

4 种包装材料对西番莲果实贮藏效果的影响

Effects of four packaging materials on preservation of passion flower (*Passiflora caerulea* L.) fruit

林育钊^{1,2} 陈蕾伊¹ 陈洪彬^{1,2}

LIN Yuzhao^{1,2} CHEN Leiyi¹ CHEN Hongbin^{1,2}

郑金水³ 蒋璇靛^{1,2} 杨菁美¹

ZHENG Jinshui³ JIANG Xuanjing^{1,2} YANG Jingmei¹

(1. 泉州师范学院海洋与食品学院, 福建 泉州 362002; 2. 近海资源生物技术福建省高校重点实验室, 福建 泉州 362002; 3. 泉州市农业科学研究所, 福建 泉州 362212)

(1. College of Oceanology and Food Science, Quanzhou Normal University, Quanzhou, Fujian 362002, China; 2. Laboratory of Inshore Resources and Biotechnology Fujian Province University, Quanzhou, Fujian 362002, China; 3. Quanzhou Institute of Agricultural Science, Quanzhou, Fujian 362212, China)

摘要:目的: 研究 4 种包装材料对西番莲果实的保鲜效果。方法: 以“黄金”西番莲(八成熟)为研究材料, 果实采后分别用聚氯乙烯(PVC)保鲜膜、聚乙烯(PE)保鲜袋、双向拉伸聚烯烃(BSP)热收缩膜和可降解气调(BMA)保鲜袋进行包装, 以未包装的果实为对照, 于(25±1)℃、相对湿度 80% 下贮藏 15 d, 每 3 d 测定果实外观品质、果肉营养品质和果实耐贮性等指标。结果: 与对照组相比, 4 种包装材料处理均能延缓果实呼吸和乙烯高峰的出现, 减缓果皮丙二醛含量上升而稳定细胞膜结构, 延缓果实转黄和皱缩, 保持果实较低失重率和较高商品率; 维持果皮外观色泽和果肉营养物质含量。其中以 BSP 热收缩膜包装处理效果最佳。结论: BSP 热收缩膜包装处理可作为一种提高“黄金”西番莲果实采后品质、延长其保鲜期的适宜保鲜技术。

关键词: 西番莲; 包装材料; 品质; 贮藏特性; 保鲜效果

Abstract: Objective: The preservation effects of four packaging materials on passion fruit were studied. Methods: The fruit of passion flower cv. Huangjin (maturity: eight) was used as the research material, and passion flower fruit was treated via polyvinyl chloride (PVC) film, polyethylene (PE) bag, bidirectional stretch polyolefin (BSP) heat shrinkable film,

biodegradable modified atmosphere (BMA) bag, respectively, with untreated ones as the control group. Then, the fruits was stored at temperature of (25±1)℃ and relative humidity of 85% for fifteen days, and the preservation indices of fruit were measured every three days. Results: Compared to control passion fruit, the four treatments of packaging materials could delay the peak of respiration and ethylene, slow down the increase of pericarp malondialdehyde content to stabilize cell membrane structure, delay the fruit etiolation and shrinkage, keep a lower weight loss rate and a higher commercially acceptable fruit rate, and maintain the pericarp appearance color and pulp nutrients contents. Among the different packaging materials, BSP heat shrinkable film had the best effects. Conclusion: The BSP heat shrinkable film might be used as a suitable storage technology to improve the quality and prolong the storage life of harvested "Huangjin" passion fruit.

Keywords: passion fruit; packaging material; quality; storage property; preservation

西番莲(*Passiflora caerulea* L.) 又称百香果, 是一种热带特色的浆果, 近年来在中国福建、海南、云南、广东和广西等地大面积种植, 其果实营养价值丰富且气味芳香^[1-2]。目前, 中国种植的西番莲主要用于鲜销, 以“紫香”和“黄金”两个品种为主, “黄金”西番莲的香气独特(具有芭乐味), 酸甜可口, 营养价值较高, 深受消费者喜爱^[2-3]。西番莲属于呼吸跃变型果实, 采后极易发生失水、皱缩、腐烂等现象, 导致果实外观品质和风味品质下降, 严重制约鲜食西番莲的销售与推广^[4-5]。

西番莲果实采后易发生品质劣变现象, 进而降低果

基金项目: 福建省自然科学基金面上项目(编号: 2023J01902, 2021J01976)

作者简介: 林育钊, 男, 泉州师范学院讲师, 博士。

通信作者: 陈洪彬(1989—), 男, 泉州师范学院副教授, 博士。

E-mail: yummyway@qq.com

收稿日期: 2023-08-25 **改回日期:** 2023-12-30

实品质。其中,皱缩是西番莲果实采后最常见的品质劣变现象之一^[6]。适宜包装处理既可以抑制采后果实失水皱缩,也能通过其自发气调来延缓果实衰老,保持果实较好的品质^[7-9]。而适宜的包装材料可提高园艺产品采后贮藏品质^[10]。例如,聚乙烯(PE)膜、聚丙烯膜和双向拉伸聚丙烯膜包装处理可以减缓采后紫果西番莲果实的失水率和皱缩指数的上升,维持果实较高的贮藏品质^[11-12]。而采用不同包装材料提高采后黄果西番莲果实贮藏效果的研究尚未见报道。研究拟以福建省主要栽培的鲜销“黄金”西番莲品种为研究对象,考察聚氯乙烯(PVC)保鲜膜、PE保鲜袋、双向拉伸聚丙烯(BSP)热收缩膜和可降解气调(BMA)保鲜袋4种包装材料处理对采后“黄金”西番莲果实贮藏效果的影响,以期减少“黄金”西番莲果实采后损失,提高贮藏品质提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

