

红肉脐橙果肉中主要色素的定性及色素含量的变化

徐娟 邓秀新*

(华中农业大学作物遗传改良国家重点实验室, 武汉 430070)

摘要: 运用薄层层析法及二极管阵列检测器与高效液相色谱联用的方法, 确定红肉脐橙果肉中含有番茄红素和 β -胡萝卜素两种主要色素, 它们在液相色谱图中占总峰面积 (计溶剂峰) 的 73.57% ~ 77.78%, 番茄红素占 55.36% ~ 58.49%, β -胡萝卜素占 18.21% ~ 19.93%。利用反相高效液相色谱仪以及番茄红素和 β -胡萝卜素标样制作标准曲线, 测定果实发育及室温贮存过程中色素的变化动态, 结果表明, 该脐橙果肉中的番茄红素在成熟期含量最高, 达 $109.67 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \text{DM}$, β -胡萝卜素此时也达到最高值 ($15.52 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \text{DM}$); 番茄红素的含量在采收后基本呈下降趋势 (但采收 30 d 有显著升高), 说明果肉中存在类胡萝卜素采后合成的现象; 贮存 4 个月后, 番茄红素含量急剧降低至最高时的 1/10。

关键词: 脐橙; 色素; 薄层层析; 高效液相色谱

中图分类号: S 666 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2002) 03-0203-06

红肉脐橙 (*Citrus sinensis* L. cv. Red flesh navel orange) 是迄今为止甜橙中唯一果肉粉红且着色均匀的芽变, 20 世纪 80 年代发现于委内瑞拉, 90 年代引种至我国长江中下游一带, 具备开发成无籽型高档礼品果的优良特性, 对其着色成分尚未见报道。经初步研究发现, 红肉脐橙果肉中脂溶性色素的紫外可见光谱与番茄的相似, 推测番茄红素是该脐橙的特征色素。是否含有其它色素亦属未知, 因此, 对其色素组成展开研究是揭示其着色机理的前提条件之一。在色素分离和分析的过程中, 可利用紫外可见吸收光谱进行初步鉴定^[1,2]。采用薄层层析法可以对枸杞中的类胡萝卜素和大豆中的总黄酮进行分离和定性^[3,4]。高效液相色谱法是对色素精确定性和定量的方法之一, 如对藻类^[5]、茶叶^[6]、枸杞^[7]、玉米^[8]、柑桔中的温州蜜柑、土耳其甜橙、默科特桔橙等的类胡萝卜素分离、测定等^[9~11]。在对柑桔中类胡萝卜素种类的研究中发现, 巴西甜橙汁内含有叶黄素、玉米黄素、 β -隐黄素、 β -胡萝卜素和 α -胡萝卜素, 以 β -胡萝卜素的含量最高^[12]; 温州蜜柑果皮中可检测到 30 种该类色素^[9]; 奈维莱特的迟熟突变体果实中胡萝卜素与叶黄素含量的比值由 12:88 变为 86:12^[13]; 而红色葡萄柚中的主要色素则为番茄红素和 β -胡萝卜素^[2]。另据报道, 推迟采收会导致温州蜜柑果汁中的类胡萝卜素含量上升^[14]; 室温贮存 6 周后, 葡萄柚中番茄红素下降 35% ~ 52%, β -胡萝卜素上升 40% 或下降 60%^[2]。基于前人的工作, 本研究对红肉脐橙的主要色素进行定性, 并对果实发育和贮存过程中色素含量的变化进行分析, 以期揭示其主要色素合成和分解的动态, 为红肉脐橙的着色机制研究奠定基础。

1 材料与方 法

1.1 材料和药品来源

红肉脐橙采自湖北省宜昌县, 1996 年高接于 12 年生的哈姆林甜橙上 (基础为枳壳)。 β -胡萝卜素、番茄红素及叶黄素标样购自美国 Sigma 公司; 薄层层析用 60 型硅胶 G 购于青岛海洋化工集团; 石油醚、甲醇、丙酮及乙腈等有机试剂 (分析纯) 为中国医药上海化学试剂公司生产。

