

# 番荔枝果实采后生理与保鲜技术研究进展

李雯<sup>1,2</sup> 陈维信<sup>1\*</sup>

(1. 广东省果蔬保鲜重点实验室, 华南农业大学园艺学院, 广东广州 510642; 2. 海南大学农学院, 海南海口 570228)

**摘要:** 番荔枝果实采后难以贮藏保鲜的特性制约着我国番荔枝产业的进一步发展。对国内外关于番荔枝果实采后呼吸强度及乙烯产量、相关酶类、果实软化、果实褐变等生理变化、采后病理及保鲜技术的研究进展作了综述。

**关键词:** 番荔枝; 采后生理; 保鲜技术

中图分类号: Q945.66

文献标识码: A

文章编号: 1005-3395(2004)03-0280-05

## Advances in the Studies on Postharvest Physiology and Fresh-keeping Methods of *Annona* Fruits

LI Wen<sup>1,2</sup> CHEN Wei-xin<sup>1\*</sup>

(1. Guangdong Province Key Laboratory of Postharvest Physiology and Technology of Fruits and Vegetables, School of Horticultural Science, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; 2. College of Agriculture, Hainan University, Haikou 570228, China)

**Abstract:** The development of annona fruit production is restricted due to the difficulty in fresh-keeping of the fruits during storage and transportation. This paper reviews postharvest physiology of annonas, including respiration and ethylene production, relevant enzymes, fruit softening, fruit browning, and postharvest pathology.

**Key words:** *Annona*; Postharvest physiology; Fresh-keeping technology

番荔枝是番荔枝科(Annonaceae)番荔枝属(*Annona*)植物,为热带名果之一,广泛分布于世界热带和较温暖的亚热带地区。西班牙、智利、印度和泰国是主要的番荔枝生产国,其栽培面积和产量分别达到了 10 000 hm<sup>2</sup> 和 8 000 t<sup>[1,2]</sup>。果实供食用而栽培的主要有 4 种:普通番荔枝(*A. squamosa* L.)、毛叶番荔枝或叫秘鲁番荔枝(*A. cherimola* L.)、刺果番荔枝(*A. muricata* L.)以及杂交番荔枝(俗称 atemoya)。目前我国栽培的主要是普通番荔枝和杂交品种。番荔枝在我国台湾的栽培面积最大,已达 5 264 hm<sup>2</sup> (1997 年)<sup>[3,4]</sup>。近年广东和海南发展较快,种植面积分别达 600 和 500 hm<sup>2</sup><sup>[5,6]</sup>。番荔枝果实营养丰富,脂肪含量低,风味品质好<sup>[1,7]</sup>,有些种类据报道还具有抗癌、抗霉菌、杀虫等功效<sup>[8,9]</sup>。番荔枝不仅适应性强、粗生易栽和病虫害少,而且经济效益高<sup>[2,5,10]</sup>。

番荔枝在我国的生产发展比较缓慢,主要原因之一是果实采后容易软化、腐烂变质,发生裂果、褐

变,且不耐低温冷藏,制约了番荔枝的流通和销售<sup>[3,7]</sup>。目前,国外对番荔枝的采后生理及贮藏保鲜技术研究较多,国内则较少。本文综述了近年来国内外有关番荔枝果实采后生理与保鲜技术的研究进展,以期为解决我国的番荔枝贮运保鲜问题提供参考。

### 1 果实成熟度的确定

成熟度是影响番荔枝果实贮藏寿命和品质的主要因素之一。一般认为番荔枝果实须在硬熟期采收,经自然后熟(软熟)即可食用。目前,判断番荔枝最佳采收成熟度标准有不同的方法。传统的方法是根据果皮的颜色、果肉硬度和总可溶性固形物(TSS)含量来判断。当果皮由深绿色变为浅绿色、果肉硬度降低、果肉变成乳白色、TSS 含量增加时表示果实可采收<sup>[11]</sup>。Onimawo<sup>[12]</sup>认为以果肉硬度变化来判断果实是否成熟比看颜色变化好。授粉受精时的温度及果实生长积温也可作为评价指标,仅用果实重

