

# 鞣酸丙酯处理对采后龙眼果实的保鲜效应\*

林艺芬<sup>1,2</sup> 林河通<sup>1,2</sup> 陈艺晖<sup>1,2</sup> 陈梦茵<sup>1,2</sup> 林钟铨<sup>1,2</sup>

(1. 福建农林大学食品科学学院, 福州 350002; 2. 福建农林大学农产品产后技术研究所, 福州 350002)

**摘要:** 探讨了鞣酸丙酯处理对采后龙眼果实保鲜效应的影响。采后龙眼果实用浓度为 5 mmol/L 的鞣酸丙酯浸泡 20 min, 以蒸馏水处理的果实为对照, 果实晾干后用 0.015 mm 厚的聚乙烯薄膜袋密封包装, 在  $(15 \pm 1)^\circ\text{C}$  下贮藏。贮藏期间测定果实采后生理、品质和保鲜效果等指标的变化。结果表明: 与对照果实相比, 鞣酸丙酯处理可有效降低龙眼果实呼吸强度, 延缓果皮细胞膜相对渗透率升高, 保持较高的果肉总糖、蔗糖、维生素 C 等营养成分含量和果皮叶绿素、类胡萝卜素、类黄酮和总酚含量, 降低龙眼果皮褐变指数和果肉自溶指数, 提高果实好果率。在  $(15 \pm 1)^\circ\text{C}$  下贮藏 6 d 时, 鞣酸丙酯处理的龙眼果实好果率为 85%, 而对照果实只有 72%。因此认为, 浓度为 5 mmol/L 的鞣酸丙酯浸泡 20 min 可有效延缓采后龙眼果实衰老、提高龙眼果实贮藏品质和保鲜效果。

**关键词:** 龙眼 鞣酸丙酯 保鲜

中图分类号: TS255.3; S667.2 文献标识码: A 文章编号: 1000-1298(2013)04-0157-06

## Effects of Propyl Gallate Treatment on Freshness of Harvested Longan Fruits

Lin Yifen<sup>1,2</sup> Lin Hetong<sup>1,2</sup> Chen Yihui<sup>1,2</sup> Chen Mengyin<sup>1,2</sup> Lin Zhongquan<sup>1,2</sup>

(1. College of Food Science, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China

2. Institute of Postharvest Technology of Agricultural Products, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China)

**Abstract:** Effects of propyl gallate treatment on freshness of harvested longan (*Dimocarpus longan* Lour.) fruits were investigated. The harvested longan fruits were dipped in 5 mmol/L propyl gallate for 20 min, while, the control fruits were dipped in distilled water. The fruits were dried prior to packaging and stored at  $(15 \pm 1)^\circ\text{C}$ . During fruit storage, the changes of postharvest physiology, quality and fresh-keeping effect of harvested longan fruits were determined. The results showed that compared with the control fruits, the treatments with propyl gallate could effectively reduce fruit respiration rate, delay the increase of cell membrane relative leakage rate in pericarp, keep higher contents of pulp nutritional ingredients such as total sugars, sucrose and vitamin C, and higher contents of chlorophyll, carotenoid, flavonoid and total phenolics in pericarp, decrease pericarp browning index and aril breakdown index, and keep higher healthy fruit percentage. After 6 d storage at  $(15 \pm 1)^\circ\text{C}$ , there were 85% healthy fruit in propyl gallate-treated longan fruits, while only 72% healthy fruit in the control fruits. From the results it can be concluded that the treatment of 5 mmol/L propyl gallate dipping for 20 min can effectively delay fruit senescence, increase fruit quality and fresh-keeping effect of harvested longan fruits.

**Key words:** Longan Propyl gallate Fresh-keeping

收稿日期: 2012-07-29 修回日期: 2012-08-18

\* 国家自然科学基金资助项目(30671464, 30972070, 31171776)、“十一五”国家科技支撑计划资助项目(2007BAD07B06)、高等学校博士学科点专项科研基金资助项目(20093515110011)、福建省自然科学基金资助项目(2008J0044, 2011J01079)和福建省高等学校新世纪优秀人才支持计划资助项目(闽教科[2007]20号)

