福建农业学报 30(11):1071～1074,2015
Fujian Journal of Agricultural Sciences
文章编号：1008－0384（2015）11－1071－04

陈敏氡，朱海生，王彬，等．不同草莓品种成熟期类胡萝卜素含量的研究［J］．福建农业学报，2015，30（11）：1071－1074.
CHEN M-D，ZHU H-S，WANG B，et al. Contents of Carotenoid in Different Strawberry Varieties During Maturing Stage［J］. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*，2015，30（11）：1071－1074.

不同草莓品种成熟期类胡萝卜素含量的研究

陈敏氡[1,2,3]，朱海生[1,2,3]，王　彬[1,2,3]，温庆放[1,2,3*]

（1. 福建省农业科学院作物研究所，福建　福州　350013；2. 福建省农业科学院蔬菜研究中心，福建　福州　350013；3. 福建省蔬菜工程技术研究中心，福建　福州　350013）

摘　要：以‘福莓1号’、‘法兰地’、‘女峰’、‘红珍珠’和‘红实美’等5个草莓品种为材料，利用超高效液相色谱法（UPLC）研究不同草莓品种果实成熟期类胡萝卜素含量的变化。结果表明，5个草莓品种主要含叶黄素和β-胡萝卜素，不同品种间类胡萝卜素的含量存在差异，‘福莓1号’、‘法兰地’、‘女峰’中类胡萝卜素含量较高，而‘红珍珠’和‘红实美’较低；果实外部的类胡萝卜素含量显著高于中心部位；‘福莓1号’和‘法兰地’中类胡萝卜素的含量随果实成熟而逐渐下降，其中绿果期到白果期以及粉红果期到红果期含量下降最为明显。

关键词：草莓；类胡萝卜素；品种；果实部位；成熟期

中图分类号：S 668.4　　**文献标识码**：A

Contents of Carotenoid in Different Strawberry Varieties During Maturing Stage

CHEN Min-dong[1,2,3]，ZHU Hai-sheng[1,2,3]，WANG Bin[1,2,3]，WEN Qing-fang[1,2,3*]

（1. *Crops Research Institute*，*Fujian Academy of Agricultural Sciences*，*Fuzhou*，*Fujian*　350013，*China*；
2. *Vegetable Research Center*，*Fujian Academy of Agricultural Sciences*，*Fuzhou*，*Fujian*　350013，*China*；
3. *Fujian Engineering Research Center for Vegetables*，*Fuzhou*，*Fujian*　350013，*China*）

Abstract：Carotenoid contents of the strawberries，Fu Mei No. 1，Frandy，Nyoho，Red Pearl，and Hong Shi Mei，at various maturing stages and in different parts of the fruits were determined using UPLC. The results showed that the dominant carotenoids in the 5 varieties of strawberries were lutein and β-carotene. The total carotenoid contents were higher in Fu Mei No. 1，Frandy，and Nyoho，and lower in Red Pearl and Hong Shi Mei. They were significantly higher in the outer parts than the core of the fruits. And，as Fu Mei No. 1 and Frandy strawberries were maturing，their carotenoid contents decreased，and the declines were most significant from the green to the white stage，as well as，from the pink to the red stage.

Key words：strawberry；carotenoid；variety；fruit part；maturing stage

草莓 *Fragaria ananassa* Duch. 属蔷薇科多年生草本植物，果实营养丰富且兼具食疗功效，拥有‘水果皇后’之美称[1－3]。近年来，随着人们对饮食保健的日益重视，开发与利用草莓中的有效成分已逐渐成为研究热点。

类胡萝卜素是一类脂溶性天然色素的总称，其中包含的β-胡萝卜素是维生素A的重要合成前体[4]。据世界卫生组织统计，截止到2012年，世界上仍有1.9～2.5亿的学龄前儿童缺乏维生素A，每年约有810万5岁以下的儿童死于维生素A缺乏症，而摄取富含类胡萝卜素的植物性食品可以使死亡率降低24%～34%[5－7]。笔者在前期研究中已经建立了草莓类胡萝卜素的UPLC分析体系，并测定了果实中类胡萝卜素的成分及含量[8]，然而对于这些成分及含量的变化特点尚不明确。因此，本试验以‘福莓1号’、‘法兰地’、‘女峰’、‘红珍珠’和‘红实美’5个草莓品种为材料，利用超高效液相色谱法（UPLC）研究草莓果实不同部位、品种和成熟期类胡萝卜素含量的变化，找出草莓果实中类胡萝卜素的差异特征，以期为进一步研究草莓果实类