收稿日期: 2001-11-27; 修回日期: 2002-01-17

基金资助: 国家自然科学基金重点项目; 农业部资助项目

*通讯作者。感谢华中农业大学油菜改良中心梅方竹、魏泽兰、袁德军及孙秀明老师的指导。

1.2 方法

成熟红肉脐橙果肉经冰冻干燥后, 研磨成粉, 密封后贮于 -20 °C 冰箱中备用。

1.2.1 色素的提取 称取冻干的成熟果肉粉 1~2 g, 用石油醚与丙酮的等量混合溶剂于 50 °C 水浴, 料液比 1:60, 1.5 h 内浸提 4 次, 将浸提液合并后倒入分液漏斗中, 加入少量水洗去丙酮和其它杂质, 最后用石油醚萃取定容至 50 mL。

1.2.2 薄层层析分析 参考彭光华^[5]和奥米克斯^[15]的方法。称取市售普通胡萝卜和鲜红色番茄果肉各 2~3 g, 参照冻干果肉法提取色素, 用石油醚萃取定容至 50 mL。

称取 3 g 硅胶 G, 用少量水搅匀, 均匀铺在 20 cm ×10 cm 的展层板上, 整个过程不超过 100 s; 室温下干燥后, 置 110 °C 活化 1~2 h (展层板活化过程中呈直立状), 室温冷却后立放于带盖的塑料盒中或干燥器内备用。点样前样品经旋转蒸发器 (美国 LABCONCO 公司产 78820-02 型) 于 40 °C、60 r/min 条件下浓缩至浓度为 0.1%~1%, 点样体积 1~10 μL, 间距 1.5~2.0 cm, 点样线距底边 (长 10 cm) 2.0 cm, 风干。

于大层析缸中加入展层液 (60 mL 石油醚 + 18 mL 丙酮), 加盖混匀 (展层液低于 2.0 cm), 滤纸贴壁饱和 1 h。点样风干后, 将展层板立放于层析缸中, 当展层剂移动至距起点 10 cm 处 (约需 30 min), 取出展层板, 标记前缘, 于室温或烘箱中干燥, 计算其 R_f 值 (R_f = 展层后斑点与原点之间的距离 / 展层原点与溶剂前缘间的距离)。

1.2.3 高效液相色谱分析 高效液相色谱分析参数依照胡晓丹^[16]设定。定容后的标样液或样品液分别取 2 mL 于液相色谱的样品瓶中, 编号后按顺序放在自动进样器内, 依据保留时间定性, 以峰面积定量。高效液相色谱仪 (美国 Spectra-physics 公司) 包括 As3000 自动进样器、P4000 四元梯度泵、PC1000 OS/2 工作站、SN4000 紫外可见检测器。色谱柱填料为 HYPERSIL C18, 柱长 ×管径为 200 mm ×4.6 mm, 粒度 10 μm (大连 Elite 公司)。流动相为乙腈-二氯甲烷-甲醇 (7:1:1, V/V/V), 流速 1 mL·min⁻¹, 柱温 25 °C, 进样量 20 μL, 检测波长为 450 nm。

将二极管阵列检测器与高效液相色谱仪联用来验证上述定性结果。高效液相色谱仪 (美国 Varian 公司) 使用 Prostar 230 三元梯度泵, 330 PDA 二极管阵列检测器, 扫描范围 200~700 nm, 其余条件同上。

1.2.4 果实发育和贮存过程中主要色素含量变化分析 准确称取 5.4 mg 番茄红素与 5.0 mg β-胡萝卜素, 溶于少量氯仿中, 分别用石油醚定容至 100 mL。番茄红素用石油醚等差稀释至 13.5、10.8、8.1、5.4 及 2.7 μg·mL⁻¹。另外, 用 1.5、0.75 和 0.38 μg·mL⁻¹ 三种浓度测试其最低检测限, β-胡萝卜素用石油醚等比稀释为以下 7 个浓度: 20.0、10.0、5.0、2.5、1.25、0.625 和 0.313 μg·mL⁻¹, 每浓度重复进样 3 次, 记录各标样的保留时间、峰面积等参数, 计算标准曲线方程和相关系数。

