

# 肠膜明串珠菌复合保鲜剂对龙眼冷藏过程中品质变化的影响

胡文锋<sup>1</sup>, 黄应维<sup>1</sup>, 徐匆<sup>2</sup>, 马镭<sup>2</sup>, 张长勇<sup>1</sup>, 范妍<sup>2</sup>, 胡珊<sup>2</sup>, 罗华建<sup>2</sup>, 李雪玲<sup>1</sup>, 罗诗<sup>2</sup>

(1. 华南农业大学食品学院, 广东广州 510642) (2. 东莞市农业科学研究中心, 广东东莞 523079)

**摘要:** 本试验旨在研究一种以乳酸菌为主要成份的复合生物保鲜剂对龙眼果实的保鲜作用, 复合保鲜剂配方为  $8.6 \times 10^6$  CFU/mL dgnkzx002+1% 曲酸+1% 乳酸钠。以“东丰”龙眼 (*Dimocarpus longan* Lour. cv. Dongfeng) 果实为试材, 研究肠膜明串珠菌复合保鲜剂在冷藏 (4 °C) 条件下龙眼果实品质的影响及其在龙眼保鲜中的应用。结果显示, 经复合生物保鲜剂处理的龙眼果实在 4 °C 冷藏 30 d 后的可滴定酸(TA)、可溶性固形物(TSS)和维生素 C(Vc)含量分别为清水处理对照组的 190.90%、123.19%和 147.79%, 而商品率与失重率分别为 192.31%和 73.9%, 说明保鲜剂处理不仅抑制了贮藏期间龙眼果实的呼吸作用, 延缓了果实营养成分的下降, 还能有效减少果实水分损失、显著提高果实的商品率。此外, 复合保鲜剂还在一定程度上抑制多酚氧化酶(PPO)和过氧化物酶(POD)的活性, 保持超氧化物歧化酶(SOD)的活性。采用肠膜明串珠菌复合保鲜剂处理可较好地保持冷藏条件下龙眼果实的品质, 减缓酶促褐变过程, 在龙眼生物保鲜上具有较好的应用前景。

**关键词:** 肠膜明串珠菌; 菌体; 龙眼; 微生物; 冷藏; 保鲜

文章编号: 1673-9078(2013)7-1523-1527

## Effect of Composite Biological Preservative containing *Leuconostoc mesenteroides* on Quality Changes of Cold-Stored Longan

HU Wen-feng<sup>1</sup>, HUANG Ying-wei<sup>1</sup>, XU Cong<sup>2</sup>, MA Ke<sup>2</sup>, ZHANG Chang-yong<sup>1</sup>, FAN Yan<sup>2</sup>, HU Shan<sup>2</sup>, LUO Hua-jian<sup>2</sup>, LI Xue-ling<sup>1</sup>, LUO Shi<sup>2</sup>

(1. College of Food, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

(2. Dongguan Agricultural Science Research Institution, Dongguan 523079, China)

**Abstract:** The paper studied the preservation effect of lactic acid bacteria on fresh longan fruits and developed a composite bio-preservative agent with lactic acid bacteria as the main component. The formula of bio-preservative agents is  $8.6 \times 10^6$  CFU/mL dgnkzx002, 1% kojic acid and 1% sodium lactate. Taking longan fruits (*Dimocarpus longan* Lour. cv. Dongfeng) as test materials, the influence of composite biological preservative of *Leuconostoc mesenteroides* on fruit quality and effect on fresh-keeping of longan fruits were evaluated during storage at 4 °C. The results showed that titratable acidity (TA), soluble solids (TSS) and vitamin C (Vc) content of longan fruit treated by the composite biological preservative were 90.90%, 23.19% and 47.79%, respectively, higher than those by the water control group. The commodity rate and weight loss rates were 192.31% and 73.9%, respectively. This showed that the composite biological preservative could delay the decrease of total soluble solids (TSS), titratable acid (TA), vitamin C, reducing sugar and total sugar, reduce weight loss rate, and slow down the commodity rate of decline and inhibit polyphenol oxidase (PPO) activity, peroxidase (POD) activity, thus maintaining the activity of superoxide dismutase (SOD). Therefore, composite biological preservative treatment effectively maintained the quality of longan fruits and slowed down the process of enzymatic browning. The composite biological preservative of *Leuconostoc mesenteroides* showed great potential in longan biological preservation.