收稿日期：2015－09－12初稿；2015－10－14修改稿
作者简介：陈敏氡（1989－），女，研究实习员，主要从事园艺植物分子生物学研究（E-mail：1053870789@qq.com）
*通讯作者：温庆放（1965－），男，研究员，主要从事蔬菜栽培和育种研究（E-mail：fjvrc@163.com）
基金项目：福建省自然科学基金项目（2015J01118）；福建省科技计划项目——省属公益类科研院所基本科研专项（2014R1101010-3）

胡萝卜素的积累及转化规律提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

叶黄素、番茄红素、β-隐黄质、β-胡萝卜素标准品（Sigma，USA），乙腈和甲醇为色谱纯（Fisher，USA）；丙酮、石油醚、无水硫酸钠、氢氧化钾均为分析纯，购置上海国药集团。超高效液相色谱仪 ACQUITY UPLC H-Class（Waters，USA），光电二极管矩阵检测器 eλPDA（Waters，USA），2.1 mm×50 mm，1.7 μm 的 ACQUITY UPLC BEH C_{18} 色谱柱（Waters，USA），旋转蒸发器 RV10（IKA，Germany）。

1.2 试验方法

1.2.1 不同品种间类胡萝卜素含量的测定　供试草莓品种为‘福莓1号’、‘法兰地’、‘女峰’、‘红珍珠’和‘红实美’，于2014年12月采自福清市东张试验基地，该基地土壤肥力较高，排灌方便，管理良好。采果时期为红果期（盛花后45d，果面红色，适于食用），每个品种采50粒果，采后立即运回实验室。挑选大小相近，无明显病虫害和机械损伤的果实进行类胡萝卜素含量测定。

1.2.2 不同果实部位类胡萝卜素含量的测定　根据草莓果实的解剖结构可将果肉分成2个部分，中心部位（肉质髓）和外部（皮层）。选取1.2.1中采回的5个品种果实，用小刀将其中心部位和外部分离，混合5个品种的中心部位果肉和外部果肉，各自进行类胡萝卜素含量的测定，试验重复3次。

1.2.3 不同成熟期类胡萝卜素含量的测定　选择当地主栽品种‘法兰地’及自主选育品种‘福莓1号’的果实为材料，于2014年在东张基地进行5个成熟期果实的采摘（表1，图1），果实取样时期分别为2014年11月20号，12月5号、10号、15号和20号，每个时期采摘15粒，选择着色一致、无病虫害、无挤压损坏的果实进行类胡萝卜素含量测定，试验重复3次。

表1 草莓果实的5种成熟期

Table 1 Five maturing stages of strawberries

成熟期	主要外观特征
绿果期	盛花后15 d，果实绿色，坚实，不宜食用
白果期	盛花后30 d，果实膨大，外观开始由绿向白
转色期	盛花后35 d，果实尖部有10%转色
粉红果期	盛花后40 d，果实转色达全果的30%～60%
红果期	盛花后45 d，果实呈现出品种的特有色泽，适于食用