收稿日期:2003-03-14 接受日期:2003-07-10

\* 通讯作者 Corresponding author

量和果实生长的天数不能作为判断标准<sup>[13]</sup>。另一个方法是根据果实表面瘤状突起的变化来判断,当果实表面的瘤状突起逐渐拉平或突起不明显,果蒂附近瘤状物间的缝合线沟明显变浅变宽,可见淡黄色沟纹时即表明果实成熟<sup>[3]</sup>。通过测定果实内部生理生化指标的变化来判断也是常用的方法,果实成熟时,其蛋白质含量、多酚氧化酶(PPO)、过氧化物酶(POD)和过氧化氢酶(CAT)的活性变化显著,在果皮颜色变化前达到最大值<sup>[1]</sup>。

不同采收期对果实贮藏寿命和品质有明显影响,按常规采收期采收的果实,其完熟时果肉最甜、维生素C含量最高、果实品质好。比传统常规采收期提前2-5 d采收,果实变软和裂果的时间明显延长;提前2 d采收的,完熟时果实品质与常规采收的较为接近;而提前5 d采收的,其品质远不如常规采收的<sup>[13]</sup>。番荔枝的采收期应根据需要确定,短期内销售的果实,可按传统判断成熟度的方法确定采收期,以TSS达15%-20%时最佳。远销果以提前2-3 d、TSS达10%左右时采收为宜<sup>[13]</sup>。

## 2 果实采后生理

### 2.1 呼吸强度与乙烯产量

番荔枝果实有一个或两个呼吸高峰。常温下,第一个高峰出现在采后1-2 d,第二个高峰出现在采后3-4 d<sup>[1,11,14]</sup>。有两个呼吸高峰的现象可能是由于番荔枝为聚合果,其不同组织在不同生理阶段变化不同<sup>[5]</sup>。不同种类的果实其呼吸跃变的模式不完全相同,Brown等<sup>[6]</sup>的研究表明秘鲁番荔枝(*A. cherimola*)和杂交番荔枝(atemoya)有两个呼吸高峰,而普通番荔枝(*A. squamosa*)却只有一个呼吸高峰。而Martinez等<sup>[5]</sup>报道秘鲁番荔枝果实呼吸高峰只有一个,在采后第二天出现,呼吸强度高达到215 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>,是相同温度及测定条件下橙子呼吸强度的5倍<sup>[17]</sup>。秘鲁番荔枝果实具有呼吸跃变和较高的呼吸强度可能是它难贮藏保鲜的原因之一。一般未熟果在贮藏中的呼吸高峰比成熟果的峰值高,但高峰出现时间较迟<sup>[1]</sup>。

乙烯是一种催熟剂,在番荔枝果实后熟过程中乙烯释放有一个高峰,出现在两次呼吸高峰之间<sup>[4,16]</sup>。乙烯变化与1-氨基-1-羧基环丙烷(ACC)合成酶和乙烯形成酶(EFE)的活性变化密切相关。刚采收时果实ACC合成酶和EFE的活性很低,乙烯释放量也很低(1.3 nl g<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>),但采后第2天这两种酶

的活性大大提高,到第3天时达到高峰,此时乙烯释放量也达到高峰(90 nl g<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>),表现出自我促进的特点<sup>[18]</sup>。伴随着呼吸高峰和乙烯释放量的大增,果肉硬度开始快速下降,促使果实很快衰老<sup>[15]</sup>。

### 2.2 相关酶类

番荔枝果实采收后外果皮多酚氧化酶(PPO)活性逐渐提高,到完熟时达到高峰。室温下刚采收的果实过氧化物酶(POD)活性不高,随着果实的成熟度不断提高,果实开始变软时POD活性达最高峰,此后迅速下降。果肉中过氧化氢酶(CAT)的活性在果实完熟时有所增加,但在外果皮却没有增加<sup>[1]</sup>。陈蔚辉等<sup>[19]</sup>的报道与之不同,室温下番荔枝果肉的PPO活性一直很低,且随着贮藏时间的延长逐渐下降。POD、超氧化物歧化酶(SOD)在贮藏初期稍有上升,在果实尚未软化时急剧下降。CAT在采收时最高,以后一直呈下降趋势,至裂果时达最低值。番荔枝果实中低活性的保护酶系统在抑制果实衰老进程中所起的作用不大,这可能是番荔枝采后易衰老腐烂的原因之一。不同研究者的实验结果存在较大差异,其原因可能是因为不同品种具有不同的生理特性(前者的试材是秘鲁番荔枝,后者的试材是普通番荔枝)。

