

## 单胚与多胚型芒果果实发育及后熟过程中品质特征的变化研究

赵家桔<sup>1,2</sup>, 张新春<sup>2</sup>, 李焕苓<sup>2</sup>, 周兆禧<sup>3</sup>, 王家保<sup>2\*</sup>

(1 海南大学 应用科技学院儋州校区, 海南儋州 571737; 2 中国热带农业科学院环境与植物保护研究所, 海口 570102; 3 中国热带农业科学院海口实验站, 海口 570102)

**摘要:**以芒果单胚型品种‘金煌’、‘贵妃’和多胚型品种‘红玉’、‘白象牙’为试材, 选择 4 个品种栽培管理条件基本一致的同龄芒果园, 每品种选取生长势一致植株各 18 株, 自盛花后每品种每周各选取 30 个果测定其营养成分, 比较单胚与多胚类型芒果发育及后熟过程中主要品质特征的变化规律, 为提高芒果果实品质及芒果新品种培育提供理论依据。结果显示: (1) 单胚品种芒果从果实发育初期到后熟期的可溶性糖和可溶性固形物含量均显著高于多胚品种。 (2) 不同胚性芒果果实发育过程中可滴定酸含量均呈先升高后降低的变化趋势, 且各品种成熟前的最高值和后熟期的最终值均为多胚品种高于单胚品种(‘红玉’>‘白象牙’>‘贵妃’>‘金煌’)。 (3) 不同胚性芒果果实发育过程中固酸比的变化趋势均为前期平缓, 进入后熟期后各品种的固酸比均迅速上升达到最高, 其峰值表现为‘金煌’(83.8%)>‘白象牙’(50.04%)>‘贵妃’(49.41%)>‘红玉’(29.52%)。 (4) 芒果果实的类胡萝卜素含量在后熟期的峰值和最终值单胚品种均显著高于多胚品种, 且单胚品种的果肉黄色较多胚品种明显。研究表明, 单胚品种芒果的果实品质优于多胚品种。

**关键词:** 芒果; 胚性; 果实品质

**中图分类号:** Q945.6<sup>+</sup>5

**文献标志码:** A

## Studies on Quality Characteristics during the Development of Different Embryos Sex of Mango Fruit

ZHAO Jiaju<sup>1,2</sup>, ZHANG Xinchun<sup>2</sup>, LI Huanling<sup>2</sup>, ZHOU Zhaoxi<sup>3</sup>, WANG Jiabao<sup>2\*</sup>

(1 College of Application Science and Technology at Danzhou, Hainan University, Danzhou, Hainan 571737, China; 2 Environment and Plant Protection Institute, Chinese Academy of Tropical Agriculture Sciences, Haikou 570102, China; 3 Haikou Experiment Station, Chinese Academy of Tropical Agriculture Sciences, Haikou 570102, China)

**Abstract:** With mono-embryonic of ‘Jinhuang’ and ‘Guifei’, poly-embryonic of ‘Baixiangya’ and ‘Hongyu’ as test materials from the same age mango orchards and management conditions, we measured the quality characters of 30 fruits each plant, 18 plants each variety after full bloom every week. We compared the variation of main quality characteristics between mono-embryonic and poly-embryonic during fruit development and ripe, in order to provide a theoretical basis for improving the quality of mango fruit and mango cultivation of new varieties. The results showed that: (1) Soluble sugar and soluble solids contents of mono-embryonic varieties mango fruit from the early development to the ripe stage were significantly higher than

收稿日期: 2013-02-08; 修改稿收到日期: 2013-11-12

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项经费项目(nyhyzx07-032-11)

作者简介: 赵家桔(1983—), 女, 讲师, 在读硕士研究生, 主要从事果实生物学研究。E-mail: zhaojiaju07@163.com

\* 通信作者: 王家保, 副研究员, 硕士生导师, 主要从事植物生物技术与种质创新方面的研究。E-mail: fdabo@163.com

that of poly-embryonic varieties. (2) Titratable acidity increased firstly and then decreased during mango fruit developmental process. And the highest value of premature fruits and the final values in ripe period of mono-embryonic varieties are much higher than that of poly-embryonic varieties. ('Hongyu' > 'Baixiangya' > 'Guifei' > 'Jinhuang'). (3) The solid acid ratio of mango fruits of all varieties are stable before ripe period and are rapidly rising to the highest, with the peak performance 'Jinhuang' (83.8%) > 'Baixiangya' (50.04%) > 'Guifei' (49.41%) > 'Hongyu' (29.52%). (4) The peak and final values of carotenoid content of mango fruit in ripe period of mono-embryonic varieties were significantly higher than that of poly-embryonic varieties, and the yellow flesh of mono-embryonic varieties more obvious. Research shows that the mango fruit quality of mono-embryonic varieties is better than that of poly-embryonic varieties.