“黄金”西番莲(*Passiflora caerulea* L. cv. ‘Huangjin’)果实:采自福建省南安市溪美镇宣化村缘味家庭农场,八成熟(黄绿色,果实果皮色差 L^* 值和色调角 h 值分别为 58.93 ± 0.47 和 100.86 ± 1.66 ;每个果实约85 g),采收当天随即用冷藏车[温度 $(8 \pm 1)^\circ\text{C}$]运回实验室(泉州);

BSP热收缩膜:厦门市立南塑胶科技有限公司;

PVC保鲜膜:南亚塑胶工业有限公司;

PE保鲜袋:妙洁,脱普日用化学品(中国)有限公司;

BMA保鲜袋:北京丹普客包装技术有限公司。

1.2 仪器与设备

人工气候箱:ZRX-260型,宁波赛福实验仪器有限公司;

色差仪:CR400型,日本柯尼卡美能达公司;

便携式乙烯/ O_2 / CO_2 分析仪:F-950型,美国Felix公司;

酶标仪:Infinite M200 Pro型,瑞士帝肯公司;

糖度计:PAL-1型,日本爱拓公司;

电导率仪:S230型,梅特勒—托利多国际贸易(上海)有限公司;

全自动电位滴定仪:ET18型,梅特勒—托利多国际贸易(上海)有限公司;

高速冷冻离心机:GL-20G-II型,上海安亭科学仪器厂。

1.3 试验方法

1.3.1 采后处理 将挑选后的西番莲果实随机分成5组,分别用PVC保鲜膜(记为PVC组)、BSP热收缩膜(记为BSP组)、PE保鲜袋(记为PE组)和BMA保鲜袋(记为BMA组)进行包装处理,以不包装作为对照(记为CK组),每组含有150个果实,于 $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$ 、相对湿度85%下贮藏15 d,每3 d随机取30个果实进行贮藏生理、品质

指标测定。

1.3.2 果实皱缩指数测定 参照张朝坤等^[6,13]的分级标准将皱缩指数分为5个等级:0级,果实无皱缩;1级,果实皱缩面积 $0 \sim 25\%$;2级,果实皱缩面积 $26\% \sim 50\%$;3级,果实皱缩面积 $51\% \sim 75\%$;4级,果实皱缩面积 $76\% \sim 100\%$ 。

1.3.3 果实转黄指数测定 参照杨华等^[14]的方法略有修改。根据西番莲果实表面黄色面积占整个果实面积比例,将其分为5个等级:0级,果实表面无黄色;1级,果实表面黄色面积 $0 \sim 25\%$;2级,果实表面黄色面积 $26\% \sim 50\%$;3级,果实表面黄色面积 $51\% \sim 75\%$;4级,果实表面黄色面积 $76\% \sim 100\%$ 。

1.3.4 果实呼吸强度与乙烯释放速率测定 参照陈洪彬等^[15]的方法。

1.3.5 果实商品率和失重率测定 参照陈洪彬等^[2]的方法。

1.3.6 果皮丙二醛(MDA)含量测定 参照Lin等^[16]的方法。

1.3.7 果皮细胞膜透性测定 参照Dong等^[17]的方法。

1.3.8 果皮色差测定 参照张朝坤等^[6]的方法。

1.3.9 果肉可溶性固形物(TSS)、可溶性滴定酸(TA)、维生素C和总糖等主要营养指标测定 参照陈洪彬等^[15,18]的方法。

1.4 数据处理

所有试验重复3次,采用Excel 2016和SPSS 22.0软件作图并进行差异显著性分析。*或**分别表示BSP处理组与CK组的差异达到显著性($P < 0.05$)或极显著性($P < 0.01$)水平。

2 结果与分析

2.1 西番莲果实的皱缩指数

由图1可知,CK组的西番莲果实皱缩指数在贮藏期急剧升高,而经包装处理的果实在整个贮藏期间的皱缩指数上升较为缓慢。与CK组相比,经4种包装材料处理的果实皱缩指数在贮藏 $0 \sim 15$ d均保持较低水平,其中BSP组的最低,并具有极显著性($P < 0.01$)差异;同时贮藏第15天,BSP组的皱缩指数为CK组的4.73%。综上,4种包装材料处理可以降低采后西番莲果实的皱缩指数,推迟果实出现果皮皱缩进程,其中以BSP热收缩膜包装处理的效果最佳。

2.2 西番莲果实的转黄指数

由图2可知,CK组果实的转黄指数在贮藏 $0 \sim 12$ d急剧上升,贮藏第12天果实全部转黄。PVC组和PE组的果实转黄指数变化趋势与CK组类似,而BSP组和BMA组的果实转黄指数在贮藏 $0 \sim 15$ d上升较为缓慢。BSP组的果实转黄指数维持最低水平,且在贮藏 $0 \sim 15$ d极显著($P < 0.01$)低于CK组。贮藏第15天,BSP组