### 2.3 果实软化机理

与细胞壁合成和降解有关的酶主要包括多聚半乳糖醛酸酶(PG酶)、纤维素酶以及两种形式的转化酶,它们在果实软化和衰老中起着非常重要的作用<sup>[13,16,18]</sup>。有关番荔枝果实细胞壁降解酶与果实软化的关系研究很少。在20℃下贮藏番荔枝,第1-2天后伴随着呼吸高峰和乙烯高峰的出现果肉硬度明显降低<sup>[19]</sup>。在呼吸高峰出现、乙烯产量提高和果实软化时PG活性最强。PG酶和纤维素酶的活性在果肉硬度急剧下降时可提高3倍。通过免疫检测可以发现与PG(多聚半乳糖醛酸)酶有关的分子量为46 kD的多肽(蛋白质)含量升高,这种蛋白质的累积及果肉软化可以被高浓度的CO<sub>2</sub>处理所延迟。这种46 kD的蛋白质可能对番荔枝果实的软化起决定作用<sup>[20]</sup>。可溶性的转化酶活性也随着果实的软化逐渐提高,达到高峰后活性稳定不变。有研究表明,通过控制pH值及采取一定的物理方法使细胞壁降解酶的活性维持在较低水平,从而可抑制果实软化<sup>[1,20,21]</sup>。

### 2.4 果皮褐变

果实采收后果皮褐变率明显提高,随着果实成

熟,褐变程度下降<sup>[22]</sup>。在果实贮藏期间,果皮中叶绿素的含量基本维持在稳定水平,因此番荔枝果实的褐变并不是由于叶绿素的降解引起的<sup>[12]</sup>。轻微的果皮褐变不会影响到果肉,果肉仍然保持乳白色<sup>[5]</sup>。

## 2.5 碳水化合物代谢

成熟的番荔枝果实中,碳水化合物含量非常丰富,仅次于水分含量。采收时果实中淀粉的含量占果实鲜重的 10%–20%,伴随着果实的后熟,淀粉和蔗糖的含量由于水解作用逐渐降低,果糖、葡萄糖和 TSS 的含量逐渐提高<sup>[13,20]</sup>。采后 1–2 d 果实中的糖代谢主要依赖于葡萄糖异生作用<sup>[21]</sup>。在第一次呼吸高峰后乙醇含量明显提高,这是否和果实内的糖酵解过程有关还需要进一步探讨<sup>[23]</sup>。贮藏温度影响 TSS 和 pH 的变化,温度适中时(22℃)TSS 含量高,果实风味好;温度越低,TSS 含量提高得越慢,pH 值下降得也越慢;温度过低(1℃)时,TSS 和 pH 几乎没变化<sup>[24]</sup>。

## 2.6 多胺代谢

多胺在许多果蔬中具有延缓衰老,延长贮藏寿命的作用<sup>[25,26]</sup>。多胺在番荔枝果实后熟和贮藏过程中也有比较明显的变化。各种胁迫会影响多胺的合成与分解,而多胺的变化又影响着乙烯产量和果实硬度。20℃下,在未熟的番荔枝果实中,多胺的存在形式主要是亚精胺(Sd),在果实后熟过程中,亚精胺含量逐渐降低,而腐胺(Put)含量大大提高,这些变化在乙烯高峰出现前发生,并伴随着果实硬度下降而大大降低<sup>[27]</sup>。在低温或低 O<sub>2</sub> 条件下,番荔枝果实中 Sd、精胺(Sm)和 Put 的水平均下降了很多。多胺比例(Sd+Sm/Put)与果实后熟中硬度的变化趋势一致<sup>[28]</sup>。当果实受到低温冷害时,多胺的分解代谢和合成代谢都受到影响<sup>[29]</sup>。番荔枝果实在低温下易遭受冷害可能与多胺形成量降低有关。通过外源 Sd 和 Sm 处理来提高果实 Sd 和 Sm 的水平可以增强果实对低温冷害的抵抗能力<sup>[26,30]</sup>。