**Key words:** *Leuconostoc mesenteroides*; bacteria; Longan; microbial; refrigeration; preservation

龙眼是中国著名的滋补佳品, 具有较高的营养价

收稿日期: 2013-03-12

基金项目: 东莞市高等院校科研机构科技计划项目 (NO. 2011108101008)

作者简介: 胡文锋 (1964-), 男, 博士, 副教授, 应用微生物

通讯作者: 罗诗 (1962-), 男, 研究员, 果蔬保鲜

值和保健作用, 深受人们喜爱。但是龙眼果实成熟于高温高湿季节, 自身生理活动旺盛, 易受病害菌侵袭, 果实容易腐烂变质, 不耐贮藏和运输<sup>[1]</sup>。目前国内外对龙眼贮藏保鲜技术有不少的相关研究报道, 主要包括冷藏保鲜<sup>[2]</sup>、气调保鲜<sup>[3]</sup>等; 化学保鲜主要指化学防

防腐剂<sup>[4]</sup>、涂膜保鲜<sup>[5]</sup>及酸浸渍保鲜<sup>[6]</sup>等,其中冷藏结合化学防腐剂保鲜在生产中应用最广。但冷藏保鲜成本高昂,难以大范围推广;化学药剂又容易残留,危害人体健康,存在的安全性问题会随着人们对健康的重视而变得愈加突出,从而限制了它们的应用。因此,开发高效、稳定、安全的生物保鲜剂,是龙眼果实保鲜研究的重要方向。

肠膜明串珠菌 (*Leuconostoc mesenteroides*) 属于乳酸菌中的明串珠菌属的重要菌种,乳酸菌以其天然、以及强抗菌性<sup>[7]</sup>等优势,已逐步成为食品保鲜研究的热点。乳酸菌在果蔬保鲜方面的应用也早有报道<sup>[8]</sup>,如应用乳酸菌对荔枝<sup>[9]</sup>、草莓<sup>[10]</sup>和苹果<sup>[11]</sup>等水果进行采后保鲜技术已经比较成熟;单宝龙等开发了一株植物乳杆菌 (*Lactobacillus plantarum*), 将其以喷雾方式喷洒到水果上,不但可以防治果皮褐变,降低果实发病率,还可以适当减少果实水分挥发,抑制水果的新陈代谢,从而延长了保鲜期<sup>[12]</sup>。本研究采用的保鲜功能菌为肠膜明串珠菌 dgnkzx002 (*Leuconostoc mesenteroides* dgnkzx002), 其对龙眼炭疽病菌有良好的抑制作用,结合抗菌剂-曲酸与保湿剂乳酸钠配制的复合保鲜剂应用于“东丰”龙眼的采后保鲜,旨在探讨乳酸菌复合保鲜剂对龙眼保鲜效果的影响,以期能为功能微生物应用于龙眼的采后贮藏保鲜提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

#### 1.1.1 原料

供试龙眼品种为“东丰”,采自东莞农业科学研究中心龙眼果园,采收时均为8~9成熟。

#### 1.1.2 菌种

肠膜明串珠菌 dgnkzx002,筛选于龙眼果实并经形态学观察、系列生理生化检测以及16S rRNA鉴定(保存在中国典型培养物保藏中心, CCTCC, 武汉大学, 武汉。保藏号: CCTCC M 2012479)。

#### 1.1.3 试剂

食品级曲酸(Kojic acid)、乳酸钠,购自广州齐云生物有限公司,配制成体积分数为1%的溶液备用。

施保克(Sportak),德国拜耳公司,配制成体积分数为1%的溶液备用。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 肠膜明串珠菌复合生物保鲜剂配制

湿重为0.2 g菌体悬浮于490 mL生理盐水中,活菌数为 $8.6 \times 10^6$  CFU/mL,分别加入5 mL的曲酸及乳酸钠溶液,搅拌得到复合生物保鲜剂(以下简称“复合保鲜剂”)。

#### 1.2.2 保鲜处理方法

选择成熟度、大小、色泽相对一致,无病虫、无损伤的果实进行试验,每个处理500 g果实,设3个平行。塑料盒子装载,相对湿度97~99%,4℃条件下贮藏。

表1 保鲜处理方案

Table 1 Fresh treatment groups

组别	成分	用量/mL	处理方法	处理时间/min
阴性对照	清水	500	浸泡	1
阳性对照	1%施保克	500	浸泡	1
复合保鲜剂	保鲜液	500	浸泡	1