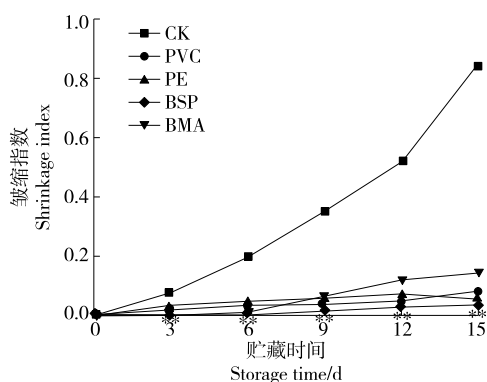


图 1 西番莲果实皱缩指数的变化

Figure 1 Changes of shrinkage index of passion flower fruit

的果实转黄指数为 CK 组的 34.5%。综上,4 种包装材料处理可以降低采后西番莲果实的转黄指数,推迟果实果皮出现转黄现象,其中以 BSP 热收缩膜包装处理的效果最佳。

2.3 西番莲果实的外观品质

由图 3 可知,随着贮藏时间的增加,西番莲果实采后

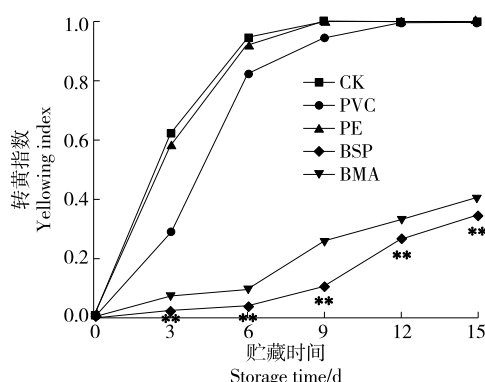


图 2 西番莲果实转黄指数的变化

Figure 2 Changes of yellowing index of passion flower fruit

果皮外观逐渐由黄绿色转变为黄色甚至褐色,同时出现果皮皱缩或腐烂等现象。BSP 组和 BMA 组均可以明显推迟果实果皮转黄进程,其中以 BSP 热收缩膜包装处理的效果最佳。综上,4 种包装材料处理可以延缓采后西番莲果实出现果皮皱缩和转黄的进程,提高果实贮藏特性,其中以 BSP 热收缩膜包装处理的效果最佳。

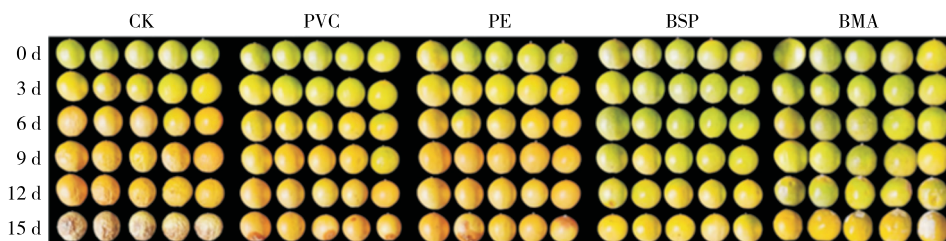


图 3 西番莲果实外观品质的变化

Figure 3 Changes of appearance quality of passion flower fruit

2.4 西番莲果实的呼吸强度

呼吸对果实采后的许多生理代谢起着重要作用^[19-20]。高呼吸强度会导致果实代谢底物(营养物质)消耗大、腐烂症状严重、果实寿命短;而低呼吸强度可延缓果实的品质劣变过程,保持果实品质^[19]。由图 4 可知,采后西番莲果实的呼吸强度均先升高后减少。其中,CK 组果实在贮藏第 3 天出现呼吸高峰,之后快速减小。4 种包装处理方式均能延缓果实呼吸高峰的到来,其中 BSP 组的呼吸高峰最低,为 CK 组的 60.61%。贮藏 3~6 d, BSP 组的呼吸强度极显著($P < 0.01$)低于 CK 组。综上,4 种包装材料处理可延后西番莲果实采后呼吸高峰的出现,其中 BSP 组在贮藏 0~6 d 能有效降低西番莲果实的采后呼吸强度。

2.5 西番莲果实的乙烯释放速率

高乙烯水平会加快果实成熟及衰老,从而降低果实品质^[21]。由图 5 可知,西番莲果实采后乙烯释放速率呈先升高后降低趋势。CK 组果实在贮藏第 3 天出现乙烯

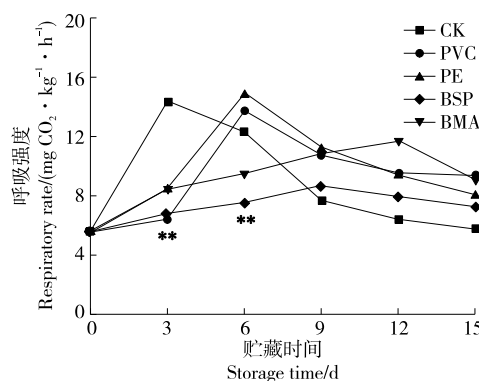


图 4 西番莲果实呼吸强度的变化

Figure 4 Changes of respiratory rate of passion flower fruit

高峰,PVC 组和 PE 组果实在贮藏第 6 天出现乙烯高峰,且峰值分别为 CK 组的 75.78% 和 99.42%;而 BSP 组和 BMA 组果实在贮藏第 12 天出现乙烯高峰,且峰值分别为 CK 组的 65% 和 35%。统计分析表明,贮藏 3~6 d,