## 2.7 低温贮藏生理

Lahoz 等<sup>[29]</sup>指出番荔枝果实在低温(10℃)下乙烯释放量比高温(20℃)下高,可能是由于低温使果肉的乙烯向外的扩散率降低的缘故,认为通过观测果实的外观变化比测定内部组织(果肉)的变化更能反映果实的贮藏状况。

在低温下,番荔枝果实的淀粉水解速度降低,TSS 含量提高缓慢,pH 值变化不明显,而且温度越低这种趋势越明显<sup>[14,26]</sup>。低温还影响蛋白质及酶的

活性<sup>[1,31]</sup>。用分子方法来研究番荔枝果实中冷激蛋白的作用已有报道,低温下原有多肽酶积累量减少,而一些特殊的多肽酶被低温胁迫所诱导。Montero 等<sup>[30]</sup>用 SDS-PAGE 法研究了低温下番荔枝果实内成熟蛋白质基因的表达情况,10℃以下几种原有的与果实成熟有关的多肽被强烈地抑制了,出现了一些新的多肽,这些多肽与乙烯的形成有特殊的关系,也与冷害反应有关<sup>[32,33]</sup>。

低温下的果实超微结构分析表明:番荔枝果实在 4℃下贮藏 6 d,其淀粉粒没有解体,细胞壁仍然保持完整,但其生物膜却遭到了严重破坏。冷害使得果实内部叶绿体的片层结构破坏、基粒的堆叠结构消失、质体和线粒体膨大。这些变化与 1,5-二磷酸核酮糖羧化酶蛋白累积量的减少有关<sup>[34]</sup>。

## 3 采后病理

关于番荔枝采后病害的研究很少。目前认为采后侵染番荔枝果实的病原真菌主要有灰葡萄球菌(*Botrytis cinerea*)、茄拟茎点孢菌(*Phomopsis vexans*)、黑根霉菌(*Rhizopus stolonifer*)、扩展青霉菌(*Penicillium expansum*)、交链孢菌(*Alternaria* sp.)和镰孢菌(*Fusarium* sp.)<sup>[1,35]</sup>。灰葡萄球菌、黑根霉菌和扩展青霉菌会引起果实变软和鲜果腐烂,而茄拟茎点孢菌则会使果实表面出现斑点,随后长出霉状物最终导致全果腐烂。灰葡萄球菌、黑根霉菌、扩展青霉菌、茄拟茎点孢菌等主要是通过果实表面的伤口侵入,温度越高危害越大。灰葡萄球菌对番荔枝果实的危害最大,可以从未受伤的果表皮侵入,而且它对低温有较强的抵抗力。贮藏前进行防腐处理(药剂浸果)可以有效地控制这些病害,同时不会伤害到果皮。危害番荔枝果实的另一种真菌是烟霉菌(*Fumago* sp.),可使果皮出现黑色斑块,这种病菌可继发于粉蚧属害虫(*Pseudococcus* sp.),并可以依靠这类害虫的分泌物而生存<sup>[1]</sup>。

## 4 番荔枝贮藏保鲜技术

### 4.1 低温贮藏

低温贮藏是果实贮运保鲜最基本的方法之一,但番荔枝是典型的热带亚热带水果,对低温非常敏感,贮藏温度太低可导致冷害。多数品种最适宜的低温是 8–9℃<sup>[34,36]</sup>。据美国农业部(USDA)的资料报道,秘鲁番荔枝果实经预冷后在 13℃、相对湿度(RH)为 90%–95%下贮藏效果最好。Alique 等<sup>[37]</sup>研究