作者简介: 林艺芬, 博士生, 主要从事农产品加工及贮藏工程研究, E-mail: yifenlin@126.com

通讯作者: 林河通, 教授, 博士生导师, 主要从事农产品加工及贮藏工程研究, E-mail: hetonglin@163.com

## 引言

龙眼 (*Dimocarpus longan* Lour.) 是中国南方一种重要的亚热带名优水果, 主要分布在福建、广东、广西、海南、台湾等省(区)。中国龙眼成熟期在 7~9 月高温季节, 果实采后生理代谢旺盛, 极易引起果皮褐变、果肉自溶和果实腐烂等品质劣变, 采后果实在 28℃ 室温下贮藏一周左右全部腐烂, 这么短的保鲜期严重制约龙眼果实的长期贮藏和远距离运销<sup>[1-6]</sup>。近 10 年来, 随着龙眼种植面积扩大和总产量提高, 龙眼果实采后品质劣变的控制成为龙眼保鲜贮运上亟待解决的问题<sup>[4]</sup>。前人研究认为, 低温贮藏<sup>[1-3]</sup>、气调贮藏<sup>[7]</sup>、一氧化氮处理<sup>[8]</sup>、壳聚糖涂膜<sup>[9]</sup>、盐酸处理<sup>[10]</sup>和臭氧结合有机酸处理<sup>[11]</sup>等方法可延缓龙眼果实采后品质劣变、延长果实保鲜期。近年来的研究认为, 采后龙眼果实活性氧代谢失调、活性氧等自由基的积累是导致龙眼果皮褐变、果肉自溶等品质劣变的主要因素<sup>[6,12]</sup>。枞酸丙酯(没食子酸丙酯), 是一种常用的食品抗氧化剂<sup>[13]</sup>, 也是一种活性氧清除剂, 可以直接提供电子以清除自由基、阻止生物膜多种不饱和脂肪酸的过氧化, 还可以保护抗氧化酶的活性, 提高自由基的清除能力<sup>[14]</sup>。枞酸丙酯处理可降低采后荔枝果实的果皮自由基积累、延缓荔枝果皮褐变、保持较高的荔枝果实品质<sup>[15]</sup>, 还可减轻香蕉果实低温贮藏期间的果皮褐变<sup>[16]</sup>、控制采后新高梨果实软化和褐变, 延长果实保鲜期<sup>[17]</sup>。目前, 有关活性氧清除剂枞酸丙酯对采后龙眼果实品质和保鲜效果的影响未见报道。本文研究枞酸丙酯对龙眼果实采后生理、品质和保鲜效果的影响, 为生产上应用枞酸丙酯保持采后龙眼果实品质、延长其保鲜期提供适用技术和科学依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料及处理

福建省主栽名优龙眼品种福眼 (*Dimocarpus longan* Lour. cv. Fuyan) 果实, 采自福建省安溪县龙眼科技示范场, 大约九成熟, 果实采收当天运至福建农林大学农产品产后技术研究所食品贮藏保鲜实验室(福州), 选择大小均匀、色泽一致、无病虫、无损伤的健康果实作为实验材料。果实用体积比为 1.0 mL/L 的戴挫霉杀菌剂浸泡 3 min, 取出晾干后进行以下处理: ①枞酸丙酯处理(PG): 前期的预实验发现, 浓度为 5 mmol/L 的枞酸丙酯浸泡 20 min 对福眼龙眼果实有较好的保鲜效果。因此, 采用 5 mmol/L 的枞酸丙酯浸泡福眼龙眼果实 20 min。②对照(CK): 福眼龙眼果实用蒸馏水浸泡 20 min。

果实经以上处理后晾干, 之后果实用 0.015 mm 厚的聚乙烯薄膜袋密封包装, 每袋装果 50 个, 每一处理 50 袋, 在 (15 ± 1)℃、相对湿度 80% 下贮藏。贮藏期间定期取样观察果实贮藏保鲜效果和测定果实采后呼吸强度、细胞膜透性和品质变化指标。

### 1.2 测定方法

#### 1.2.1 果实呼吸强度测定

在不同贮藏期, 每次随机取 10 个果实, 参照文献[18]介绍的方法, 用 GXH-3010D 型红外 CO<sub>2</sub> 分析仪测定果实呼吸强度, 结果以 CO<sub>2</sub> 计, 单位为 mg/(kg·h)。