#### 1.2.3 样品的处理方法

随机取龙眼果实20个,果肉榨汁,纱网过滤,用于可溶性固形物(TSS)可滴定酸(TA)、维生素C(Vc)、还原糖和总糖含量的测定。检测果皮的多酚氧化酶(PPO)、过氧化物酶(POD)、超氧化物歧化酶(SOD)活性。

#### 1.2.4 测定指标

##### 1.2.4.1 龙眼果实商品率的评定

根据林河通<sup>[13]</sup>的方法对龙眼果实腐烂程度分级,计算商品率。

$$\text{商品率}(\%) = \frac{(\text{0级} + \text{1级} + \text{2级} + \text{3级}) \text{果数}}{\text{总果数}} \times 100\%$$

##### 1.2.4.2 龙眼果实失重率的测定

采用分析天平称重法,记录贮藏前龙眼果实的初始重量与贮藏一段时间后的重量,以果实贮藏前后的重量变化率计算。

$$\text{失重率}(\%) = \frac{\text{贮前重量} - \text{贮后重量}}{\text{贮前重量}} \times 100\%$$

##### 1.2.4.3 果肉可溶性固形物(TSS)含量的测定

用数显折光仪测定,百分率表示。

##### 1.2.4.4 可滴定酸(TA)含量的测定

参照宁正祥<sup>[14]</sup>的方法。

##### 1.2.4.5 果肉维生素C(Vc)含量的测定

参照周德庆的方法。

##### 1.2.4.6 龙眼总糖与还原糖的测定

参照朱广廉<sup>[15]</sup>的方法。

##### 1.2.4.7 多酚氧化酶(PPO)活性的测定

3 mL反应体系包括2210 μL磷酸缓冲液,750 μL 0.2 mol/L邻苯二酚,40 μL酶液,410 nm处测定其吸光值,以每分钟 $\Delta OD_{410}$ 变化0.001为一酶活力单位。

##### 1.2.4.8 过氧化物酶(POD)活性的测定

3 mL反应体系包括2070 μL磷酸缓冲液,300 μL 0.08%的 $H_2O_2$ ,600 μL愈创木酚,30 μL酶液,470 nm

处测定其吸光值,以每分钟  $\Delta OD_{470}$  变化 0.001 为一酶活力单位。

### 1.2.4.9 超氧化物歧化酶 (SOD) 活性的测定

采用氮蓝四唑法<sup>[16]</sup> (NBT) 测定。

### 1.2.5 数据统计

实验数据用 Microsoft Excel 2010 进行统计处理。

## 2 结果与讨论

### 2.1 复合保鲜剂处理对龙眼果实商品率和失重率的影响

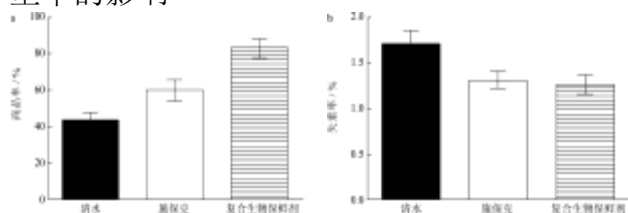


图 1 复合生物保鲜剂对龙眼果实商品率 (a) 和失重率 (b) 的影响

Fig.1 Changes of commodity rate and weight loss rat of Longan fruit treated by preserving agents

龙眼果实的商品率和失重率是反映果实新鲜度的重要指标,对一种保鲜剂而言,处理后果实商品率越高,失重率越小,说明保鲜效果越好。由图 1 可知,4℃条件下贮藏 30 d 后,清水处理组、施保克处理组及复合生物保鲜剂的商品率分别为 43.33%、60% 及 83.33%,保鲜剂处理的果实商品率为清水处理和施保克处理的 192.31% 和 138.89%,差异显著( $P < 0.05$ ),结果说明复合保鲜剂处理能有效保持的采后龙眼果实的商品率。保鲜剂处理的果实失重率仅为清水处理的 73.9%,差异显著( $P < 0.05$ ),施保克处理差异不显著。以上结果说明复合保鲜剂处理在一定程度上减缓龙眼果实贮藏期间的水分损失,降低失重率。