表明秘鲁番荔枝果实在6℃、RH为80%下贮藏12 d后再移至20℃下,果实不能正常后熟,而且果皮因冷害而严重褐变。8℃下贮藏12 d再移至20℃下可以完成后熟。10℃下由于有乙烯的产生,贮藏6 d便完成后熟达到可食程度,因此,认为8℃是最低的临界温度,贮藏12 d不会受到任何冷害。一般来说,未熟果实对低温更加敏感<sup>[1]</sup>。对于AP番荔枝(African Pride一杂交种)品种,如果较长期贮藏最好控制在12℃,如果短期贮藏可置于8℃的低温下<sup>[27]</sup>。

#### 4.2 气调贮藏

秘鲁番荔枝在9℃、RH90%、2% O<sub>2</sub>和10%的CO<sub>2</sub>条件下可贮藏22 d,而10%的O<sub>2</sub>和10%的CO<sub>2</sub>则对番荔枝贮藏没有明显效果,其呼吸速率和糖的积累与对照果非常相似。15%~20%的CO<sub>2</sub>对乙烯的产生有明显的抑制作用<sup>[1]</sup>。在低温高湿条件下,短期的(2~3 d)高浓度CO<sub>2</sub>处理果实可使乙烯产量明显减少,防止果实软化,使后熟时间大大延长<sup>[34,36]</sup>,但对呼吸速率和糖含量却没有明显的影响。20% CO<sub>2</sub>长时间处理(9 d)则会使果实产生苦味<sup>[34]</sup>。

气调贮藏可以保持果实硬度,明显抑制果实软化。通过免疫检测发现气调下与PG酶相关的蛋白质表达受到了抑制,使PG酶的活性降低。在20℃下,20%的CO<sub>2</sub>可抑制番荔枝果实1,5-二磷酸核酮糖羧化酶的活性,阻碍叶绿素的损失,保持果皮绿色,延迟果实衰老<sup>[37,38]</sup>。

#### 4.3 其它贮藏方法

减压条件、钙处理或臭氧处理也可用于番荔枝果实的贮藏。用聚苯乙烯托盘装果,再用聚氯乙烯薄膜覆盖可减少机械伤,延长贮藏寿命<sup>[1]</sup>。在8.5℃、RH为98%的条件下,把番荔枝果实置于聚氯乙烯薄膜袋中,每公斤果用3.5 g KMNO<sub>4</sub>吸附剂(Green Keeper 乙烯吸收剂),可以防止重量的损失,明显抑制呼吸高峰和乙烯的大量产生,贮藏寿命可达18 d<sup>[39]</sup>。另外,涂膜处理、Gamma射线照射和生长调节剂也具有控制呼吸、延长货架寿命的作用。赤霉素可以大大改善番荔枝的感官品质,而阿拉(B<sub>9</sub>)却使果肉变苦<sup>[1]</sup>。

### 5 展望

番荔枝果实的贮藏保鲜技术是一项系统工程,必须抓好采前采后的各个环节,才能取得好的效果。

首先,要注重采前栽培技术和管理,制订番荔枝果实贮运保鲜的技术规程。

在番荔枝栽培过程中,抓好优良品种的选择、土肥水管理、病虫害防治、果实采收等各个环节,确保用于贮藏保鲜的果实“完好”。以我国番荔枝生产的实际情况和采后生理上的研究为理论依据,制订先进实用的保鲜技术规程。

其次,应进一步开展番荔枝果实贮藏保鲜的基础理论及贮运保鲜技术研究。

(1)控制乙烯:对番荔枝果实采后呼吸和乙烯代谢进行深入细致的研究,探明不同时间、不同贮藏条件下番荔枝果实呼吸和乙烯的代谢规律。使用乙烯吸收剂、1-MCP及低温、气调贮藏等方法降低乙烯形成量,延缓果实成熟衰老。