自 2000 年 8 月 29 日 (4 月 25 日盛花) 开始到果实采收前约每隔 1 个月取样 1 次, 2000 年 12 月 20 日果实成熟采收, 12 月 25 日运抵武汉, 贮存于室温下, 12 月 26 日 (定为成熟期) 后开始不定期取样, 具体取样时期为: 8 月 29 日、10 月 23 日、11 月 27 日、12 月 26 日、2001 年 1 月 9 日、1 月 16 日、2 月 7 日、2 月 19 日和 4 月 25 日, 每次取样 5~6 个果。称取各时期冻干的果肉粉 2~3 g, 每时期 3 次重复, 将提取的色素进行液相色谱分析, 计算各色素含量。

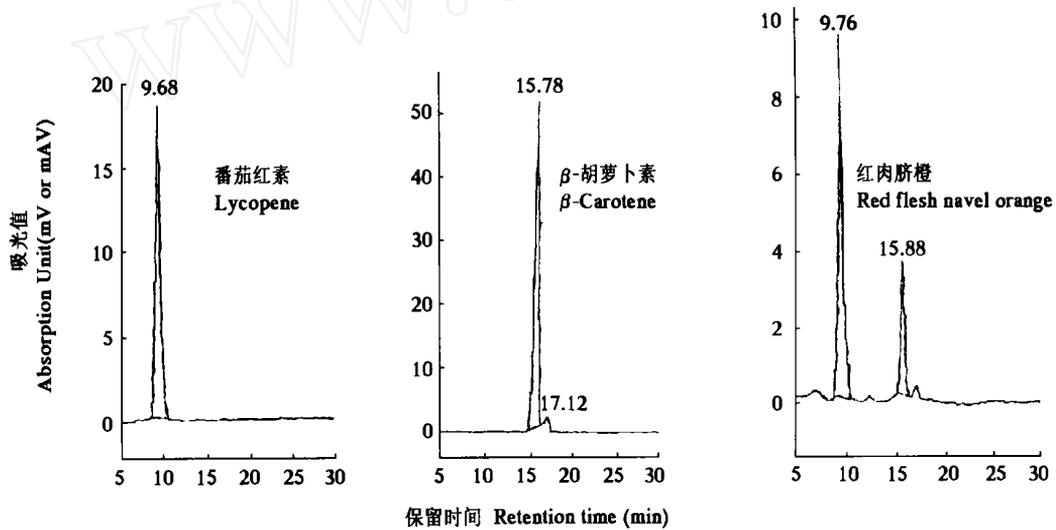
2 结果与分析

2.1 主要色素的定性

在薄层层析中, R_f 值相同的斑点很有可能是同一种物质。层析结果见表 1, 从红肉脐橙中至少分离出 R_f = 0.97 与 R_f = 0.99 两个斑点, 其中 R_f = 0.97 的斑点出现在番茄和番茄红素标样中, 而 R_f = 0.99 的斑点也出现在胡萝卜和 β-胡萝卜素标样中, 表明该脐橙可能含有番茄红素和 β-胡萝卜素。

表 1 红肉脐橙中类胡萝卜素薄层层析的 R_f 值Table 1 TLC R_f values of carotenoids in Red flesh navel orange

材料 Material	R _f 值/ 斑点 R _f value/ spot										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
红肉脐橙 Red flesh navel orange	0	0.23	-	0.37	0.40	0.43	0.50	0.53	-	0.97	0.99
番茄 Tomato	0	0.23	-	-	0.40	0.43	-	-	-	0.97	0.99
胡萝卜 Carrot	0	0.23	-	-	0.40	0.43	-	-	0.57	0.95	0.99
- 胡萝卜素 β -carotene	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.99
番茄红素 Lycopene	0	-	-	-	-	-	-	-	-	0.97	-
叶黄素 Xanthophyll	0	-	0.35	-	-	-	-	-	-	-	-

图 1 番茄红素、 β -胡萝卜素标样及红肉脐橙的液相色谱图

色谱图上所标数值为保留时间。

Fig. 1 Elution files of authentic lycopene, β -carotene and Red flesh navel orange on HPLC

Values marked on the elution files indicate retention times.

