

室温下不同电商包装对荔枝保鲜效果的比较

巫梅婷^{1,2}, 陈于陇^{1*}, 戚英伟¹, 王玲¹, 刘海², 罗政¹, 罗宇冬¹

(1. 广东省农业科学院蚕业与农产品加工研究所, 农业农村部功能食品重点实验室, 广东省农产品加工重点实验室, 广东广州 510610) (2. 广东海洋大学食品科技学院, 广东湛江 524088)

摘要: 生鲜果蔬的电商包装方式对其保鲜效果至关重要。因此该研究以荔枝“仙进奉”为试验材料, 探究在室温(28~29 °C)条件下, 新型保鲜纸箱与普通泡沫箱包装荔枝的品质变化规律。结果表明, 两种包装形式均可延缓可溶性固形物(TSS)、可滴定酸(TA)、可溶性蛋白质及维生素C含量的变化, 果实风味、营养成分维持较好, 抑制了果皮褐变多酚氧化酶(PPO)、过氧化物酶(POD)酶活性的增加, 减少了丙二醛(MDA)在物流运输过程中的积累。综合表明, 在0~2 d内新型纸箱包装的荔枝在TSS、TA、维生素C等指标与普通泡沫箱包装差异不大, 其2 d时新型纸箱的TSS、TA、维生素C含量分别为18.15 °Brix、0.6%及7.61 mg/100 g。与普通泡沫箱相比(MDA含量为0.07 μmol/g), 新型保鲜纸箱MDA的含量极显著降低(0.04 μmol/g), 荔枝果皮脂膜损伤减少。因此, 在荔枝的短期贮藏中新型保鲜纸箱可替代普通泡沫箱作为电商物流包装材料, 即具保鲜功能又环保可利用。

关键词: 荔枝; 仙进奉; 电商包装; 保鲜

文章篇号: 1673-9078(2022)07-177-183

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2022.7.1053

Comparison of the Effects of Different E-commerce Packagings on the Preservation of Litchi at Room Temperature

WU Meiting^{1,2}, CHEN Yulong^{1*}, QI Yingwei¹, WANG Ling¹, LIU Hai², LUO Zheng¹, LUO Yudong¹

(1. Sericultural & Agri-Food Research Institute Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Key Laboratory of Functional Foods, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Guangdong Key Laboratory of Agricultural Products Processing, Guangzhou 510610, China)

(2. College of Food Science and Technology, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524088, China)

Abstract: The e-commerce packaging of fresh fruits and vegetables is very important for their preservation. In this study, litchi "Xianjinfeng" was used as the test material, the quality changes of the litchi packed in a new type of fresh-keeping paper cardboard box and the ordinary foam box at room temperature (28~29 °C) were examined. The results showed that both packaging forms could delay the changes in total soluble solids (TSS) content, titratable acid (TA), soluble protein content and vitamin C content, and maintain better fruit flavor and nutrients, inhibit the increases of polyphenol oxidase (PPO) and peroxidase (POD) activities, and decreased the accumulation of malondialdehyde (MDA) in the process of logistics transportation. The comprehensive results showed that there were no significant differences in the contents of TSS, TA and vitamin C between the new type of carton packaging and the ordinary foam packaging during 0~2 days of storage, with the contents of TSS, TA and vitamin C for the new type of carton being 18.15 °Brix, 0.6% and 7.45 mg/100 g. Compared with the ordinary foam box (MDA content 0.07 μmol/g), the litchi in the new carton had a significantly lower MDA content (0.04 μmol/g), and the lipid membrane of litchi pericarp was damaged to a lesser extent. Therefore, the new type of carton can be used as the e-commerce logistics

引文格式:

巫梅婷, 陈于陇, 戚英伟, 等. 室温下不同电商包装对荔枝保鲜效果的比较[J]. 现代食品科技, 2022, 38(7): 177-183

WU Meiting, CHEN Yulong, QI Yingwei, et al. Comparison of the effects of different e-commerce packagings on the preservation of litchi at room temperature [J]. Modern Food Science and Technology, 2022, 38(7): 177-183

收稿日期: 2021-09-20

基金项目: 广东省重点研发计划项目(2020B0202080003); 叶常委专项项目(粤科农[2020]34号); 广东省农业科研项目和农业技术推广项目(项目编号: 44000021000000086860); 广东省农业科技创新推广项目(粤财农[2021]170号)

作者简介: 巫梅婷(1997-), 女, 硕士研究生在读, 研究方向: 农产品贮藏与加工, E-mail: 2495546208@qq.com

通讯作者: 陈于陇(1968-), 男, 博士, 研究员, 研究方向: 农产品物流与保鲜, E-mail: chenylong@gdaas.cn

packaging material for short-term storage of litchi to replace the ordinary foam carton. The new packaging material has the preservative function and is environmentally friendly and available.