### 2.2 复合保鲜剂处理对龙眼果肉营养成分含量的影响

龙眼果肉的营养成分是指可滴定酸 (TA)、可溶性固形物 (TSS)、还原糖和总糖等,它们是评价果实口感与风味的重要指标,采后贮藏过程中会作为呼吸底物被分解<sup>[17]</sup>。由图 2、3 可知,在贮藏过程中,TA、TSS、还原糖和总糖含量均呈下降趋势。如图 2 所示,保鲜剂处理组的 TA、TSS 含量下降较清水处理及施保克处理为平缓,在 4℃贮藏 30 d 后,保鲜剂处理的龙眼果肉 TSS 含量为清水处理 123.19%、施保克处理的 111.84%;而保鲜剂处理的龙眼果肉 TA 含量为清水处理 190.9%、施保克处理的 140%,差异显著( $P < 0.05$ )。如图 3 所示,贮藏 30 d 后,清水处理、施保克处理和保鲜剂处理的还原糖含量分别为贮藏前含量的

43.43%、58.57% 和 68.36%;总糖含量分别为 57.76%、67.16% 和 72.29%,整个贮藏过程果实还原糖及总糖含量保持的高低顺序皆为保鲜剂>施保克>清水,说明保鲜剂及施保克处理均能在一定程度上延缓果实糖含量的降低,但影响不显著 ( $P > 0.05$ )。综上所述,复合保鲜剂能有效减缓营养成分的减少。更好保持龙眼果实风味,效果优于化学防腐剂处理。

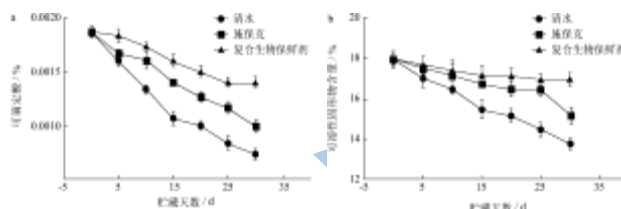


图 1 复合生物保鲜剂对龙眼果肉可滴定酸 (a)、可溶性固形物 (b) 含量的影响

Fig.2 Changes of TA and TSS content of Longan pulp treated by preserving agents

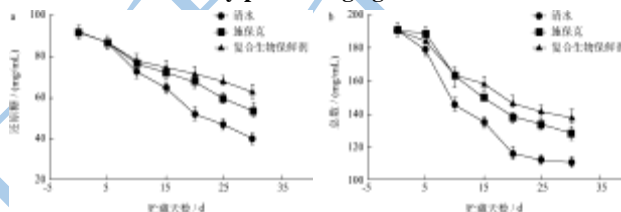


图 2 复合生物保鲜剂对龙眼果肉还原糖 (a)、总糖含量 (b) 的影响

Fig.3 Changes of reducing sugar and total sugar content of Longan pulp treated by preserving agents

### 2.3 复合保鲜剂处理对龙眼果实维生素 C 含量的影响

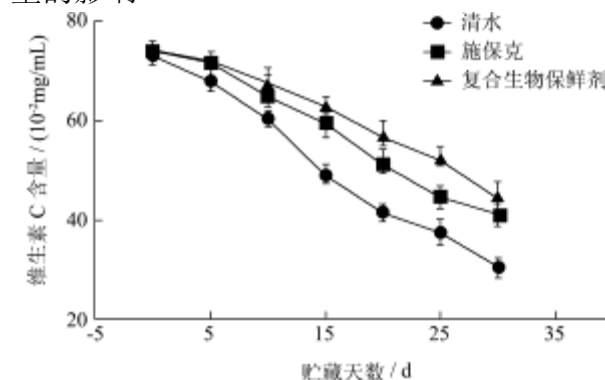


图 3 复合生物保鲜剂对龙眼果肉维生素 C (Vc) 含量的影响

Fig.4 Changes of Vc content of Longan pulp treated by preserving agents

维生素 C (Vc) 含量变化是评价果蔬营养品质和保鲜效果的重要指标,采后龙眼果实 Vc 在缺乏酸的保护下会被迅速破坏<sup>[18]</sup>。由图 4 可知,龙眼果实 Vc 含量在贮藏期间迅速下降。相对于清水处理和施保克处理,复合保鲜剂处理的果实 Vc 含量减少较为平缓,4℃贮藏 30 d 后,保鲜剂处理的含量为清水处理的

147.79% ( $P<0.05$ ), 施保克处理的 108.73%。说明复合生物保鲜剂可以有效减缓果实维生素 C 含量的损失, 效果与化学防腐剂相当, 较好的保持龙眼果实营养成分。