#### 1.2.2 果皮细胞膜透性测定

参照文献[12,18]的方法, 从 10 个果实中取果皮圆片(直径 5 mm)30 个, 加蒸馏水 25 mL, 于 (15 ± 1)℃ 下放置 3 h, 搅拌均匀后用电导率仪测定浸出液的电导率 C<sub>1</sub> (μS/cm)。随后再将果皮圆片及浸出液回流煮沸 30 min, 冷却后加蒸馏水至 25 mL, 搅拌均匀后测定果皮圆片全渗电导率 C<sub>2</sub> (μS/cm)。用细胞膜相对渗透率表示果皮细胞膜透性大小。细胞膜相对渗透率为

$$T_1 = \frac{C_1}{C_2} \times 100\%$$

#### 1.2.3 果皮叶绿素和类胡萝卜素含量测定

从 10 个龙眼果实中称取果皮组织 1 g, 参照文献[11,19]的方法测定龙眼果皮叶绿素和类胡萝卜素含量, 结果以 mg/g(鲜质量)表示。

#### 1.2.4 果皮类黄酮和总酚含量测定

从 10 个龙眼果实中称取果皮组织 2 g, 参照文献[19]的方法提取和测定龙眼果皮类黄酮、总酚含量。类黄酮含量以 OD<sub>325 nm</sub>/g(鲜质量)表示; 总酚含量以没食子酸作标准曲线计算, 结果以 mg/g(鲜质量)表示。

#### 1.2.5 果肉营养成分测定

参照文献[19]方法, 测定龙眼果肉总糖、蔗糖和维生素 C 含量。

#### 1.2.6 果实好果率测定

参照文献[18]方法, 贮藏期间定期随机取样 3 袋, 观察和测定果实的腐烂情况。好果率为

$$\varphi = \frac{n}{N} \times 100\%$$

式中  $n$ ——好果数  $N$ ——被检查总果数

#### 1.2.7 果皮褐变评价

果皮褐变评价参照文献[1,12]方法。每次随机取 50 个果实, 按照果皮内表面褐变面积与整个果皮内表面比值  $S$  把果皮褐变程度分为 6 级: 1 级为褐变面积零; 2 级为  $S < 1/4$ ; 3 级为  $1/4 \leq S < 1/2$ ;

4级为  $1/2 \leq S < 3/4$ ; 5级为  $S \geq 3/4$ ; 6级为全部褐变。

果皮褐变指数

$$B_i = \sum_{i=1}^6 S_i t_i / T_B$$

式中  $S_i$ ——果皮褐变级数

$t_i$ ——果皮褐变级数为  $i$  时对应的果实个数

$T_B$ ——测定果皮褐变时的果实总个数

### 1.2.8 果肉自溶评价

果肉自溶评价参照文献[1]的方法。每次随机取50个果实,按照果肉自溶面积与整个果肉面积比值  $A$  把果肉自溶程度分为5级:0级为果肉有弹性、果肉无自溶;1级为果肉变软,  $A < 1/4$ ; 2级为果肉变软、流汁,  $1/4 \leq A < 1/2$ ; 3级为果肉变软、流汁,  $1/2 \leq A < 3/4$ ; 4级为果肉糜烂,  $A \geq 3/4$ 。

果肉自溶指数

$$A_i = \sum_{i=0}^4 A_i t_i / T_A$$

式中  $A_i$ ——果肉自溶级数

$t_i$ ——果肉自溶级数为  $i$  时对应的果实个数

$T_A$ ——测定果肉自溶时的果实总个数

以上测定均重复3次,取其平均值并进行统计分析。

## 2 结果与讨论

### 2.1 果实呼吸强度

由图1可知,对照处理的龙眼果实呼吸强度在贮藏0~6 d内呈快速上升趋势,贮藏至第6天时达到最大值,贮藏6 d之后则快速下降。经槲酸丙酯处理的龙眼果实呼吸强度在贮藏0~2 d内快速上升,而在贮藏2~6 d内则快速下降,贮藏6 d之后的果实呼吸强度则快速上升。进一步比较发现,经槲酸丙酯处理的龙眼果实呼吸强度在贮藏2~8 d内均低于对照果实,如贮藏到第4天和第6天的龙眼果实呼吸强度分别比对照果实低43.3%和61.1%,两者之间的差异极显著( $P < 0.01$ )。上述结果表明,槲酸丙酯处理可显著降低龙眼果实呼吸强度。

### 2.2 果皮细胞膜透性

细胞膜透性可以反映出细胞膜结构的完整性,

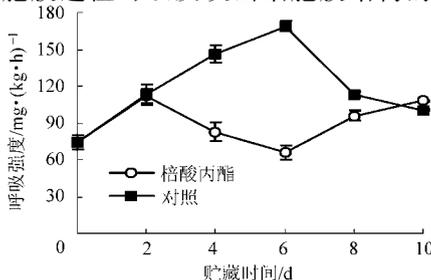


图1 槲酸丙酯处理对采后龙眼果实呼吸强度的影响  
Fig.1 Effects of propyl gallate treatment on respiration rate of harvested longan fruits