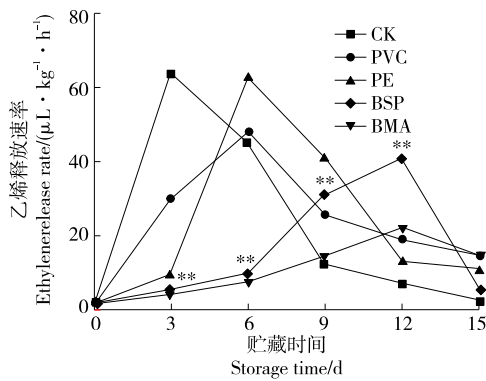
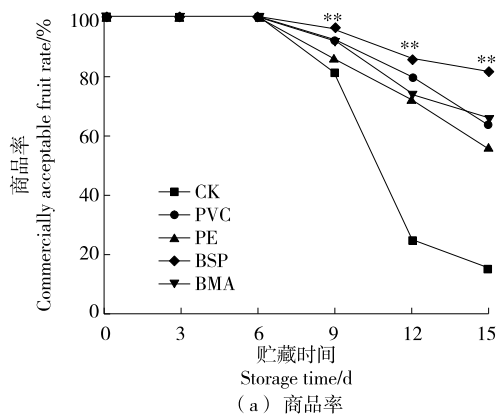
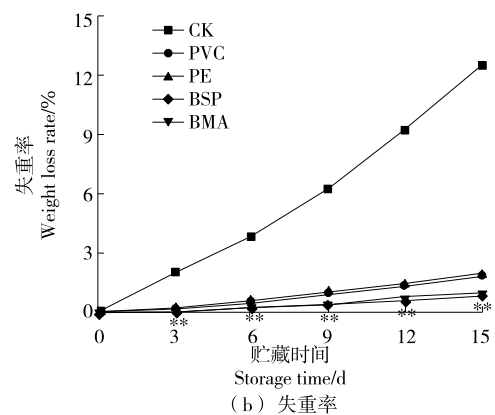


图5 西番莲果实乙烯释放速率的变化

Figure 5 Changes of ethylene release rate of passion flower fruit



(a) 商品率



(b) 失重率

图6 西番莲果实商品率和失重率的变化

Figure 6 Changes of commercially acceptable fruit rate and weight loss rate of passion flower fruit

由图6(b)可知,随着贮藏时间的延长,CK组的失重率呈升高趋势,由贮藏第0天的0.00%快速上升至贮藏第15天的 $(12.51 \pm 0.49)\%$ 。4种包装材料处理可以抑制其失重率的上升,其中BSP组的失重率保持最低水平;贮藏第15天,BSP组的失重率为CK组的6.81%。此外,BSP组的失重率在贮藏0~15 d极显著($P < 0.01$)低于CK组。综上,4种包装材料处理能减缓采后西番莲果实商品率的下降与失重率的上升,提高果实贮藏特性,其中以BSP热收缩膜包装处理的效果最好。

2.7 西番莲果皮的丙二醛含量和细胞膜透性

MDA是膜脂过氧化的重要产物^[16,22]。由图7(a)可知,CK组及4种包装材料处理组的西番莲果实果皮MDA含量在贮藏0~15 d快速升高。与CK组相比,4种包装材料处理组维持较低的果皮MDA含量,其中BSP组的最低。此外,BSP组的果皮MDA含量在整个贮藏期均极显著($P < 0.01$)低于CK组。

细胞膜透性常用于评价细胞膜的损伤水平^[23]。细胞膜透性越高,果实损伤程度越严重,品质劣变越快^[24]。由图7(b)可知,CK组及不同包装材料处理组的西番莲果实

BSP组的果实乙烯释放速率极显著($P < 0.01$)低于CK组;贮藏9~12 d,BSP组的果实乙烯释放速率极显著($P < 0.01$)高于CK组。综上,4种包装材料处理可延迟西番莲果实采后乙烯释放高峰的出现,其中,BSP热收缩膜包装处理的在贮藏0~6 d保持较低的乙烯释放速率,贮藏第3天和第6天分别为CK组的9.01%,22.49%。

2.6 西番莲果实的商品率和失重率

由图6(a)可知,贮藏第9天,西番莲果实商品率开始加速下降,其中CK组的下降速率最快,而4种包装材料处理能减缓其下降速率,且BSP组的果实商品率保持最高水平,同时BSP组的果实商品率在贮藏第15天为CK组的5.47倍。贮藏9~15 d,BSP组的果实商品率极显著($P < 0.01$)高于CK组。