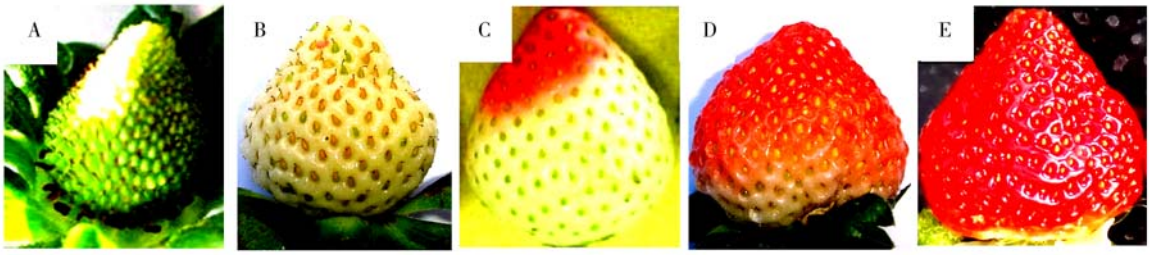

图1 草莓果实的5个成熟期

Fig. 1 Strawberries in 5 maturing stages

注：A为绿果期；B为白果期；C为转色期；D为粉红果期；E为红果期。

1.3 草莓类胡萝卜素含量测定

1.3.1 草莓类胡萝卜素提取　将新鲜草莓果肉切片放置于预冷的研钵中，加入液氮快速研磨，准确称取5 g粉末，加入20 mL浸提剂（丙酮：石油醚=1：2）放置于50℃下避光浸提，过滤并收集清液，重复以上操作至果渣变白，将提取液合并，用旋转蒸发仪在40℃将其蒸干，用20 mL的石油醚（含0.1% BHT）复溶，加入20 mL皂化液10% KOH-甲醇，放置过夜，收集上层，下层继续萃取至无色，合并并移至分液漏斗，用双蒸水反复洗涤至中性，加入10 g Na_2SO_4，过滤并蒸干，用丙酮定容至2 mL，整个操作避光进行。

1.3.2 草莓类胡萝卜素UPLC分析　采用2.1 mm×50 mm，1.7 μm的ACQUITY UPLC BEH C_{18} 色谱柱，流动相为乙腈：甲醇=9：1，色谱参数为波长450 nm；流速0.5 mL·min^{-1}；进样体积10 μL；柱温27.4℃，样品温度24.1℃，上机前用流动相稀释，经0.22 μm滤膜过滤，样品重复测定3次。

1.4 数据统计分析

采用SPSS17.0软件、Excel 2003对草莓果实

类胡萝卜素含量进行数据统计分析。

2　结果与分析

2.1　草莓果实不同品种间类胡萝卜素含量的差异

从表 2 可知，‘福莓 1 号’和‘法兰地’2 个品种含有叶黄素、β-隐黄质和 β-胡萝卜素；‘红实美’、‘红珍珠’和‘女峰’3 个品种含有叶黄素和 β-胡萝卜素。5 种草莓品种类胡萝卜素总量依次为‘福莓 1 号’>‘女峰’>‘法兰地’>‘红实美’>‘红珍珠’，其中‘福莓 1 号’、‘女峰’和‘法兰地’类胡萝卜素总量相近，与‘红实美’和‘红珍珠’有显著差异（$P<0.05$）。各组分含量上，叶黄素含量依次为‘法兰地’>‘女峰’>‘福莓 1 号’>‘红珍珠’>‘红实美’，‘红实美’和‘红珍珠’所含的叶黄素含量显著低于其他 3 个品种（$P<0.05$）；β-隐黄质含量依次为‘福莓 1 号’>‘法兰地’，‘福莓 1 号’中 β-隐黄质的含量明显高于‘法兰地’（$P<0.05$）；β-胡萝卜素含量依次为‘女峰’>‘福莓 1 号’>‘法兰地’>‘红珍珠’>‘红实美’，其中‘女峰’和‘福莓 1 号’中 β-胡萝卜素含量显著高于其他 3 种（$P<0.05$）。由此可见，叶黄素和 β-胡萝卜素是 5 个草莓品种中主要的类胡萝卜素成分，不同草莓品种间类胡萝卜素的成分及含量存在差异。

表 2　不同草莓品种类胡萝卜素含量（$n=3$）

Table 2　Carotenoid contents in matured strawberries of different varieties ($n=3$)

品种	类胡萝卜素（$\mu g \cdot hg^{-1}$）			
	叶黄素	β-隐黄质	β-胡萝卜素	总量
红实美	5.28±0.17 b	ND	8.99±0.14 b	14.52±0.38 b
福莓 1 号	8.75±0.29 a	1.67±0.57 a	14.54±0.44 a	24.96±0.77 a
红珍珠	5.70±0.28 b	ND	5.28±0.35 c	10.97±0.59 c
女峰	9.49±0.53 a	ND	15.41±0.59 a	24.90±0.58 a
法兰地	11.99±0.69 a	0.95±0.09 b	9.87±0.56 b	22.81±0.66 a