也在一定程度上反映果实衰老的程度,可用细胞膜相对渗透率来表示<sup>[12]</sup>。由图2可知,龙眼果实果皮细胞膜相对渗透率随采后贮藏时间的延长而增加。但不同处理的变化幅度不同。其中,对照果实在贮藏0~8 d内,果皮细胞膜相对渗透率较快增加,8~10 d内快速增加;而经槲酸丙酯处理的龙眼果实果皮细胞膜相对渗透率在贮藏0~6 d内缓慢增加,6~10 d内较快增加。进一步比较发现,在整个采后同一贮藏期间,经槲酸丙酯处理的龙眼果实果皮细胞膜相对渗透率都低于对照。如贮藏至第10天时,经槲酸丙酯处理和对照果实的龙眼果实果皮细胞膜相对渗透率分别为61.37%和81.31%,两者之间的差异极显著( $P < 0.01$ )。上述结果表明,槲酸丙酯处理可显著抑制龙眼果实果皮细胞膜相对渗透率的增加,较好地维持龙眼果实果皮细胞膜结构的完整性。

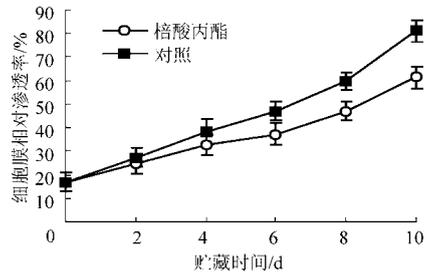


图2 槲酸丙酯处理对采后龙眼果实果皮细胞膜相对渗透率的影响  
Fig.2 Effects of propyl gallate treatment on cell membrane relative leakage rate in pericarp of harvested longan fruits

### 2.3 果皮色素和总酚含量

果实外观颜色是构成果实感观品质的最重要属性,与果品的外观品质和商品价值密切相关<sup>[1]</sup>。叶绿素、类胡萝卜素和类黄酮是龙眼果实果皮中的主要色素,与龙眼果实外观颜色密切相关<sup>[19]</sup>。多酚氧化酶促进酚类物质氧化的酶促褐变是导致采后龙眼果实果皮褐变的主要原因,酚类物质含量与采后龙眼果实果皮褐变程度密切相关<sup>[12,19]</sup>。

由图3a可知,龙眼果实果皮叶绿素含量随采后贮藏时间的延长而下降。但不同处理的变化幅度不同。其中,对照果实在贮藏0~4 d内,其果皮叶绿素含量快速下降,在贮藏4~8 d内缓慢下降,在贮藏8~10 d内则快速下降。而经槲酸丙酯处理的龙眼果实果皮叶绿素含量在贮藏0~4 d内没有明显的变化,在贮藏4~8 d内缓慢下降,在贮藏8~10 d内则快速下降。进一步比较发现,经槲酸丙酯处理的龙眼果实果皮叶绿素含量下降速度比对照果实慢;而且在整个采后同一贮藏期间,经槲酸丙酯处理的龙眼果实果皮叶绿素含量都高于对照。

由图 3b 可知,对照龙眼果实果皮类胡萝卜素含量随采后贮藏时间的延长而呈缓慢下降的趋势。与对照龙眼果实相比,经 3-氧丙酸丙酯处理的龙眼果实果皮类胡萝卜素含量在贮藏 0~4 d 内快速增加,而在贮藏 4 d 之后则快速下降。进一步比较发现,在整个采后同一贮藏期间,经 3-氧丙酸丙酯处理的龙眼果实果皮类胡萝卜素含量都高于对照。如贮藏至第 4 天时,经 3-氧丙酸丙酯处理的龙眼果实果皮类胡萝卜素含量为 0.092 mg/g,而对照果实的果皮类胡萝卜素含量为 0.073 mg/g,两者间差异显著( $P < 0.05$ )。