**Key words:** mango; embryo sex; fruit quality

芒果(*Mangifera indica*)是重要的热带水果,享有“热带果王”之美誉,具有较高的经济价值<sup>[1]</sup>。根据种子特征可将芒果品种分为单胚和多胚两个类群<sup>[2-4]</sup>。在植物的一个胚珠中包含两个或两个以上种胚的现象称为多胚现象。其中单胚类型一般具有核小的特征,种子饱满度约为种壳的2/3<sup>[5]</sup>。多胚类型风味通常味较淡,但不酸,松脂味也不明显;而单胚品种则恰恰相反<sup>[6]</sup>。樊卫国等<sup>[7]</sup>对南北盘江河谷的野生芒果资源调查分析表明,野生芒果果皮厚,果实小,种子大,可食率低,品质差,多胚和单胚共存。唐婷等<sup>[8]</sup>认为,选育果实外观艳丽、品质优、香味诱人的芒果品种是今后发展方向。构成芒果果实品质的主要因子为果实内的可溶性糖、可溶性固形物、可滴定酸、类胡萝卜素含量等,也是决定果实风味并与色泽发育等外观品质密切相关。本课题组前期的研究表明,完熟芒果果实中多胚品种的可溶性糖含量显著高于单胚品种<sup>[9]</sup>。本实验拟在前期研究的基础上,以单胚型品种‘金煌’、‘贵妃’和多胚型品种‘红玉’、‘白象牙’为试材,比较研究单胚与多胚类型芒果果实发育及后熟过程中主要品质特征的变化规律,以期为提高芒果果实品质及芒果新品种培育提供理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 样品采集

单胚品种‘金煌’和‘贵妃’、多胚品种‘红玉’和‘白象牙’4个品种果实均采于海南海创芒果有限责任公司(昌江七岔)芒果基地。每品种选取生长势一致的植株各18株,自2009年3月1日起(‘白象牙’在盛花后1周,其余品种盛花后2周左右)每品种各选取树冠外围30个果实挂牌标记,每周采集与挂牌果实大小相同或相近的果实30个,2 h内运回实验室。先称取单果质量,然后削皮,用直径1 cm打孔器在果实中部取果肉,每果对称2处,深达果核,每

重复果肉混合,液N<sub>2</sub>速冻后贮于-76℃备用。每周观测取样1次,直至果实成熟。

4个品种果实均于5月21日成熟并采收。采收后4 h内运至实验室(海南儋州),剔除病、伤果,选择大小、果色均匀,成熟度一致的果实,用500 μl/L施保克浸泡3 min表面杀菌,然后用自来水冲洗,晾干后于25℃、空气相对湿度81%~95%的环境下任其自然成熟,每10个果为一重复,沿每完熟果实腹缝线两侧上、中、下三个部位分别打直径1 cm的果肉肉柱,深达果核。每重复果肉混合,用液N<sub>2</sub>研磨成粉末贮于-76℃备用。

### 1.2 指标测定

百分之一天平称量果实质量,手持折光仪(日本,ATAGO)测定果肉的可溶性固形物含量。每次每品种观测30果,取平均值。

按照郝建军等<sup>[10]</sup>的蒽酮比色法测定果实可溶性糖含量,NaOH滴定法测定可滴定酸含量(以柠檬酸为标准计算)。计算每重复的可溶性固形物/可滴定酸比值(固酸比)。参照张学杰等<sup>[11]</sup>的方法测定果实类胡萝卜素含量,以3次重复的平均值表示。

### 1.3 数据分析

采用Microsoft Excel 2003和DPS(v6.55)统计软件<sup>[12]</sup>对测得数据进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同胚性芒果果实在发育及后熟过程中可溶性糖含量的变化

可溶性糖是衡量果实品质的一个重要指标。图1显示。两种胚性芒果果实可溶性糖含量在发育前期随着果实的生长而逐渐增加,后熟期达到最高,之后又呈下降的趋势,其变化规律基本一致。于成熟初期(3月30日至5月12日)和后熟期(5月27以后)单胚品种的糖含量均显著高于多胚品种;两单胚品种于3月1日至3月30日差异不显著,从4月6