果皮细胞膜透性在贮藏期加速上升。与CK组相比,4种包装材料处理组维持较低的果皮细胞膜透性,其中BSP组的最低。此外,BSP组的果皮细胞膜透性在贮藏0~15 d极显著($P < 0.01$)低于CK组。

综上,4种包装材料处理可减缓采后西番莲果实果皮MDA的累积,控制果皮膜脂过氧化而稳定细胞膜结构,具体表现为具有较低水平的细胞膜透性,其中以BSP热收缩膜包装处理的效果最为明显。

2.8 西番莲果皮的 L^* 值和色调角 h 值

由图8可知,西番莲果实采后果皮的 L^* 值和色调角 h 值均加速降低。与CK组相比,不同包装材料处理组的果皮 L^* 值和色调角 h 值降低速率较缓慢,其中以BSP热收缩膜包装处理的效果最佳。对于果皮 L^* 值,BSP组在贮藏9~15 d显著($P < 0.05$)高于CK组,且在贮藏第15天为CK组的1.22倍;而果皮色调角 h 值在贮藏第3天显著($P < 0.05$)高于CK组,贮藏6~15 d极显著($P < 0.01$)高于CK组,贮藏第15天为CK组的1.11倍。因此,不同包装材料处理能控制采后西番莲果实果皮 L^* 值和色调角 h 值的降低,稳定果实外观品质,其中以BSP热

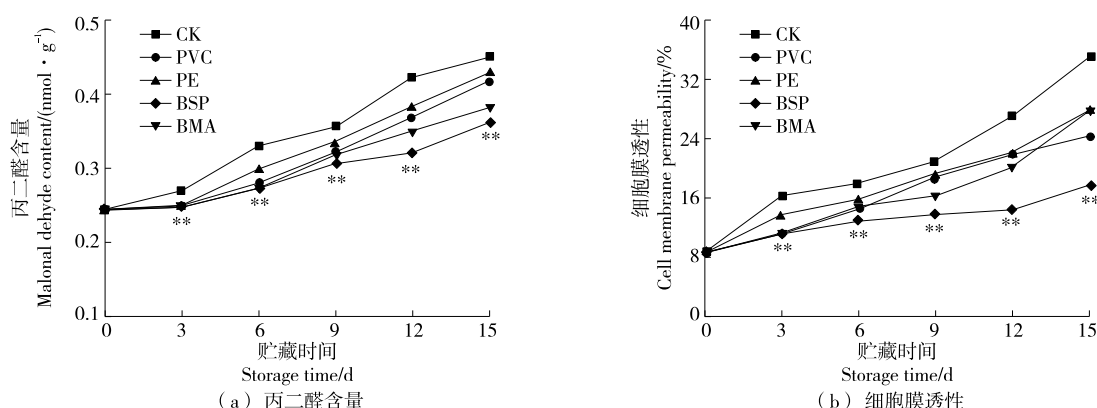


图 7 西番莲果实果皮丙二醛含量和细胞膜透性的变化

Figure 7 Changes of malonaldehyde content and cell membrane permeability in pericarp of passion flower fruit

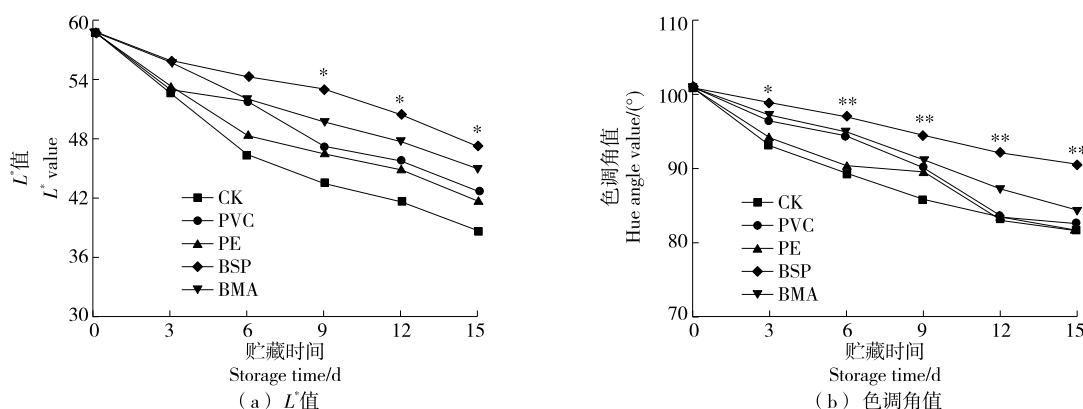

 图 8 西番莲果实果皮 L^* 值和色调角 h 值的变化

 Figure 8 Changes of values of L^* and hue angle in pericarp of passion flower fruit