由图 3c 可知,龙眼果实果皮类黄酮含量随采后贮藏时间延长而下降。但不同处理的龙眼果实不同贮藏时期的变化幅度不同。其中,对照果实在贮藏 0~2 d 内,其果皮类黄酮含量快速下降,在贮藏 2~10 d 内较快下降。而经 3-氧丙酸丙酯处理的龙眼果实果皮类黄酮含量在贮藏 0~4 d 内较快下降,在贮藏 4~10 d 内缓慢下降。进一步比较发现,经 3-氧丙酸丙酯处理的龙眼果实果皮类黄酮含量下降速度比对照果实慢;而且在整个采后同一贮藏期间,经 3-氧丙酸丙酯处理的龙眼果实果皮类黄酮含量都高于对照。如贮藏至第 10 天时,经 3-氧丙酸丙酯处理的龙眼果实果皮类黄酮含量为 0.87  $OD_{325\text{nm}}/g$ ,而对照果实的果皮类黄酮含量为 0.76  $OD_{325\text{nm}}/g$ ,两者间差异显著( $P < 0.05$ )。

由图 3d 可知,龙眼果实果皮总酚含量随采后贮藏时间的延长而下降。其中,对照果实在贮藏 0~2 d 内,其果皮总酚含量快速下降,在贮藏 2~10 d 内缓慢下降。而经 3-氧丙酸丙酯处理的龙眼果实果皮总酚含

量在贮藏 0~2 d 内没有明显的变化,在贮藏 2~10 d 内较快下降。进一步比较发现,在整个采后同一贮藏期间,经 3-氧丙酸丙酯处理的龙眼果实果皮总酚含量都显著( $P < 0.05$ )高于对照。

上述结果表明,3-氧丙酸丙酯处理可以延缓采后龙眼果实果皮叶绿素、类胡萝卜素、类黄酮等色素的降解,保持较高的果皮总酚含量。

## 2.4 果肉总糖、蔗糖和维生素 C 含量

由图 4a 可知,对照处理的龙眼果实果肉总糖含量在贮藏 0~4 d 内缓慢上升,贮藏 4 d 之后则呈缓慢下降趋势。经 3-氧丙酸丙酯处理的龙眼果实果肉总糖含量在贮藏 0~2 d 内较快上升,贮藏 2~4 d 内变化不大,而贮藏 4~6 d 内较快上升,贮藏 6 d 之后则呈缓慢下降趋势。进一步比较发现,在整个采后同一贮藏期间,经 3-氧丙酸丙酯处理的龙眼果实果肉总糖含量都高于对照。如贮藏到第 6 天和第 8 天的龙眼果实果肉总糖含量分别比对照果实高 42.46% 和 50.64%,两者之间的差异极显著( $P < 0.01$ )。

由图 4b 可知,对照处理的龙眼果实果肉蔗糖含量在贮藏 0~4 d 内较快上升,贮藏 4 d 之后则快速下降。经 3-氧丙酸丙酯处理的龙眼果实果肉蔗糖含量在贮藏 0~2 d 内快速上升,贮藏 2~6 d 内缓慢上升,贮藏 6 d 之后则快速下降。进一步比较发现,经 3-氧丙酸丙酯处理的龙眼果实果肉总糖含量显著( $P < 0.05$ )高于对照。