注：类胡萝卜素的总量为各分量之和，在同一列内标不同小写字母表示在 0.05 水平下差异显，ND 表示没有检测到类胡萝卜素。

2.2　草莓果实不同部位类胡萝卜素含量的差异

从图 2 可知，成熟草莓中不同果肉部位均含有叶黄素和 β-胡萝卜素，然而，果肉外部中叶黄素和 β-胡萝卜素的含量明显高于中心部位，二者差异极显著（$P<0.01$）。可见，成熟红果中的类胡萝卜素可能主要集中在果肉外部。

2.3　草莓果实不同成熟期类胡萝卜素含量的变化

由表 3 可知，‘福莓 1 号’和‘法兰地’2 个品种在果实成熟的各个阶段都能检测到叶黄素和β-胡萝卜素，并且自果实转色后，还有少量 β-隐黄质的累积。随着果实成熟，类胡萝卜素总量和各分量逐渐减少，其中绿果期到白果期及粉红果期到红果期含量下降最明显。

表 3　草莓果实不同成熟期类胡萝卜素含量的变化（$n=3$）

Table 3　Carotenoid contents of strawberries during 5 maturing stages ($n=3$)

品种	成熟期	类胡萝卜素/（$\mu g \cdot hg^{-1}$）			
		叶黄素	β-隐黄质	β-胡萝卜素	总量
福莓 1 号	1	15.18±0.39 a	ND	20.78±0.29 a	35.96±0.62 a
	2	12.92±0.67 b	ND	18.24±0.76 b	31.16±1.41 b
	3	12.32±0.67 b	2.82±0.24 a	17.31±1.33 b	32.45±2.23 b
	4	11.20±0.53 b	1.91±0.29 b	16.62±0.50 b	29.73±1.14 c
	5	8.75±0.29 c	1.67±0.57 c	14.54±0.44 c	24.96±0.77 d
法兰地	1	19.56±0.57 a	ND	17.49±0.99 a	37.04±1.42 a
	2	17.64±0.64 b	ND	16.13±1.03 b	33.78±1.44 b
	3	16.31±0.68 c	1.56±0.32 a	15.29±0.39 b	33.16±0.71 b
	4	15.80±0.51 c	1.21±0.23 b	14.89±0.58 b	31.90±0.56 b
	5	11.99±0.69 d	0.95±0.09 b	9.87±0.56 c	22.81±0.66 c