收缩膜包装处理的效果最好。

2.9 西番莲果肉的的营养品质

由图 9 可知,采后西番莲的果肉营养物质(TSS、TA、维生素 C 和总糖)含量在贮藏 0~15 d 呈不断下降趋势。与 CK 组相比,4 种包装材料处理均保持较高的果肉营养物质含量,其中 BSP 组的最高。与 CK 组相比,贮藏 0~15 d, BSP 组的果肉 TSS、维生素 C 含量均保持较高水平,TA 含量在贮藏第 3~6, 12 天保持较高水平,在贮藏第 9, 15 天保持较高水平,总糖含量在贮藏第 3, 9~15 天保持较高水平。此外,贮藏第 15 天, BSP 组的果肉 TSS、TA、维生素 C、总糖含量分别为 CK 组的 1.12, 1.15, 1.43, 1.16 倍。因此,4 种包装材料处理能延缓采后西番莲果实果肉营养物质含量的降低,稳定果肉营养品质,其中以 BSP 热收缩膜包装处理的效果最好。

3 结论

通过研究 4 种包装材料处理“黄金”西番莲果实(25±1)℃下的果实呼吸强度、乙烯释放速率、皱缩指数、转黄指数、商品率、失重率、果皮丙二醛含量、细胞膜透性等耐贮性指标、果皮外观色差指标及果肉营养物质等的

变化,评价了 4 种包装材料对西番莲果实采后贮藏效果的影响。结果表明,与对照“黄金”西番莲果实相比,4 种包装材料均可延缓西番莲果实发生皱缩与转黄,推迟呼吸与乙烯高峰的到来,降低失重率,提高商品率,降低果皮丙二醛含量与细胞膜透性,进而增强果实贮藏特性;保持较高的果皮色差 L^* 值和色调角 h 值,且在贮藏第 15 天分别比 CK 组高 0.08~0.22 和 0.01~0.11 倍,提高了果皮外观品质;保持较高水平的果肉可溶性固形物、可溶性滴定酸、维生素 C、总糖含量,以提升果肉营养品质。此外,4 种包装材料对增强西番莲果实采后耐贮性、提高果皮外观品质及果肉营养品质的处理效果为双向拉伸聚烯烃热收缩膜组>可降解气调组>聚氯乙烯保鲜膜组>聚乙烯保鲜袋组。综上,双向拉伸聚烯烃热收缩膜包装可当作一种提升“黄金”西番莲果实的采后品质、延长果实保鲜期的适宜处理技术。

果实皱缩是采后西番莲果实品质劣变的主要因素,主要是果实呼吸作用或蒸腾作用所致。虽然双向拉伸聚烯烃热收缩膜包装能有效延缓采后西番莲果实发生皱缩,但通过何种途径来实现目前尚不清楚,后续可从果皮