由图 4c 可知,龙眼果实果肉维生素 C 含量随采后贮藏时间的延长而快速下降,这与龙眼果实属于高糖、低酸水果,维生素 C 在缺乏高酸条件下易被

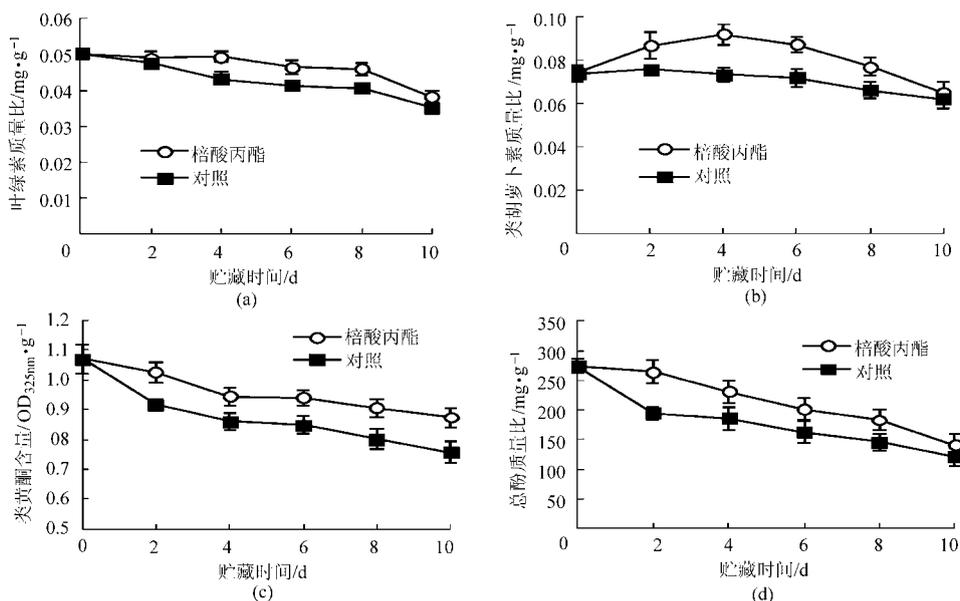


图 3 3-氧丙酸丙酯处理对采后龙眼果实果皮叶绿素、类胡萝卜素、类黄酮和总酚含量的影响

Fig. 3 Effects of propyl gallate treatment on contents of chlorophyll, carotenoid, flavonoid and total phenolics in pericarp of harvested longan fruits

破坏有关<sup>[2-3,5]</sup>。但不同处理的龙眼果实果肉维生素 C 含量变化幅度不同。其中,对照龙眼果实果肉维生素 C 含量在贮藏 0~6 d 内急剧下降,而在贮藏 6~10 d 内略有下降。经栝酸丙酯处理的龙眼果实

果肉维生素 C 含量在贮藏 0~8 d 内快速下降,贮藏 8~10 d 内没有明显的变化。进一步比较发现,在贮藏 2~6 d 内,经栝酸丙酯处理的龙眼果实果肉维生素 C 高于对照。

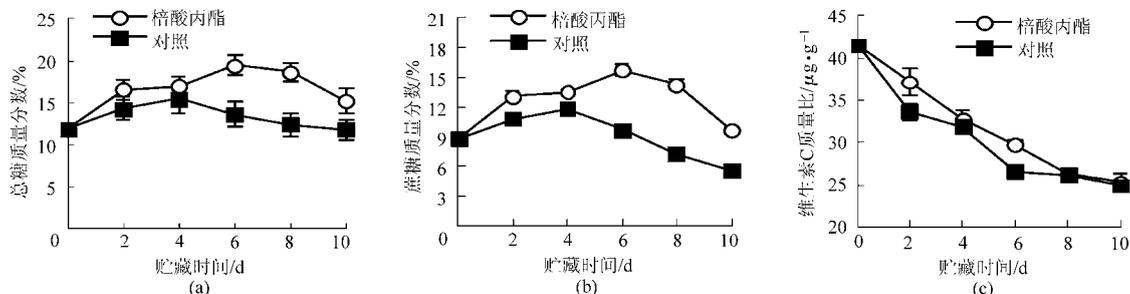


图 4 栝酸丙酯处理对采后龙眼果实果肉营养成分含量的影响

Fig. 4 Effects of propyl gallate treatment on contents of nutritional ingredients in pulp of harvested longan fruits

上述结果表明,栝酸丙酯处理可保持较高的龙眼果实果肉总糖、蔗糖、维生素 C 等营养成分含量。

## 2.5 贮藏保鲜效果

### 2.5.1 好果率

由图 5 可知,龙眼果实好果率随采后贮藏时间的延长而下降,栝酸丙酯处理可抑制龙眼果实好果率的下降。其中,在贮藏 0~4 d 内,对照和栝酸丙酯处理的龙眼果实保鲜较为完好,好果率都在 85% 以上。而在贮藏 4 d 之后,对照龙眼果实的好果率快速下降;而栝酸丙酯处理的龙眼果实好果率下降较为缓慢。进一步比较发现,在同一贮藏期间,经栝酸丙酯处理的龙眼果实好果率均高于对照果实。如贮藏至第 6 天和第 10 天时,经栝酸丙酯处理的龙眼果实好果率分别为 85% 和 44.8%,分别比对照果实高 18.06% 和 124.00%,两者之间的差异显著 ( $P < 0.05$ )。上述结果表明,栝酸丙酯处理有利于保持较高的龙眼果实好果率。

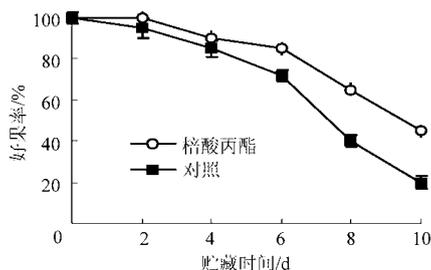


图 5 栝酸丙酯处理对采后龙眼果实好果率的影响

Fig. 5 Effects of propyl gallate treatment on healthy fruit percentage of harvested longan fruits