被分离物质在高效液相色谱上依据保留时间定性。番茄红素标样在本试验中的保留时间为 9.63 ~ 9.68 min, β -胡萝卜素标样为 15.71 ~ 16.01 min (图 1)。红肉脐橙的高效液相色谱图出现了 3 个主要的峰: 第一个峰的保留时间与溶剂峰相同 (石油醚); 第二个峰也是最高峰, 保留时间与番茄红素标样相同, 为 9.73 ~ 9.82 min, 第三个峰的保留时间则与 β -胡萝卜素标样相同 (15.68 ~ 16.03 min)。这说明红肉脐橙中确实含有番茄红素和 β -胡萝卜素。后两个峰的峰面积约占总峰面积 (计溶剂峰) 的 73.57% ~ 77.78%, 其中番茄红素 55.36% ~ 58.49%, β -胡萝卜素 18.21% ~ 19.93%, 因而, 红肉脐橙中主要色素为番茄红素和 β -胡萝卜素, 因而呈现红色。

二极管阵列检测器与高效液相色谱联用进一步证实了上述结论: 不论保留时间还是紫外可见吸收光谱, 红肉脐橙的第二个峰均与番茄红素标样相同, 第三个峰则与 β -胡萝卜素标样相同。

2.2 果实发育和贮存过程中主要色素的含量变化动态分析

试验所用色素标样的标准曲线的回归方程: 番茄红素标样, $Y = 3.18 \times 10^{-6}X + 0.5307$, $r = 0.9994^{**}$, ($t > t_{0.01}$); β -胡萝卜素标样, $Y = 3.66 \times 10^{-6}X - 0.0702$, $r = 0.9999^{**}$, ($t > t_{0.01}$)。其中, 番茄红素的最低检测限为 $0.75 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$, 回收率 91.4% ~ 104.3%; β -胡萝卜素则分别为 $0.313 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 和 73.0% ~ 75.5%。

果实发育和贮存过程中主要色素的含量变化动态如图 2。就番茄红素而言, 8 月底以后 (8 月 29

日~10月23日), 果肉内的含量下降但不显著〔这两个时期的含量分别为 $(75.70 \pm 7.03) \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 $(58.81 \pm 3.49) \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 〕; 与10月23日相比, 11月27日的含量显著升到 $(78.02 \pm 3.26) \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$; 到果实成熟期, 含量又有急剧增长, 12月26日达各时期的最高值 $(109.67 \pm 8.99) \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$; 采收后20 d内(1月9日)含量第一次显著地降低为 $(67.13 \pm 1.93) \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$; 此后7 d显著升高(1月16日), 但低于成熟时的水平; 2月7~19日〔含量分别为 $(66.72 \pm 8.50) \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 $(70.66 \pm 3.50) \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 〕为采后50~70 d, 番茄红素第二次显著降低并保持与1月9日相近; 贮存至4月25日, 番茄红素含量急剧降低至 $(10.87 \pm 0.10) \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, 仅为成熟时的1/10。

值得指出的是, 比较8月29日落果与正常果, 发现正常果中番茄红素的含量显著地高于落果, 达 $(75.70 \pm 7.03) \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, 而落果则为 $(21.27 \pm 0.85) \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 。

- 胡萝卜素在11月27日前含量甚微, 低于仪器最低检出限。此后大量合成, 并于成熟期(12月26日)达到最大值 $(15.52 \pm 0.48) \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$; 采收后20~70 d(1月9日~2月19日), 该物质含量维持在一定水平且无显著变化; 直至贮存4个月后, - 胡萝卜素含量显著降低至 $(3.28 \pm 0.21) \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 。