日直到后熟期,‘金煌’糖含量的峰值和最终值(16.10%和12.10%),均显著高于‘贵妃’(14.60%和11.20%)。且变化趋势基本一致。多胚品种在发育及后熟过程中可溶性糖含量的变化趋势基本一致。‘白象牙’于发育初期(3月8日)一直到后熟期其糖含量均显著高于‘红玉’,‘白象牙’含量的峰值和最终值分别为(13.45%和10.90%),显著高于‘红玉’(12.21%和9.20%)。

## 2.2 不同胚性芒果果实在发育及后熟过程中可滴定酸含量的变化

果实品质中的酸含量对果品的口味和风味有重要的影响。由图2可知,不同胚性芒果果实可滴定酸(TA)含量在发育及后熟过程中的变化均呈先升高后降低趋势。发育初期(3月1日至3月16日)单胚与多胚果实无显著差异;于3月22日至5月21日多胚品种的TA显著高于单胚。两个单胚品种的TA变化趋势基本一致,发育初期‘金煌’TA显著高于‘贵妃’,而3月30日至成熟后期,‘贵妃’TA的峰值和最终值分别为3.14%和0.18%显著高于‘金煌’分别为2.93%和0.14%。两个多胚品种的TA从3月1日至5月12日均无显著差异,进入后熟期5月21日后‘红玉’的TA显著高于‘白象牙’,‘红玉’和‘白象牙’的最终值分别为(0.29%和0.22%)。

## 2.3 不同胚性芒果果实在发育及后熟过程中可溶性固形物含量的变化

图3显示,不同胚性芒果果实在发育及后熟过程中单胚品种的可溶性固形物(TSS)含量均始终高于多胚品种,且变化趋势与其可溶性糖含量的变化

类似。其中发育初期直到后熟期单胚品种‘金煌’和‘贵妃’TSS含量均比多胚品种‘红玉’和‘白象牙’高,单胚品种‘金煌’的TSS含量峰值和最终值分别为15.3%和11.4%,‘贵妃’分别为13.9%和10.5%;多胚品种‘红玉’的TSS含量峰值和最终值分别为11.5%和8.3%,‘白象牙’分别为12.3%和10.8%。

## 2.4 不同胚性芒果果实在发育及后熟过程中固酸比的变化

果实品质的一个主要影响因素在于固酸含量及其配比关系,前期研究显示可溶性糖与可溶性固形物极显著正相关,糖酸比与固酸比极显著正相关,可以用可溶性固形物与固酸比代替可溶性糖及糖酸比表示芒果的品质<sup>[9]</sup>。图4显示,不同胚性芒果果实发育过程中固酸比从3月1日至5月27日均呈波

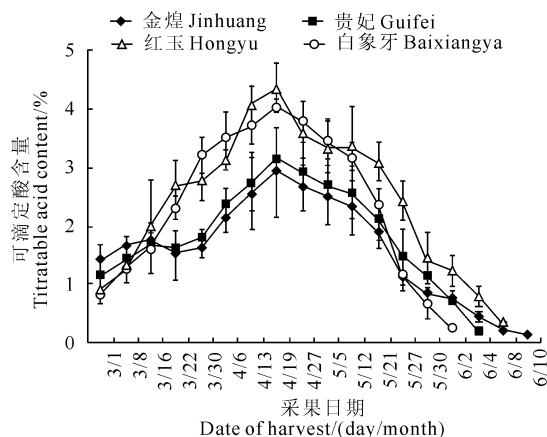


图2 果实可滴定酸含量随生育期变化

Fig. 2 The changes of titratable acid (TA) content in fruit pulp during development stages

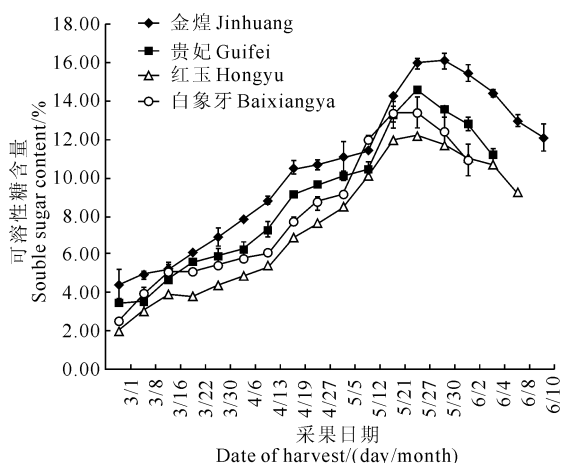


图1 果实可溶性糖含量随生育期变化

Fig. 1 The changes of soluble sugar content in fruit pulp during development stages