### 2.5.2 果皮褐变和果肉自溶

由图 6 可知,采后龙眼果实果皮褐变指数随贮藏时间的延长而上升,栝酸丙酯处理可抑制龙眼果实果皮褐变指数的上升。其中,对照处理的龙眼果实果皮褐变指数在贮藏 0~6 d 内较快上升,在贮藏 6~10 d 内急剧上升;经栝酸丙酯处理的龙眼果实

皮褐变指数在贮藏 0~6 d 内缓慢上升,贮藏 6~10 d 内较快上升。进一步比较发现,在同一贮藏期间,经栝酸丙酯处理的龙眼果实果皮褐变指数都显著 ( $P < 0.05$ ) 低于对照果实。

采后龙眼果实果肉自溶指数随贮藏时间的延长而上升,栝酸丙酯处理可抑制龙眼果实果肉自溶指数的上升。其中,对照处理的龙眼果实果肉自溶指数随贮藏时间的延长而快速上升;经栝酸丙酯处理的龙眼果实果肉自溶指数在贮藏 0~2 d 内没有明显的变化,但贮藏 2 d 之后的果肉自溶指数则快速上升。进一步比较发现,栝酸丙酯处理的龙眼果实果肉自溶指数显著 ( $P < 0.05$ ) 低于对照果实。

上述结果表明,栝酸丙酯处理能有效抑制采后龙眼果实果皮褐变和果肉自溶。

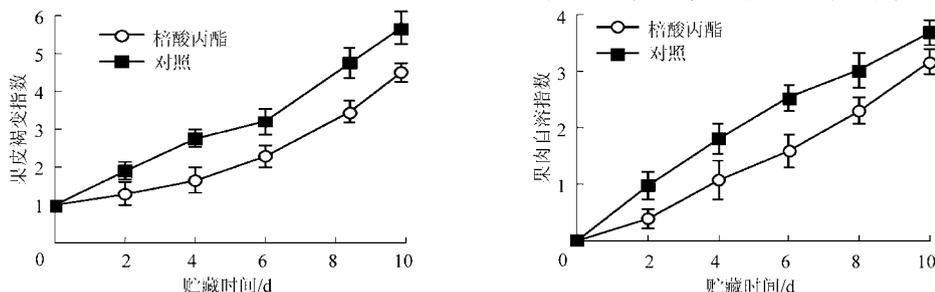


图 6 栝酸丙酯处理对采后龙眼果实果皮褐变指数和果肉自溶指数的影响

Fig. 6 Effects of propyl gallate treatment on pericarp browning index and aril breakdown index of harvested longan fruits

### 3 结束语

浓度为 5 mmol/L 的柠檬酸丙酯处理可有效降低采后龙眼果实呼吸强度,延缓龙眼果实衰老和果皮细胞膜相对渗透率的增加,保持较高的龙眼果肉总糖、蔗糖、维生素 C 等营养成分含量和龙眼果皮叶绿素、类胡萝卜素、类黄酮和总酚含量,延迟

龙眼果皮褐变,抑制龙眼果肉自溶,减少龙眼果实腐烂,提高龙眼果实贮藏保鲜效果。在  $(15 \pm 1) ^\circ\text{C}$  下贮藏 6 d 时,经柠檬酸丙酯处理的龙眼果实好果率为 85%,而对照果实只有 72%。因此认为,5 mmol/L 的柠檬酸丙酯浸泡 20 min 可有效延缓采后龙眼果实衰老、提高龙眼果实贮藏品质和保鲜效果。