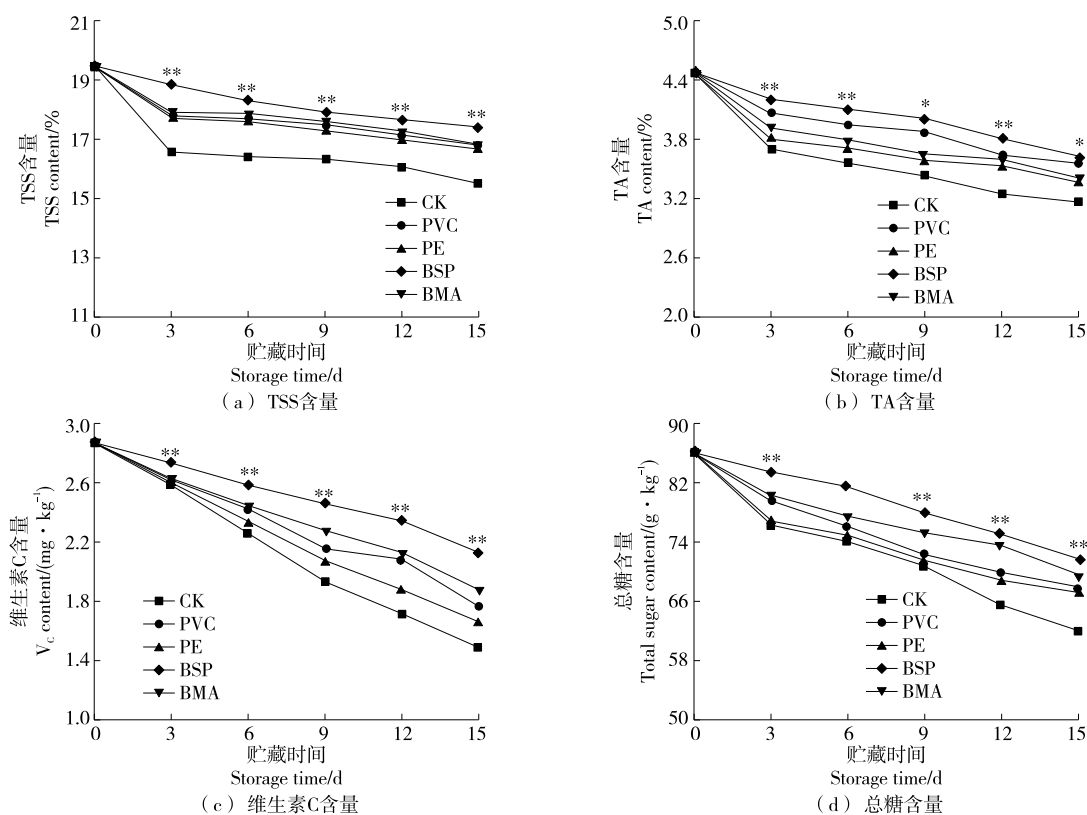


图9 西番莲果实果肉营养品质的变化

Figure 9 Changes of nutritional quality in pulp of passion flower fruit

失水、软化等角度深入研究双向拉伸聚烯烃热收缩膜包装减缓西番莲果实采后皱缩发生的内在作用机制。

参考文献

- [1] MANIWARA P, NAKANO K, BOONYAKIAT D, et al. The use of visible and near infrared spectroscopy for evaluating passion fruit postharvest quality [J]. Journal of Food Engineering, 2014, 143: 33-43.
- [2] 陈洪彬, 邹文杰, 郑金水, 等. 采后“黄金”和“紫香”西番莲果实的耐贮性比较[J]. 中国南方果树, 2021, 50(6): 69-73.
CHEN H B, ZOU W J, ZHENG J S, et al. Comparison between of postharvest 'Huangjin' and 'Zixiang' passion fruits in the storability [J]. South China Fruits, 2021, 50(6): 69-73.
- [3] JANZANTTI N S, MACORIS M S, GARRUTI D S, et al. Influence of the cultivation system in the aroma of the volatile compounds and total antioxidant activity of passion fruit[J]. LWT-Food Science and Technology, 2012, 46(2): 511-518.
- [4] YOU M, DUAN X Y, LI X, et al. Effect of 1-Methylcyclopropene combined with chitosan-coated film on storage quality of passion fruit[J]. Sustainable Chemistry and Pharmacy, 2022, 27: 100679.
- [5] CHEN F P, XU X Y, LUO Z, et al. Effect of high O₂ atmosphere packaging on postharvest quality of purple passion fruit (*Passiflora edulis* Sims)[J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2018, 42(9): e13749.
- [6] 张朝坤, 陈洪彬, 康仕成. 采收成熟度对黄果西番莲常温贮藏品质和保鲜效果的影响[J]. 中国南方果树, 2018, 47(6): 45-49.
ZHANG C K, CHEN H B, KANG S C, et al. Effects of harvest maturity on storage quality and preservation of passion fruit stored at room temperature[J]. South China Fruits, 2018, 47(6): 45-49.
- [7] 林河通, 陈莲, 孔祥佳, 等. 包装对龙眼果实贮藏期间果皮失水褐变和细胞超微结构的影响[J]. 农业工程学报, 2007(12): 237-241.
LIN H T, CHEN L, KONG X J, et al. Effects of packaging on desiccation-induced browning and cellular ultrastructure of pericarp of longan fruits during storage[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2007(12): 237-241.
- [8] 唐海尧, 龚意辉, 梁淑兴, 等. 不同材料薄膜包装对采后荔枝保鲜效果的影响[J]. 包装工程, 2015, 36(9): 23-27, 32.
TANG H Y, GONG Y H, LIANG S X, et al. Effect of different packaging films on the postharvest preservation of litchi fruit[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(9): 23-27, 32.
- [9] 陈美林, 徐俐, 陈梦佳, 等. 不同包装处理对苹果桃贮藏效果的影响[J]. 食品科技, 2014, 39(5): 34-38.
CHEN M L, XU L, CHEN M J, et al. Effect of different packaging processing on apple peach during storage[J]. Food Science and Technology, 2014, 39(5): 34-38.
- [10] 韩冬梅, 谷李桃, 李双双, 等. 不同包装材料对龙眼果实贮藏