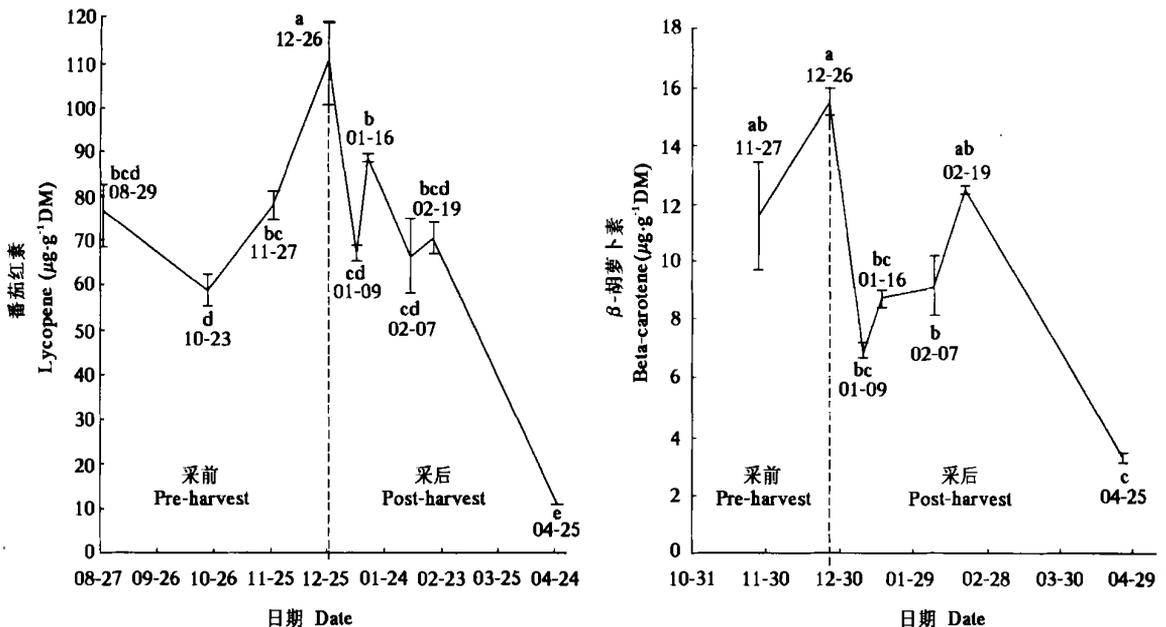


图2 红肉脐橙果实发育和贮存期间主要色素的含量变化

曲线上的小写字母表示5%的差异显著水平, 所标日期为取样期。

Fig. 2 Changes of pigments concentration in Red flesh navel orange during fruit development and storage

Letters on the curves indicate 5% significant level, while dates indicate dates for sampling.

3 讨论

本研究结果表明红肉脐橙中含有番茄红素和 β -胡萝卜素两种主要色素, 因而呈现红色, 与红肉葡萄柚有相同的着色机制。

由果实生长、贮存期主要色素的含量变化可知, 采前番茄红素占干重的含量基本呈逐渐增加的趋势, 但10月23日稍有降低, 可能因此期生长旺盛, 色素合成相对滞后所致。采后色素含量逐渐下降, 但1月16日出现了显著增加的状况, 其原因除细胞失水外, 可能是贮存期又有色素合成的缘故, 我们称之为采后合成。在观察溪蜜柚红肉突变体的贮藏性能时也发现了这种现象。因而, 红肉脐橙在成熟期(12月26日)含有的类胡萝卜素最多, 是最具营养价值的食用期, 室温贮存时间应控制在

30 d 内, 此后果实色素逐渐分解, 原有风味逐渐消失。

血橙是目前甜橙中受欢迎的深色品种之一, 原产地中海, 性喜冬暖夏凉, 因花青素而着色, 果肉着色不均, 呈伴有血丝或血斑状, 色素在达到一定的成熟期后于低温下才能合成^[17], 因而常有未着色的果实出现。与之相比, 红肉脐橙无籽, 果实较耐贮, 有特殊香味, 果肉着色均匀, 受温度影响不明显, 但积温高的地区色泽深, 这与红色葡萄柚的着色规律相同^[18]。另据报道, 在葡萄柚的贮存期, 由于类胡萝卜素消除自由基的作用, 着色愈深者对冷害愈不敏感^[19]。红肉脐橙是否具此特性尚有待研究。红肉脐橙作为礼品果, 无论是着色品质还是货架寿命, 红肉脐橙都比血橙更具有市场潜力。

已知植物在合成类胡萝卜素的过程中, 于链孢红素后出现了以下三个分支: 1) 由链孢红素合成 - 玉米胡萝卜素, 再合成 - 胡萝卜素, 而后生成 - 胡萝卜素; 2) 由链孢红素合成 - 玉米胡萝卜素, 再合成 - 胡萝卜素, 然后生成 - 胡萝卜素; 3) 由链孢红素合成番茄红素, 再合成 - 胡萝卜素, 也可以生成中间产物 - 胡萝卜素, 而后生成 - 胡萝卜素、 - 胡萝卜素和 - 胡萝卜素^[20-22]。可见, 番茄红素只是其中一个分支的中间产物。此外, 红肉脐橙中检测不到 - 胡萝卜素和 - 胡萝卜素, 但可以检测到 - 胡萝卜素。这些现象暗示了以下几个可能: 分支 1) 有可能存在, 也可能不存在, 但不是红肉脐橙中类胡萝卜素合成的主要途径; 分支 2) 途径在红肉脐橙中不存在; 分支 3) 在番茄红素生成后, 剩余步骤被阻滞。已知由番茄红素合成 - 胡萝卜素和 - 胡萝卜素是由番茄红素环化酶催化的, 所以, - 胡萝卜素可能来自分支 1) 途径, 也可能是分支 3) 中番茄红素环化酶受到部分抑制的结果。

