlorophyll; carotenoid; anthocyanin

【责任编辑 柴 焰】