### 2.4 复合保鲜剂处理对龙眼果实多酚氧化酶 (PPO) 活性的影响

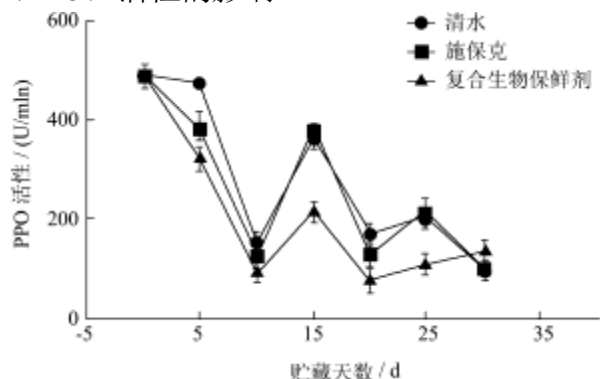


图 4 复合生物保鲜剂对龙眼果皮 PPO 活性的影响

Fig.5 Changes of PPO activities of Longan pericarp treated by preserving agents

多酚氧化酶 (PPO) 被认为是引起酶促褐变的关键酶类<sup>[9]</sup>。由图 5 可知, 贮藏期间龙眼果实 PPO 活性波动下降, 经复合保鲜剂处理的果实在整个贮藏过程中 PPO 活性曲线变化低于清水处理及施保克处理, PPO 活性高低排序为保鲜剂<施保克<清水, 4 °C 贮藏第 15 d 时, 清水处理和施保克的 PPO 活性分别为 378 U/min 和 370 U/min, 而保鲜剂处理的 PPO 活性为 216 U/min, 差异显著 ( $P<0.05$ )。说明保鲜剂处理能在一定程度上抑制龙眼果皮的 PPO 活性。

### 2.5 复合保鲜剂处理对龙眼果实过氧化物酶 (POD) 活性的影响

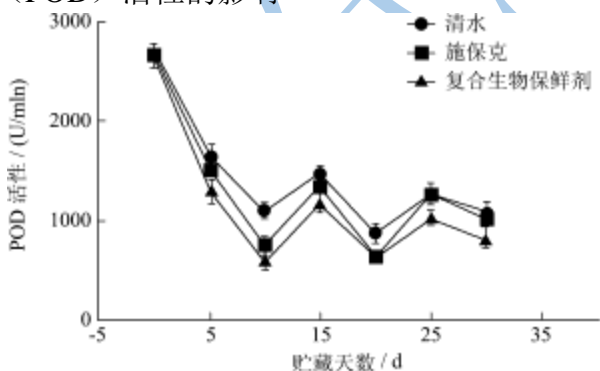


图 5 复合生物保鲜剂对龙眼果皮 POD 活性的影响

Fig.6 Changes of POD activities of Longan pericarp treated by preserving agents

过氧化物酶 (POD) 也参加酚类代谢转化, 导致膜伤害引发组织褐变<sup>[5]</sup>。由图 6 可以看出, 贮藏期间龙眼果实的 POD 活性整体呈下降趋势, 贮藏 10 d 内活性迅速下降, 然后则是波动缓慢下降。整个贮藏过

程 POD 活性保持保鲜剂<施保克<清水, 其中保鲜剂处理与清水处理之间差异显著 ( $P<0.05$ ), 与施保克处理之间差异不显著, 这说明保鲜剂处理可以有效抑制龙眼果皮 POD 的活性, 减缓果实酶促褐变程度。