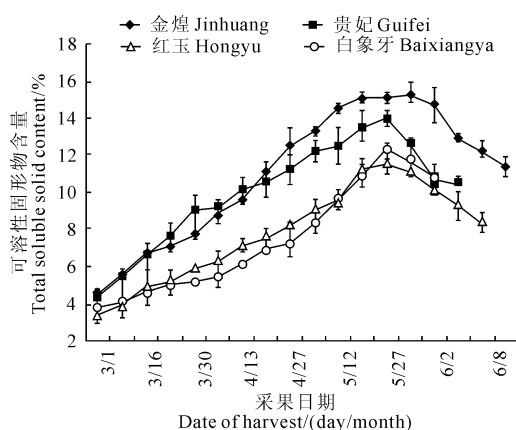


图3 果实可溶性固形物含量随生育期变化

Fig. 3 The changes of total soluble solid (TSS) content in fruit pulp during development stages

动性缓慢变化趋势,进入后熟期后,各品种果实固酸比均迅速上升到最高,峰值表现为‘金煌’(83.8)>‘白象牙’(50.04)>‘贵妃’(49.41)>‘红玉’(29.52)。结果说明单胚品种中‘金煌’果实品质优于‘贵妃’;多胚品种中‘白象牙’果实品质优于‘红玉’。

## 2.5 不同胚性芒果果实在发育及后熟过程中类胡萝卜素含量的变化

植物类胡萝卜素大量存在于许多黄色、橙色和红色果实中,其含量和组成不仅决定果实外观色泽和商品性,而且其在预防疾病、清除自由基、提高免疫力和延缓衰老等保护人类健康方面也起着重要作用<sup>[13-15]</sup>。图5显示,不同胚性芒果果实的类胡萝卜素含量均呈先上升后下降的变化趋势,其中单胚品种‘贵妃’于3月1日至4月13日均显著高于‘金煌’;进入后熟期后,‘金煌’的峰值和最终值分别为19.00和16.50 mg/kg,‘贵妃’则分别为17.20和

16.00 mg/kg。多胚品种‘红玉’和‘白象牙’的变化趋势基本一致,发育初期均出现两个高峰,‘红玉’于4月13日和5月21日分别达到峰值为11.12和11.85 mg/kg,‘白象牙’则于4月19日和5月12日达到峰值分别为12.41和12.00 mg/kg,后期略高于前期;进入后熟期(5月21日)‘红玉’的类胡萝卜素含量显著高于‘白象牙’,‘红玉’和‘白象牙’的最终值分别为9.64和9.21 mg/kg。可见,两种胚性芒果果实类胡萝卜素含量在成熟期(5月21日)前相近,进入后熟期后单胚果实明显大于多胚果实,且峰值后差异显著。表明单胚品种的芒果果实品质优于多胚品种。

## 3 讨论

果实所积累糖的种类和含量对果实风味、色泽和其他营养物质有重要影响,是决定果实品质和价值的主要因素<sup>[16-17]</sup>。本研究结果表明,芒果果实中可溶性糖、可溶性固形物含量在果实发育早期处于较低水平,但随着果实的发育,含量迅速上升直到成熟,这与前人的结果基本一致<sup>[17-18]</sup>,说明果实发育成熟过程中可溶性糖、可溶性固形物的含量均与花后天数有极显著相关性。本研究结果表明,芒果果实发育初期至后熟期单胚品种‘金煌’和‘贵妃’的可溶性糖、可溶性固形物含量均显著高于多胚品种‘红玉’和‘白象牙’。可滴定酸含量变化为先升高后降低,可滴定酸在果实发育期间上升,成熟前含量达到最高,后熟期又下降,是因为幼果期到果实膨大期为有机酸的合成期,有机酸含量随着果实的生长而迅速增加,而接近成熟时,部分成分酸转化为其他物质所致,单胚品种的可滴定酸含量均显著低于多胚品种。固酸比也是衡量果实品质的一个重要指标<sup>[9]</sup>。固酸比进入后熟期迅速上升到最高,多胚品种波动范围比单胚品种要大。单胚品种的类胡萝卜素含量在后熟期的峰值和最终值均比多胚品种高。