注：类胡萝卜素的总量为各分量之和；在同一列数值后面标有不同小写字母表示在 0.05 水平下差异显著；ND 表示没有检测到类胡萝卜素。

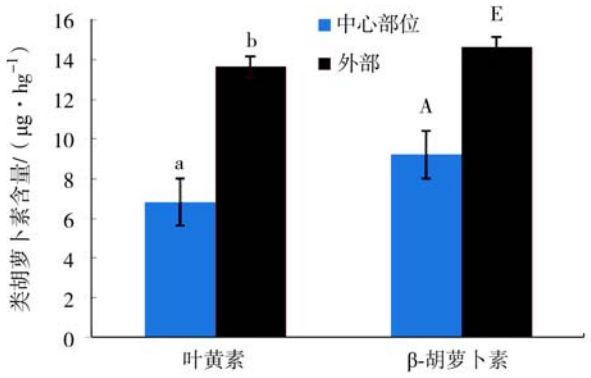

图 2 草莓果实不同部位类胡萝卜素含量

Fig. 2 Carotenoid contents in different parts of strawberries

3 讨论与结论

类胡萝卜素是一类重要的脂溶性天然色素的总称，它既是影响果实外观品质和花卉观赏价值的重要因素，也是决定水果、蔬菜内在营养品质的重要指标[9]。在果蔬作物中，基因型、栽培环境、生理代谢的不同都是造成类胡萝卜素含量差异的重要原因[10-12]。因此，不同果蔬所含的类胡萝卜素成分和含量差异较大，即使是同一果蔬，不同品种、部位之间类胡萝卜素含量也存在一定差异。本试验为探究草莓果实中类胡萝卜素的差异特征，对其不同品种、果实部位中类胡萝卜素的成分及含量进行比较，结果表明 5 个草莓品种中，‘福莓 1 号’和‘法兰地’含有 3 种类胡萝卜素成分，即叶黄素、β-隐黄质和 β-胡萝卜素，而‘红实美’、‘红珍珠’和‘女峰’3 个品种只含有叶黄素和 β-胡萝卜素。‘法兰地’、‘女峰’和‘福莓 1 号’所含的叶黄素含量显著高于‘红珍珠’和‘红实美’，β-胡萝卜素含量以‘女峰’和‘福莓 1 号’最高，并且在成熟果实中，外部的类胡萝卜素含量显著高于中心部位。可见，草莓果实中类胡萝卜素含量存在品种、部位的差异，推测这可能与作物本身的遗传背景以及栽培时的环境条件如温、光等调控因子有关。

本试验还研究了草莓果实不同成熟期类胡萝卜素含量的变化，结果显示在果实发育的整个过程都能检测到叶黄素和 β-胡萝卜素，并且随着果实的成熟其含量逐渐降低，这与 Garcia 等的研究结果一致[13]。此外研究还发现，叶黄素和 β-胡萝卜素含量的下降主要发生在绿果期到白果期以及粉红果期到红果期，推测这两段时期可能出现类胡萝卜素的明显降解，而对于其降解原因有待进一步的研究。

参考文献：

[1] 罗学兵，贺良明. 草莓的营养价值和保健功能 [J]. 中国食物与营养，2011，17 (4)：74－76.

[2] 罗娅，唐勇，冯珊，等. 6 个草莓品种营养品质与抗氧化能力研究 [J]. 食品科学，2011，32 (7)：52－55.

[3] WANG HONG，CAO GUOHUA，PRIOR R L. Total antioxidant capacity of fruits [J]. Journal Agricultural Food Chemistry，1996，44：701－705.

[4] BARTLE GE，SCOLNIK PA. Plant carotenoids：Pigments for photoprotection，visual attraction，and human health [J]. Plant Cell，1995，7：1027－1038.

[5] MAYO-WILSON E，IMDAD A. Vitamin A supplements for preventing mortality，illness and blindness in children aged under 5：systematic review and meta-analysis [J]. British Medical Journal，2011，343：5094－5112.

[6] TANG GW，HU YM. β-Carotene in Golden Rice is as good as β-carotene in oil at providing vitamin A to children [J]. The American Journal of Clinical Nutrition，2012，96：658－664.

[7] WEST KP，KLEMM RDW，SOMMER A. Vitamin A saves lives. Sound science，sound policy [J]. World Nutrition，2010，1：211－229.

[8] 陈敏氡，朱海生，温庆放，等. UPLC 测定草莓果实中类胡萝卜素含量 [J]. 果树学报，2013，30 (4)：706－711.

[9] 陶俊，张上隆. 柑橘果实主要类胡萝卜素成分及含量分析 [J]. 中国农业科学，2003，36 (10)：1202－1208.

[10] 郝敬虹，景睿，苏贺楠，等. 不同类型叶用莴苣类胡萝卜素含量的差异性分析 [J]. 北京农学院学报，2014，29 (3)：30－32.

[11] 杨虹琦，周冀衡，杨述元，等. 不同产区烤烟中主要潜香型物质对评吸质量的影响研究 [J]. 湖南农业大学学报：自然科学版，2005，31 (1)：11－14.

[12] 张其骏. 胡萝卜类胡萝卜素及其品质的研究 [D]. 浙江：浙江大学，2002.

[13] GARACIA-LIMONES C，SCHNABELE K. Functional characterization of FaCCD1：a carotenoid cleavage dioxygenase from strawberry involved in lutein degradation during fruit ripening [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry，2008，56：9277－9285.

（责任编辑：黄爱萍）