### 2.6 复合保鲜剂处理对龙眼果实超氧化物歧化酶 (SOD) 活性的影响

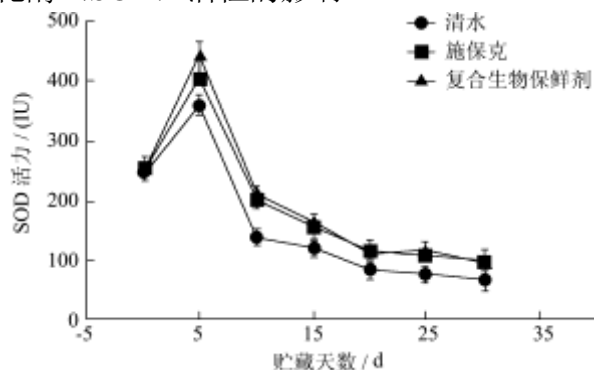


图 6 保鲜剂对龙眼果皮 SOD 活性的影响

Fig.7 Changes of SOD activities of Longan pericarp treated by preserving agents

超氧化物歧化酶 (SOD) 能清除细胞中自由基, 其活性的高低变化反映了植物对氧化损伤的修复能力的大小<sup>[20]</sup>。由图 7 可看出, 龙眼果实 SOD 活性在贮藏期间先升高后急剧下降, 可知贮藏后期是 SOD 活性下降的关键时期。在贮藏前期时, 龙眼果皮 SOD 酶活性先升高, 被认为是果皮 SOD 酶对外界刺激处理的一种应激反应; 在贮藏后期, 经复合保鲜剂处理组的 SOD 活性都高于清水处理, 保鲜效果与化学防腐剂施保克相当, 说明保鲜剂处理能较好地保持龙眼果实的 SOD 活性, 提高龙眼果实抗自由基毒害能力。

## 3 结论

3.1 采后龙眼果实在贮藏过程中, 糖酸等营养成分作为呼吸底物被逐步消耗, 且由于失水与逆境胁迫, 膜区域化结构被破坏, 褐变底物与酶接触导致褐变发生, 此时病原菌的侵袭, 加速果实的腐烂过程。因此, 拮抗病原菌侵袭与抑制果实自身生理生化活动是龙眼保鲜的关键。乳酸菌及其代谢产物对植物生理代谢发挥重要的影响, 对植物病原菌也有较强的拮抗作用, 是一种良好的保鲜功能菌种。本研究采用肠膜明串珠菌作为保鲜功能菌, 在前期实验中发现其不但对龙眼炭疽病菌有拮抗作用, 还能有效抑制果实自身生理生化活动, 经后期优化的复合生物保鲜剂处理龙眼果实在 4 °C 冷藏 30 d 后的 TA 含量、TSS 含量和 Vc 含量分别为清水处理对照组的 190.90%、123.19% 和 147.79%, 为施保克处理对照组的 140%、111.84% 和 108.78%, 差异显著; 商品率及失重率分别为 192.31%

和 73.9%，保鲜效果显著，说明复合生物保鲜剂能有效保持龙眼果实的营养成分，保持了果实风味。

3.2 果实组织褐变与酚类物质含量、PPO、POD 活性密切相关，活性氧清除剂超氧化物歧化酶(SOD)是衡量果皮抗氧化能力的高低的重要指标<sup>[13]</sup>。龙眼果皮 PPO、POD 活性的高低与两个酶的存在形式有关，游离酶不断被消耗，结合酶不断被释放出来，所以采后龙眼果皮酶活性呈波形曲线前进的趋势。在整个贮藏期间，复合生物保鲜剂处理的果实与清水处理、施保克处理对照相比，PPO、POD 活性得到一定程度的抑制，效果显著。龙眼果实保鲜初期 SOD 活性的增加被认为是保鲜处理的应激反应<sup>[17]</sup>，经复合生物保鲜剂处理后，SOD 酶活下降趋势比清水处理及施保克处理缓慢，酶活力得到了较好的保持。说明复合生物保鲜剂能在一定程度上减缓龙眼果实自身的生理生化活动，保持果实品质。

3.3 综上所述，复合生物保鲜剂能有效抑制龙眼果实的失水，提高果实商品率，保持较好的外观品质，并显著延缓了 TA、TSS 和维生素 C 含量的下降，一定程度上减少了还原糖与总糖的损失，保持了果实的营养成分及风味，还能抑制龙眼果皮的 PPO 与 POD 活性的上升，保持较高的 SOD 活性，在一定程度上抑制了果实生理生化活动，有效保持了采后龙眼果实品质，在龙眼生物保鲜中有良好应用前景。