Key words: litchi; Xianjinfeng; e-commerce packaging; preservation

荔枝, 原产于东南亚的无患子科热带、亚热带水果。果皮色泽红润, 果肉透嫩, 风味、口感上佳, 已远销欧美市场^[1]。但荔枝采后其内部的生理状态活跃, 从而导致活性氧代谢失衡, 生物膜系统受损; 果皮脱水、褐变, 致使货架期较短, 销售市场受限^[2]。荔枝褐变会降低外观品质, 影响消费者的购买欲望^[3]。在生产运输中为了解决这一问题, 通常采用泡沫箱加冰包装、气调包装、低温运输、冷链运输等方式缓解。但在我国, 冷链基础服务设施薄弱, 具备全程冷链运输能力的物流企业稀少, 成本较高, 因而, 荔枝的运输销售完全依赖冷链系统是难以实现的^[4]。

目前, 农产品的运送使电商物流已成为主流, 大多使用的是常温运输^[5]。荔枝的常温短途贮运采用最多的方法是采后预冷, 泡沫箱加冰包装^[6]。但泡沫箱降解回收处理困难, 如生产上大量应用, 将对环境造成污染^[7]。具有可循环利用且环保的瓦楞纸箱引起了研究者的注意, 李金丽等^[8,9]在常温下使用保鲜纸箱对油桃、樱桃进行贮藏, 发现与普通纸箱相比, 保鲜纸箱能延长果实保鲜期, 保持果实品质, 具有较好的保鲜效果。为了使纸箱具有更好的保鲜性能, 有研究者使用百里香精油、丁香精油加聚乙烯醇在纸箱内部进行涂布处理, 发现体积为 4%百里香精油处理组具有较好的抑菌性能和保鲜效果; 此外, 丁香精油精油浓度的增加使纸箱抑菌率增强, 可有效抑制灰霉、黑曲霉、交链孢菌等霉菌的生长, 水蜜桃腐烂率降低^[10,11]。

“仙进奉”属于迟熟的荔枝品种, 具有果色鲜红、肉质滑嫩、营养丰富、耐贮藏等特点^[12]。仙进奉在广东省增城新塘镇种植较多, 因其众多优势现已引进我国荔枝迟熟产区广西桂平市^[13]。就已有文献来看, 鲜少有荔枝“仙进奉”品种的保鲜研究。本研究将在室温下探究该品种在泡沫箱及新型保鲜纸箱在加冰、吸水棉的情况下的保鲜效果影响, 以期在荔枝的保鲜电商物流运输中提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料处理

荔枝“仙进奉”为试验材料, 购于广州市增城区, 当天运回实验室(广州蚕业与农产品加工研究所)。

摘除枝叶及次果, 选择大小均匀的果实。将荔枝采用聚乙烯醇薄膜保鲜袋(62×64 cm, 厚度 0.02 mm)

包装, 每一袋约 1.5 kg, 后轻放入于底部放冰袋(500 g), 上层铺吸水棉(27 g)的泡沫箱及新型保鲜纸箱(专利号: ZL 2020 2 2270253.4)中, 置于室温, 于 0、1、2、3 d 取样。将随机抽取的颗荔枝果皮和果肉分开处理, 果肉汁液用来测定相关品质指标; 荔枝果皮撕碎混合均匀, 液氮速冻后打碎成粉状, 然后贮存于超低温冰箱-80 °C中, 用于后期相关指标的测定。

1.2 仪器与设备

JJ1000 电子秤, 常熟市双杰测试仪器厂; Millipore Elix 纯水仪, 德国 Merck Millipore 公司; 四位磁力搅拌水浴锅, 常州澳华仪器有限公司; BioTek 多功能酶标仪, 广州吉源生物科技有限公司; JW-1042 低速离心机, 安徽嘉文仪器装备有限公司。

1.3 测试指标及方法

1.3.1 TSS 和 TA 含量测定

在数显糖度计检测镜面凹槽处挤压滴加荔枝果肉汁液 5~7 滴, 按下 start 读取并记录数据即得 TSS 值。在此基础上吸取 200 μL 汁液, 稀释 50 倍, 测定并记录, 得到荔枝的 TA 值。重复 4 次。