参考文献:

- 1 Helmy H. Studies on the pigments of some citrus, prune and cucurbit seed oils hen processed with or without cotton seed oil. *Journal American Oil Chemists' Society*, 1990, 67 (6): 376~380
- 2 Davie S J. Measurement of pigments in coloured grapefruit. *Inligingsbulletin Navorsingsintituut vir Sitrus en subtropiese Vrugte*, 1992, (233): 27~28
- 3 彭光华, 李 忠. 薄层色谱法分离鉴定枸杞子中的类胡萝卜素. *营养学报*, 1998, 20 (1): 76~78
- 4 滕 冰, 吴宗璞. 大豆斑纹粒总类黄酮络合物的 TLC 扫描分析. *大豆科学*, 1999, 18 (1): 42~46
- 5 袁建华, 张义明. 高效液相色谱法测定藻类中的类胡萝卜素和叶绿素. *色谱*, 1997, 15 (2): 133~135
- 6 吉宏武, 王增盛. 茶类胡萝卜素的高效液相色谱测定法. *茶叶科学*, 1997, 17 (2): 225~230
- 7 李 忠, 彭光华. 非水反相高效液相色谱法分离鉴定枸杞子中的类胡萝卜素. *色谱*, 1998, 16 (4): 341~343
- 8 吉宏武, 王增盛. 高效液相色谱分离测定玉米类胡萝卜素. *湖北农学院学报*, 1998, 18 (3): 209~212
- 9 Kolesnik A A, Gblube V N, Meteshkin Y V, et al. Lipids of the fruit Citrus unshiu. *Chemistry of Natural Compounds*, 1989, 25 (3): 293~299
- 10 Ustun N S, Sahin I. Research on the carotenoid distribution of local orange varieties. *Doga. Turk. Tarim ve Ormancilik Dergisi*, 1993, 17 (4): 939~952
- 11 James F F, Russell L R. Solid-phase extraction and HPLC determination of -cryptoxanthin and -and -carotene in orange juice. *J. Agric. Food Chem.*, 1986, (34): 985~989
- 12 Pupin A M, Dinnis M J, Toledo M C F. HPLC analysis of carotenoids in orange juice. *Food Chemistry*, 1999, 64 (2): 269~275
- 13 Lorenzo Z, Fernando A, Dolores M, et al. Understanding the role of plant hormone during development and maturation of citrus fruits through the use of mutants. *Acta. Horticulture*, 1998, (463): 89~96
- 14 Araki C, Izumi Y, Kanazawa H, et al. The characteristics and suitability of fruits for juice processing. III The characteristics and suitability of Wase satsuma mandarin for juice processing. *Bulletin of the Fruit Research Station*, 1990, (18): 47~64
- 15 奥 米克斯. 色谱及有关方法的实验室手册. 杨文澜译. 北京: 机械工业出版社出版, 1986. 422~449
- 16 胡晓丹. 金盏菊花色素的研究: [硕士学位论文]. 武汉: 华中农业大学, 1998. 5~11
- 17 陈良珠. 血橙在江南的适应性调查. *浙江柑桔*, 1985, (3): 27~29
- 18 Bower J, Kleynhans S, Rabe E. Colour evaluation of pigmented grapefruit. *Citrus Journal*, 1991, 1 (2): 36~38
- 19 Bower J P, Lesar K, Farrant J, et al. Parameters relating to citrus chilly sensitivity. *Citrus Journal*, 1997, 7 (5): 22~24
- 20 Godwin T W. The Biochemistry of carotenoids. Vol. 1 Plants. Second edition. London: Chapman & Hall. 1980, 120~124
- 21 安田 齐. 花色的生理生物化学. 傅玉兰译. 北京: 中国林业出版社出版, 1989. 70~76
- 22 Cunningham F J, Bogson B, Sun Z, et al. Functional analysis of the and -lycopene cyclase enzymes of Arabidopsis reveals a mechanism for control of cyclic carotenoid formation. *The Plant Cell*, 1996, 8 (9): 1613~1626