- 特性的影响[J]. 热带作物学报, 2017, 38(12): 2 347-2 354.
- HAN D M, GU L T, LI S S, et al. Effects of different packagings on the storability of longan (*Dimocarpus longan* Lour.) fruits[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2017, 38(12): 2 347-2 354.
- [11] 陈美花, 熊拯, 庞庭才. 气调包装对百香果贮藏品质的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(20): 287-292.
- CHEN M H, XIONG Z, PANG T C. Effects of modified atmosphere packaging on quality of passion fruit during storage[J]. Food Science, 2016, 37(20): 287-292.
- [12] 帅良, 廖玲燕, 吴振先, 等. 不同保鲜膜包装对百香果采后贮藏品质的影响[J]. 食品工业, 2017, 38(12): 180-183.
- SHUAI L, LIAO L Y, WU Z X, et al. Effect of different packaging films on quality of postharvest ambient storage in passion fruit[J]. Food Industry, 2017, 38(12): 180-183.
- [13] ZHANG R, LAN W T, DING J, et al. Effect of PLA/PBAT antibacterial film on storage quality of passion fruit during the shelf-life[J]. Molecules, 2019, 24: 3 378.
- [14] 杨华, 江雨若, 邢亚阁, 等. 壳聚糖/纳米 TiO_2 复合涂膜对芒果保鲜效果的影响[J]. 食品工业科技, 2019, 40(11): 297-301.
- YANG H, JIANG Y R, XING Y G, et al. Effect on chitosan/nano- TiO_2 composite coating on fresh-keeping of mango[J]. Science and Technology of Food Industry, 2019, 40(11): 297-301.
- [15] 陈洪彬, 王慧玲, 蒋璇靓, 等. γ -氨基丁酸处理对冷藏番石榴果实品质和耐冷性的影响[J]. 食品与发酵工业, 2021, 47(14): 130-136.
- CHEN H B, WAGN H L, JIANG X J, et al. Effects of γ -aminobutyric acid treatment on the quality properties and chilling tolerance of guava fruit during cold storage [J]. Food and Fermentation Industries, 2021, 47(14): 130-136.
- [16] LIN Y Z, LIN H T, ZENG L Z, et al. DNP and ATP regulate the pulp breakdown development in *Phomopsis longanae* Chi-infected longan fruit through modulating the ROS metabolism[J]. Food Chemistry, 2022, 14: 100348.
- [17] DONG D, BI Y, ZHANG X M, et al. Benzothiadiazole treatment inhibits membrane lipid metabolism and straight-chain volatile compound release in *Penicillium expansum*-inoculated apple fruit [J]. Postharvest Biology and Technology, 2021, 181: 111671.
- [18] 郭欣, 陈洪彬. 魔芋葡甘聚糖涂膜对采后西番莲果实品质影响[J]. 食品工业科技, 2020, 41(6): 250-253.
- GUO X, CHEN H B. Influence of konjac glucomannan coating on storage quality of harvested passion fruits [J]. Science of Technology of Food Industry, 2020, 41(6): 250-253.
- [19] LIN Y Z, LI N, LIN H T, et al. Effects of chitosan treatment on the storability and quality properties of longan fruit during storage[J]. Food Chemistry, 2020, 306: 125627.
- [20] 郭欣, 林育钊, 曾玲珍, 等. 不同浓度壳聚糖处理对采后西番莲果实耐贮性和贮藏品质的影响[J]. 热带作物学报, 2020, 41(8): 1 665-1 673.
- GUO X, LIN Y Z, ZENG L Z, et al. Effects of different concentrations of chitosan treatment on storability and storage quality of passion fruit postharvest[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2020, 41(8): 1 665-1 673.
- [21] 戴礼兵, 张云天, 陈洪彬, 等. 激光微孔保鲜袋包装对樱桃番茄采后保鲜效应的影响[J]. 现代园艺, 2023(3): 57-59, 151.
- DAI L B, ZHANG Y T, CHEN H B, et al. Effects of laser microporous film packaging on the postharvest preservation of cherry tomato fruit[J]. Modern Horticulture, 2023(3): 57-59, 151.
- [22] 郭艳明, 董明, 张林玉, 等. 低能微波处理对黄冠梨果心褐变及贮藏品质的影响[J]. 食品与机械, 2016, 32(11): 102-106, 173.
- GUO Y M, DONG M, ZHAGN L Y, et al. Effect of core browning and storage fresh-keeping on Huangguan pear by low-power microwave treatment[J]. Food & Machinery, 2016, 32(11): 102-106, 173.
- [23] LIN Y Z, LIN H T, ZENG L Z, et al. DNP and ATP regulate the breakdown occurrence in the pulp of *Phomopsis longanae* Chi-infected longan fruit through modulating the metabolism of membrane lipid[J]. Food Chemistry, 2023, 409: 135330.
- [24] 李静仪, 王增利, 昌萍, 等. 冰温贮藏及出库方式对欧李保鲜效果的影响[J]. 食品与机械, 2021, 37(6): 155-161.
- LI J Y, WANG Z L, CHANG P, et al. The effect of ice storage and delivery method on the fresh-keeping effect of plum[J]. Food & Machinery, 2021, 37(6): 155-161.
- (上接第 133 页)
- [25] 郑玉玺, 董蕾, 韩明, 等. 壳聚糖-荔枝木质精油可食膜的性能及在冷鲜鸡肉保鲜中的应用[J]. 食品工业科技, 2021, 42(6): 214-219.
- ZHENG Y X, DONG L, HAN M, et al. Preparation of edible film based on chitosan-litchi wood essential oil and its application on chilled chicken storage [J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(6): 214-219.
- [26] 陈响, 赵谋明, 孙哲浩. 蛋白质与多糖类交互作用研究进展[J]. 食品科学, 2001(4): 90-93.
- CHEN Y, ZHAO M M, SUN Z H. Research progress on protein-polysaccharide interaction[J]. Food Science, 2001(4): 90-93.
- [27] ZHANG C, WANG Z, LI Y, et al. The preparation and physiochemical characterization of rapeseed protein hydrolysate-chitosan composite films[J]. Food Chemistry, 2019, 272: 694-701.
- [28] DA ROCHA M, ALEMAN A, ROMANI V, et al. Effects of agar films incorporated with fish protein hydrolysate or clove essential oil on flounder (*Paralichthys orbignyanus*) fillets shelf-life[J]. Food Hydrocolloids, 2018, 81: 351-363.
- [29] 王德宝, 邹玉富, 李佳, 等. 负载紫苏醛的聚乳酸纳米纤维膜对冷鲜羊肉保鲜效果的影响[J]. 食品与机械, 2023, 39(7): 131-136.
- WANG D B, ZOU Y F, LI J. Effects on the preservation of chilled mutton by using polylactic acid nanofiber films loaded with perillaldehyde[J]. Food & Machinery, 2023, 39(7): 131-136.