(2)控制果实软化:进一步研究软化与果实细胞壁结构及代谢的关系,探讨果实软化的内在机制,采用施用外源钙、降低温度等方法防止果实软化。

(3)减轻并控制冷害的发生:低温有利于番荔枝果实的贮藏,但番荔枝又对低温比较敏感,贮藏时要采用适宜的低温,防止冷害的发生。

(4)防治病害:探讨采前和采后微生物的发病规律,研究微生物侵染与果实成熟衰老之间的关系,减少微生物的感染,延长贮藏寿命。

#### 参考文献

- [1] Merodio C, Plaza J L. Cherimoya. Postharvest Physiology Storage of Tropical and Subtropical Fruits [M]. New York: CAB International, 1997. 269-273.
- [2] Liu S B (刘世彪), Chen J R (陈锦瑞). Effects of environmental factors on *Annona squamosa* growth and production [J]. China Fruits(中国果树), 2002, (2):47-49. (in Chinese)
- [3] Xiao B S (肖帮森), Xie J H (谢江辉). Cultural Technology of *Annona squamosa* for High Quality and Efficiency [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2001. 1-9. (in Chinese)
- [4] 林成辉. 番荔枝主栽种及其在我省的发展前景 [J]. 福建果树, 2000, (3):8-10.
- [5] Xie X D (谢细栋), Xie Z S (谢柱深). *Annona squamosa* Cultural Technology for Early Bearing and Yield Increase [M]. Guangzhou: Guangdong Science and Technology Press, 2000. 1-5. (in Chinese)
- [6] Su E C (苏恩川), Xie G G (谢国干). The primary studies of breeding and culture of *Annona squamosa* in north areas of Hainan [J]. Trop For (热带林业), 2001, (4):172-177. (in Chinese)
- [7] Zhang D H (张东华), Pu Y P (普燕平). *Annona squamosa*, a potential tropical fruit [J]. Resour Develop Market(资源开发与市场), 2000, (6):354-357. (in Chinese)
- [8] Han J Y (韩金玉), Yu L T (于良涛), Wang H (王华). Bullatacin-potent anticancer agent [J]. Chin Trad Herb Drugs (中草药), 2003, 33(4):380-382. (in Chinese)
- [9] Alawa C B I, Adamu A M, Gefu J O, et al. *In vitro* screening of