绝大多数类胡萝卜素呈黄色、橙色或红色,许多植物花、果实的颜色是由类胡萝卜素的积累造成的,如番茄<sup>[19]</sup>辣椒<sup>[20]</sup>和芒果<sup>[21]</sup>等。芒果果实成熟期间叶绿素降解,含量下降,果实底色呈现,同时部分色素(胡萝卜等)积累,呈现出其固有的特征<sup>[22]</sup>。本研究结果表明,单胚品种的类胡萝卜素含量比多胚品种的高,且果肉黄色较多胚品种明显。这与2个芒果品种(‘红杞六号’和‘桂热28号’)果实品质及其构成研究<sup>[23]</sup>相一致。

本研究结果表明,两种胚性芒果果实品质的主

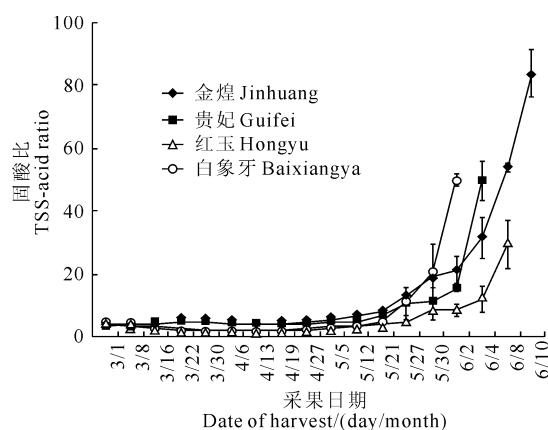


图4 果实的固酸比随生育期变化

Fig. 4 Changes of TSS-acid ratio in fruit pulp during development stages

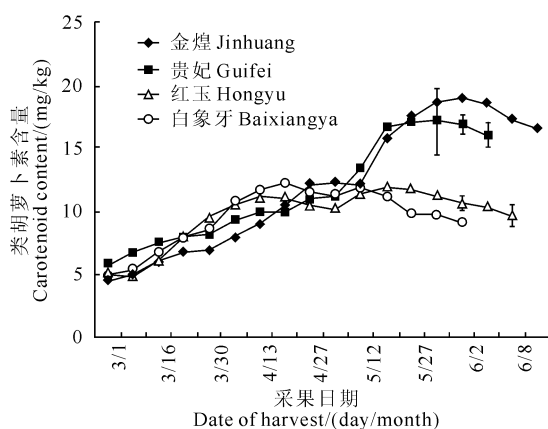


图5 果肉类胡萝卜素含量随生育期变化

Fig. 5 The changes of total carotenoid content in fruit pulp during development stages

要差异是由可溶性糖和可溶性固形物含量及固酸比所形成的。但不同胚型种子在发育过程中会产生多种活性物质,对果实体积、果形和果实品质等的发育有明显调节作用,其调节作用有待进一步的研究。单胚品种品质优于多胚品种,多胚品种风味通常味较淡,但不酸,松脂味也不明显,与单胚品种则恰恰

相反<sup>[6]</sup>。在芒果生产过程中可以充分利用多胚品种的多胚特性进行芒果种苗的繁育,通过嫁接单胚品种获得更优品质的品种,如外观艳丽、品质优、香味诱人的芒果品种。对于两种胚性芒果果实品质的主要差异有待进一步从分子生物学的方面研究。