## 参考文献

- [1] 韩冬梅,吴振先.SO<sub>2</sub>对龙眼果实的氧化作用与衰老的影响[J].果树科学,1999,16(1):24-29  
Dongmei Han, Zhenxian Wu. Effects of SO<sub>2</sub> Treatment on the Oxidation and Senescence of Longan Fruit [J]. Journal of Fruit Science, 1999, 16(1): 24-29
- [2] Jiang Y, Zhang Z, 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
- [3] Tian S, Xu Y, Jiang A, et al. Physiological and quality responses of longan fruit to high O<sub>2</sub> or high CO<sub>2</sub> atmospheres in storage [J]. Postharvest Biology and Technology, 2002, 24(3): 335-340
- [4] Xu W, Li D, Fu Y, et al. Preparation and Measurement of Controlled - Release SO<sub>2</sub> Fungicide Active Packaging at Room Temperature [J]. Packaging Technology and Science, 2013, 26: 51-58
- [5] 许秀真.魔芋葡甘聚糖抗菌复合膜对龙眼的常温保鲜研究[J].现代食品科技,2006,22(2):107-109  
Xiu-zhen Xu. Application of Anti-microbial Composite Film of Konjac Glucomannan for Longan storage at Normal Temperature [J]. Modern Food Science and Technology, 2006, 22(2): 107-109
- [6] 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
- [7] Dalié D, Deschamps A M, Richard-Forget F. Lactic acid bacteria-Potential for control of mould growth and mycotoxins: A review [J]. Food Control, 2010, 21(4): 370-380
- [8] Patra F, Tomar S K, Rajput Y S, et al. Characterization of mannitol producing strains of *Leuconostoc* species [J]. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 2011, 27(4): 933-939
- [9] Martínez-Castellanos G, Pelayo-Zaldívar C, Pérez-Flores L J, et al. Postharvest litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) quality preservation by *Lactobacillus plantarum* [J]. Postharvest Biology and Technology, 2011, 59(2): 172-178
- [10] Menel K, Faten K, Moktar H. Combining biocontrol agent and high oxygen atmosphere, to reduce postharvest decay of strawberries [J]. African Journal of Microbiology Research, 2012, 6(24): 5179-5187
- [11] Trias R, Bañeras L, Montesinos E, et al. Lactic acid bacteria from fresh fruit and vegetables as biocontrol agents of phytopathogenic bacteria and fungi [J]. International Microbiology, 2010, 11(4): 231-236
- [12] 单宝龙,谷巍,孙合美,等.一株可用于生物防腐保鲜的乳酸菌及其应用 [P]. 2010, 12, 15  
Baolong Dan, Wei Gu, Hemei Sun. A Lactic Acid Bacterium can be Used for Biological Preservative [P]. 2010, 12, 15
- [13] 林河通,席珂芳,陈绍军.果实贮藏期间的酶促褐变[J].福州大学学报(自然科学版),2002,30(z1):696-703  
HeTong Lin, Yufang Xi, Shaojun Chen. A review of enzymatic browning in fruit during storage [J]. Journal of FuZhou University (Natural Science Edition), 2002, 30(z1): 696-703
- [14] 宁正祥.食品成分分析手册[M].中国轻工业出版社,1998  
Zhengxiang Ning. Food Composition Analysis Handbook [M]. China Light Industry Press, 1998
- [15] 朱广廉.植物生理学.植物生理学实验[M].北京大学出版社,1990  
Guanglian Zhu. Plant physiology [M]. Peking University Press, 1990
- [16] 沈文飏,徐朗莱,叶茂炳,等.氮蓝四唑光化还原法测定超氧化物歧化酶活性的适宜条件[J].南京农业大学学报,1996,19(2): 101-102

- Wen-biao Shen, langlai Xu, Maobing Ye. The Suitable Conditions Determining SOD Activity By Nitro Blue Tetrazolium (NBT) Photoreduction Method [J]. Journal of Nanjing Agricultural University, 1996, 19(2): 101-102
- [17] 林河通,席均芳,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
- Hetong Lin, Yufang Xi, Shaojun Chen. 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
- [18] Yang B, Jiang Y, Shi J, et al. Extraction and pharmacological properties of bioactive compounds from longan (*Dimocarpus longan* Lour.) fruit-A review [J]. Food Research International, 2011, 44(7): 1837-1842
- [19] 刘畅,徐玉娟,李升锋,等.龙眼果肉中多酚氧化酶和过氧化物酶性质研究[J].食品工业科技,2008, 7:102-104
- Chang Lu, Yujuan Xu, shengfeng Li, et al. Study on characteristics of PPO and POD in the aril of Iongan [J]. Science And Technology Of Food Industry, 2008, 7: 102-104
- [20] 李亚敏,姬海宁.硒对猕猴桃抗氧化活性的促进作用[J].现代食品科技,2012,1:27-29
- Yamin Li, Haining Ji. Response of Physiology of *Actinidia chinensis* Planch to Selenium [J]. Modern Food Science and Technology, 2012, 1: 27-29