### 参 考 文 献

- 1 陈艺晖,瓮红利,林河通,等. 龙眼果实聚乙烯薄膜袋包装和贮藏的研究[J]. 农业机械学报,2007,38(9):192~195.  
Chen Yihui, Weng Hongli, Lin Hetong, et al. Study on polyethylene film bag packaging and storage of longan fruit [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2007, 38(9):192~195. (in Chinese)
- 2 Lin Hetong, Chen Shaojun, Chen Jinquan, et al. Current situation and advances in postharvest storage and transportation technology of longan fruit [J]. Acta Horticulturae, 2001, 558:343~351.
- 3 Jiang Yueming, Zhang Zhaoqi, Joyce D C, et al. Postharvest biology and handling of longan fruit (*Dimocarpus longan* Lour.) [J]. Postharvest Biology and Technology, 2002, 26(3):241~252.
- 4 Lin Hetong, Chen Yihui, Lin Yifen. Main problems and countermeasures for longan postharvest management in China [J]. Acta Horticulturae, 2010, 863:509~514.
- 5 Holcroft D M, Lin Hetong, Ketsa S. Harvesting and storage [M]//Menzel C, Waite G. Litchi and longan: botany, cultivation and uses. Wallingford, UK: CAB International, 2005:273~295.
- 6 Duan Xuewu, Zhang Haiyan, Zhang Dandan, et al. Role of hydroxyl radical in modification of cell wall polysaccharides and aril breakdown during senescence of harvested longan fruit [J]. Food Chemistry, 2011, 128(1):203~207.
- 7 Tian Shiping, Xu Yong, Jiang Aili, et al. Physiological and quality responses of longan fruit to high  $\text{O}_2$  or high  $\text{CO}_2$  atmospheres in storage [J]. Postharvest Biology and Technology, 2002, 24(3):335~340.
- 8 Duan Xuewu, Su Xinguo, You Yanli, et al. Effect of nitric oxide on pericarp browning of harvested longan fruit in relation to phenolic metabolisms [J]. Food Chemistry, 2007, 104(2):571~576.
- 9 Jiang Yueming, Li Yuebiao. Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of longan fruit [J]. Food Chemistry, 2001, 73(2):139~143.
- 10 Apai W. Effects of fruit dipping in hydrochloric acid then rinsing in water on fruit decay and browning of longan fruit [J]. Crop Protection, 2010, 29(10):1184~1189.
- 11 Whangchai K, Saengnil K, Uthaibutra J. Effect of ozone in combination with some organic acids on the control of postharvest decay and pericarp browning of longan fruit [J]. Crop Protection, 2006, 25(8):821~825.
- 12 林河通,席琦芳,陈绍军. 龙眼果实采后失水果皮褐变与活性氧及酚类代谢的关系[J]. 植物生理与分子生物学学报, 2005, 31(3):287~297.  
Lin Hetong, Xi Yufang, Chen Shaojun. The relationship between the desiccation-induced browning and the metabolism of active oxygen and phenolics in pericarp of postharvest longan fruit [J]. Journal of Plant Physiology and Molecular Biology, 2005, 31(3):287~297. (in Chinese)
- 13 Morales M D, Gonzalez M C, Reviejo A J, et al. A composite amperometric tyrosinase biosensor for the determination of the additive propyl gallate in foodstuffs [J]. Microchemical Journal, 2005, 80(1):71~78.
- 14 Zhang Jingxian, Kirkham M B. Lipid peroxidation in sorghum and sunflower seedlings as affected by ascorbic acid, benzoic acid, and propyl gallate [J]. Journal of Plant Physiology, 1996, 149(5):489~493.
- 15 林植芳,林桂珠,孙谷畴,等. 人为调节荔枝果皮有机自由基及其与果皮变褐的可能关系[J]. 实验生物学报, 1994, 27(4):383~388.  
Lin Zhifang, Lin Guizhu, Sun Guchou, et al. Artificial regulation of organic free radicals in pericarp of litchi and its possible relation to pericarp browning [J]. Acta Biologicae Experimentalis Sinica, 1994, 27(4):383~388. (in Chinese)
- 16 蒋跃明,陈绵达,林植芳,等. 香蕉低温酶促褐变[J]. 植物生理学报, 1991, 17(2):157~163.  
Jiang Yueming, Chen Mianda, Lin Zhifang, et al. Enzymatic browning of banana during temperature storage [J]. Acta Phytobiologica Sinica, 1991, 17(2):157~163. (in Chinese)
- 17 李汉良. 没食子酸丙酯对新高梨软化和褐变的影响[J]. 农产品加工·学刊, 2011(9):51~53.  
Li Hanliang. Effects of propyl gallate on softening and browning of harvested Niitaka pear fruit [J]. Academic Periodical of Farm Products Processing, 2011(9):51~53. (in Chinese)
- 18 李辉,林河通,袁芳,等. 不同浓度 1-MCP 处理对采后油木奈果实的保鲜效应[J]. 农业机械学报, 2012, 43(5):114~121.  
Li Hui, Lin Hetong, Yuan Fang, et al. Effects of different concentrations of 1-MCP treatments on freshness of harvested Younai fruits [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2012, 43(5):114~121. (in Chinese)
- 19 林河通,瓮红利,张居念,等. 果实采前套袋对龙眼果实品质和耐贮性的影响[J]. 农业工程学报, 2006, 22(11):232~237.  
Lin Hetong, Weng Hongli, Zhang Junian, et al. Effects of fruit pre-harvest bagging on the quality and post-harvest storability of longan fruit [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2006, 22(11):232~237. (in Chinese)