Identification of Main Pigments in Red Flesh Navel Orange (*Citrus sinensis* L.) and Evaluation of Their Concentration Changes during Fruit Development and Storage

Xu Juan and Deng Xiuxin

(National Key Laboratory of Crops Genetic Improvements , Huazhong Agricultural University , Wuhan 430070 , China)

Abstract : In this article , two main pigments lycopene and β -carotene were identified in Red flesh navel orange by using Thin Layer Chromatography and PAD combined with HPLC , its red flesh was pigmented by lycopene which made up to 55.36 % - 58.49 % of the total peak area (counted in peak area of solvent) , whereas β -carotene held 18.12 % - 19.93 % . Using Reverse-phase HPLC , standard curves of authentic lycopene and β -carotene were obtained and then be applied to calculate concentration changes of pigments during fruit development and storage under room temperature . Results showed that concentration of carotenoids was the highest at ripening time (lycopene was up to $109.67 \mu\text{g g}^{-1}$ of dry mass , and β -carotene as much as $15.52 \mu\text{g g}^{-1}$) , after harvest , a tendency of decreasing in pigments was easy to be seen , but there was also a significant increase appeared in Jan. 16th . After 4 months of storage , concentration of carotenoids reached the lowest among all investigated periods .

Key words : Red flesh navel orange (*Citrus sinensis* L.) ; Pigments ; Thin layer chromatography ; High performance liquid chromatography

欢迎购阅《园艺学报》增刊

近年本刊文献综述来稿明显增多,为了给这些具有较大参考价值的综述文章提供更多发表和交流的机会,特编辑出版 2000 年和 2001 年增刊(文献综述为主,收录了少量研究报告和摘要)。

2000 年增刊目录如下:

苹果属植物区系地理学研究
应用同工酶技术鉴别同物异名种
园艺植物组织培养中的褐化现象及抗褐化研究进展
柑桔胞质杂种及其胞质遗传重组
类番茄茄 (*Solanum lycopersicoides*) 的研究进展
黄瓜基因及其连锁研究进展
黄瓜苦味研究概况
辣椒抗病基因工程研究中的主要问题与对策
辣(甜)椒根结线虫的危害、防治和抗病育种
温光处理调控观赏植物花期的研究进展
授粉对花衰老和乙烯生物合成的调节
彩叶植物多彩形成的研究进展
植物化学诱抗剂的研究现状与展望
拮抗菌控制果蔬采后病害研究进展
果蔬蜡液的种类及应用
桃果实水孔蛋白 cDNA 的分离
美国园艺研究简介
鲜菜供应系统的现代化

2001 年增刊目录如下:

果树转基因研究进展
柑桔果实有机酸代谢研究进展
果树根系对地上部的调控及其与水分利用效率的关系
阿月浑子 (*Pistacia vera* L.) 生殖生物学研究评述
蔬菜作物数量性状基因定位研究进展
蔬菜作物光合作用研究进展
胡萝卜雄性不育性研究及利用
分子标记在甘蓝类作物研究中的应用
番茄脐腐病发生机理研究综述
番茄青枯病的研究进展
番茄耐热育种研究进展
有关番茄果实中可溶性固形物和番茄红素的研究进展
芥子油苷研究进展及其在蔬菜育种上的应用前景
辣椒分子标记研究进展
我国辣椒杂交育种与杂交种子生产
昆明世界园艺博览园植物引种展示
比利时杜鹃研究进展
温室园艺作物生长发育模型研究现状与发展趋势
园艺植物的根系限制及其应用
绿色园艺——21 世纪中国园艺业的发展方向
十字花科蔬菜作物雄性不育的类型和遗传

每册定价 10 元,编辑部自办发行,欢迎广大读者购阅。

购书者请通过邮局汇款至北京中关村南大街 12 号中国农科院蔬菜花卉所《园艺学报》编辑部,邮编 100081。