## 参考文献:

- [1] 肖邦森,孙光明,许能琨,等. 南方优稀果树栽培技术[M]. 北京:中国农业出版社,2000:1—26.
- [2] 杨一雪. 芒果高产栽培技术[M]. 南宁:广西科学技术出版社,1988:5—6.
- [3] 陈大成. 芒果现代实用栽培与贮藏加工技术[M]. 北京:农业出版社,1993:5—20.
- [4] MO R(莫 饶),LUO Y H(罗远华),ZHOU SH M(周世民),*et al.* Polyembryony in mango (*Mangifera indica* L.) and genetic analysis[J]. *Journal of Tropical and Subtropical Botany*(热带亚热带植物学报),2005,**13**(6):475—479(in Chinese).
- [5] YANG Y X(杨一雪),OU SH J(欧世金). Breeding of new varieties of mango (*Mangifera indica* L.)[J]. *Journal of Guangxi Agricultural College*(广西农学院学报),1987,(2):49—50(in Chinese).
- [6] LIN G SH(林更生). Features and use of the of mango polyembryonic varieties[J]. *Fujian Science & Technology of Tropical Crops*(福建热作科技),1982,(3):44—45(in Chinese).
- [7] FAN W G(樊卫国),LUO Y(罗 燕),WU S F(吴素芳),*et al.* Morphological characteristics and distribution of wild germplasm resources of *Mangifera indica* in South and North Pan River valley[J]. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*(西南农业学报),2012,**25**(6):2 244—2 247(in Chinese).
- [8] TANG T(唐 婷),LUO X P(罗心平),NI ZH G(尼章光),*et al.* Research progresses of hereditary character and breeding on mango[J]. *Guangdong Agricultural Sciences*(广东农业科学),2009,(1):50—59(in Chinese).
- [9] ZHAO J J(赵家桔),LI H L(李焕苓),ZHANG X CH(张新春),*et al.* Comparison of several fruit quality characteristics among some mango (*Mangifera indica* L.) varieties[J]. *Chinese Journal of Tropical Crops*(热带作物学报),2009,**30**(12):1 725—1 730(in Chinese).
- [10] 郝建军,康宗利,于 洋. 植物生理学实验技术[M]. 北京:化学工业出版社,2006:141—145.
- [11] ZHANG X J(张学杰),ZHAO Y B(赵永彬),YIN M A(尹明安). Effect of drying technologies on the content of moisture and carotenoids in carrot pomace[J]. *Scientia Agricultura Sinica*(中国农业科学),2007,**40**(5):995—1 001(in Chinese).
- [12] 唐启义,冯明光. DPS 数据处理系统[M]. 北京:科学出版社,2001.
- [13] XIONG Z M(熊作明),ZHOU CH H(周春华),TAO J(陶 俊). Changes of carotenoid content in pulp of different loquat types during fruit coloring[J]. *Scientia Agricultura Sinica*(中国农业科学),2007,**40**(12):2 910—2 914(in Chinese).
- [14] XU CH J(徐昌杰),ZHANG SH L(张上隆). Advances in research of genes responsible for carotenoid biosynthesis in *Citrus*[J]. *Acta Horticulturae Sinica*(园艺学报),2002,**29**(S):619—623(in Chinese).
- [15] FRASER P D, BRAMLEY P M. The biosynthesis and nutritional uses of carotenoids[J]. *Progress in Lipid Research*, 2004, 43:228—265.
- [16] WANG Y ZH(王永章),ZHANG D P(张大鹏). Regulating effects of ethylene on carbohydrate metabolism in 'Starkrimson' apple fruit during the ripening period[J]. *Acta Horticulturae Sinica*(园艺学报),2000,**27**(6):391—395(in Chinese).
- [17] LÜ Y M(吕英民),ZHANG D P(张大鹏). Accumulation of sugars in developing fruits[J]. *Plant Physiology Communications*(植物生理学通讯),2000,**27**(4):258—265(in Chinese).
- [18] HU ZH Q(胡志群),ZHOU B Y(周碧艳),CHEN J ZH(陈杰中),*et al.* Changes of nutrient components of *Averrhoa arambola* during fruit development[J]. *Acta Horticulturae Sinica*(园艺学报),2005,**32**(5):782(in Chinese).
- [19] FRASER P D, TRUESDALE M R, BIRD C R,*et al.* Carotenoid biosynthesis during tomato fruit development: Evidence for tissue-specific gene expression[J]. *Plant Physiology*, 1994,**105**(1):405—413.
- [20] ROMER S, HUGUENEY P, BOUVIER F,*et al.* Expression of the genes encoding the early carotenoid biosynthetic enzymes in *Capsicum annuum*[J]. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 1993,**196**(3):1 414—1 421.
- [21] CHEN J P, TAI C Y, CHEN B H. Effects of different drying treatments on the stability of carotenoids in Taiwanese mango (*Mangifera indica* L.)[J]. *Food Chemistry*, 2007, 100:1 005—1 010.
- [22] LI A N(李安妮),ZHU H Y(朱慧英),DENG Y C(邓义才),*et al.* Studies on postharvest physiology of mango fruits[J]. *Journal of Tropical and Subtropical Botany*(热带亚热带植物学报),1994,**2**(1):64—69(in Chinese).
- [23] ZHAO J J(赵家桔),ZHANG X CH(张新春),LI H L(李焕苓),*et al.* Fruit qualities and their composition of two mango (*Manifera indica* L.) cultivars[J]. *Chinese Journal of Tropical Crops*(热带作物学报),2010,**31**(2):182—186(in Chinese).