- two Nigerian medicinal plants (*Vernonia amygdalina* and *Annona senegalensis*) for anthelmintic activity [J]. *Veterinary Parasitol*, 2003, 113:73–81.
- [10] Zobayed S M A, Strong J A, Strong W A. Multiple shoot induction and leaf and flower bud abscission of *Annona* cultures as affected by types of ventilation [J]. *Plant Cell Tiss Org Cult*, 2002, 69:155–165.
- [11] Worrell C M, Sean C, Donald J H. Growth maturation and ripening of soursop fruit [J]. *Sci Hort*, 1994, 57:7–15.
- [12] Onimawo M. Proximate composition and selected physicochemical properties of seed pulp and oil of soursop [J]. *Plant Foods Human Nutr*, 2002, 57:165–171.
- [13] Chen W H (陈蔚辉). The effects of harvest time on storage quality of *Annona squamosa* fruit [J]. *Chin South Fruits* (中国南方果树), 1999, (4):27–28. (in Chinese)
- [14] Alique R, Jose P, Zamorano M, et al. Tolerance of cherimoya to cold storage [J]. *J Amer Soc Hort Sci*, 1994, 119(3):524–528.
- [15] Biale J B, Barcus D E. Respiratory patterns in tropical fruits of the Amazon Basin [J]. *Trop Sci*, 1990, 12:93–104.
- [16] Brown B I, Wong A P. Comparative studies on the postharvest physiology of fruit from different species of *Annona* [J]. *J Hort Sci*, 1988, 63(3):521–528.
- [17] Lin W Z (林伟振). *Fruit Storage and Process* [M]. Guangzhou: Guangdong Science Press, 1987. 78–86. (in Chinese)
- [18] Liu D H (刘道宏). *Postharvest Physiology of Fruits and Vegetables* [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1997. 53–54.
- [19] Chen W H (陈蔚辉), Zhang F P (张福平). The physiological changes of *Annona squamosa* fruit during postharvest storage [J]. *Plant Physiol Comm* (植物生理学通讯), 2000, 36(2):114–116. (in Chinese)
- [20] Sola M, Gutierrez M, Vargas A M. Regulation of hexose-phosphate cycle determines glucose and fructose accumulation in cherimoya during ripening [J]. *J Plant Physiol*, 1994, 144:569–575.
- [21] Sanchez J A, Zamorano J P, Alique R. Polygalacturonase, cellulase and invertase activities during cherimoya fruit ripening [J]. *J Hort Sci Biotechn*, 1998, 73(1):87–92.
- [22] Liu S B (刘世彪), Li C Y (李朝阳), Chen J (陈菁). The postharvest physiology and handling of *Annona squamosa* [J]. *South China Trop Agri Univ* (华南热带农业大学学报), 2002, 8(4):16–20. (in Chinese)
- [23] Del Cura B, Escribano M I, Zamorano J P, et al. High carbon dioxide delays postharvest changes [J]. *J Amer Soc Hort Sci*, 1996, 121:735–739.
- [24] Gutierrez J M, Lahoz M, Vargas A M. Postharvest changes in total soluble solids and tissue pH of cherimoya fruit stored at chilling and non-chilling temperature [J]. *J Hort Sci*, 1994, 69(3):459–463.
- [25] Montero L M, Escribano M L, Plaza J L, et al. Chilling temperature storage induces changes in protein patterns and protease activity in cherimoya fruit [J]. *Postharvest Biol Techn*, 1995, 5:251–260.
- [26] Escribano M I, Aguado P. Conjugated polyamine levels and putrescine synthesis in cherimoya fruit during storage at different temperature [J]. *J Plant Physiol*, 1996, 147:736–742.
- [27] Wang X Y (王晓云). The advances in relationship between polyamine and plant ripening [J]. *Chin Bull Bot* (植物学通报), 2002, 19(3):257–230. (in Chinese)
- [28] Escribano M I, Merodio G. Modifications in polyamine levels of cherimoya fruit during the initial state of storage at chilling temperature [J]. *Acta Hort*, 1993, 343:277–280.
- [29] Lahoz J M, Gutierrez M, Sola M. Ethylene in cherimoya fruit under different storage conditions [J]. *J Agri Food Chem*, 1993, 41:721–723.
- [30] Reberto M, Maria I E, Carmen M. Relationship between the levels of ammonia and co-ordination of PAL and PEPC in *Annona cherimola* [J]. *Postharvest Biol Techn*, 2002, 25:301–309.
- [31] Gutierrez M, Sola M, Pascnal L, et al. Postharvest changes of sugar concentration in chilled-injured cherimoya [J]. *J Plant Physiol*, 1994, 143:27–32.
- [32] Montero C M, Zamorano J P, Plaza J L, et al. Modification of specific ripening proteins by low temperature storage of cherimoya fruits [J]. *Acta Hort*, 1993, 343:277–278.
- [33] Batten D J. Effect of temperature on ripening and postharvest life of fruit of *atemoza* [J]. *Sci Hort*, 1990, 45:129–136.
- [34] Palma I, Aguilera J M, Stanley D W. A review of postharvest events in cherimoya [J]. *Postharvest Biol Techn*, 1993, 2:187–208.
- [35] Bautista-Banos S, Hernandez-Lopez M, Diaz-Perez J C, et al. Evaluation of the fungicidal properties of plant extracts to reduce *Rhizopus stolonifer* of 'ciruela' fruit during storage [J]. *Postharvest Biol Techn*, 2000, 20:9–11.
- [36] Joston S A, Roberto M, Teresa M, et al. Effect of high carbon dioxide concentration on PAL activity and phenolic contents in ripening cherimoya fruit [J]. *Postharvest Biol Techn*, 2001, 23:33–39.
- [37] Escribano M I, Begona D C, Merodio C. The effect of high CO<sub>2</sub> at low temperature on ribulose 1,5-biphosphate carboxylase and polygalacturonase protein levels in cherimoya fruit [J]. *J Amer Soc Hort Sci*, 1997, 122(2):258–262.
- [38] Almela L, Jose A, Fernandez L, Maria J R. High-performance liquid chromatographic screening of chlorophyll II derivatives produced during fruit storage [J]. *J Chromatogr A*, 2000, 870:483–489.
- [39] Plaza D L, Rossi S, Cajvo M L. Inhibitory effects of the ethylene chemisorption on the climacteric of cherimoya in modified atmosphere [J]. *Acta Hort*, 1993, 343:181–183.