1.3.2 可溶性蛋白含量测定

参考曹建康等^[14]的方法(G-250 法), 并稍加修改。吸取 200 μL 样品上清液, 加入 1 mL 考马斯亮蓝 G-250 溶液, 混匀, 静置 2 min 后于波长 595 nm 处测定吸光度值。其以蛋白质质量为横坐标, 吸光度值为纵坐标, 绘制标准曲线, 得线性回归方程为: $y=0.0048x+0.6612$, $R^2=0.99$; 结果以 mg/g 表示。

1.3.3 维生素 C 含量测定

参考曹建康等^[14]的方法(分光光度计法), 并稍作修改。标准曲线制作: 取 6 只离心管编号, 各加入 1 mL 无水乙醇、0.5 mL 0.4%磷酸乙醇溶液、1 mL 5 g/L BP-乙醇、0.5 mL 0.3 g/L FeCl₃-乙醇, 再分别加入 2.0、1.9、1.8、1.7、1.6、1.5、1.4 mL 50 g/L TCA 溶液, 最后对应加入 0、0.1、0.2、0.3、0.4、0.5、0.6 mL 抗坏血酸标准液, 充分混匀, 30 °C 静置 60 min, 于波长 534 nm 处测定吸光度值。标准曲线方程: $y=0.2369x+0.3247$, $R^2=0.99$ 。取 2 g 果粉于离心管加入 10 mL 50 g/L TCA 溶液, 混合, 提取 10 min 后, 4 °C、8000 r/min 离心 5 min, 收集滤液。取 1 mL 样品提取液于离心管, 加入 1 mL 50 g/L TCA 溶液, 按制作标

曲的方法加入其他成分,进行反应,于 534 nm 波长处测定吸光度值,重复 3 次。

1.3.4 类黄酮含量测定

参考曹建康等^[14]的方法,并稍作修改。标准曲线制作:取 6 只离心管编号,分别加入 1 mg/mL 的芦丁溶液 0.1、0.2、0.3、0.4、0.5、0.6 mL,再对应加入 0.9、0.8、0.7、0.6、0.5、0.4 mL 的 1% 盐酸甲醇溶液,充分混匀,于波长 325 nm 处测定吸光值。得标准曲线方程: $y=11.811x+0.1557$, $R^2=0.99$ 。以 1% 盐酸甲醇溶液作空白,滤液于 325 nm 处测定吸光度值,结果 mg/g 表示每克(鲜重)果蔬组织的类黄酮含量。

1.3.5 多酚氧化酶和过氧化酶活性测定

参考谢玉花等^[15]的方法,并作适当修改。取 0.5 g 果皮粉于 10 mL 离心管中,加 2.5 mL 提取缓冲液,摇荡混匀,于 4 °C、12000 r/min 离心 20 min,收集上清液即为酶提取液。以蒸馏水为参比,在反应 15 s 时开始记录反应体系在波长 420、470 nm 处吸光值作为初始值,每隔 1 min 记录一次,连续测定,至少获 5 个点数据。重复 3 次。

1.3.6 丙二醛含量测定

参考 Chen 等^[16]的方法,并稍作修改。取 1 mL 上清液,加入 1 mL 0.67% TBA 于 5 mL 离心管中,充分混合后在沸水浴中煮沸 15 min,冷却后于 4 °C、10000 r/min 离心 10 min。然后在 450、532 和 600 nm 处测定上清液吸光值。

1.4 数据处理及分析

采用 Origin 2018 绘图及 SPSS Statistics 25 进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 电商包装对 TSS 和 TA 的影响

可溶性固形物(TSS)和可滴定酸(TA)是影响荔枝果实风味的重要因素,贮藏过程中,影响 TSS 和 TA 的关键因素为果实衰老,其含量会下降^[17]。由图 1a 可见,荔枝两种包装的可溶性固形物含量随贮藏时间延长呈缓慢下降趋势,除第 3 d 泡沫箱包装的略有回升之外,贮藏结束时保鲜纸箱和泡沫箱的 TSS 含量分别是 18.15、19.05 °Brix。在整个贮藏过程中,TSS 的变化与灵武长枣的总体变化趋势类似^[18]。TA 在贮藏期间作为呼吸底物,被不断消耗^[19]。由图 1b 可知,在贮藏期间保鲜纸箱中果实的 TA 含量维持稳定,而泡沫箱果实在 1 d 时其含量略有下降,后又逐渐上升,由 0.56 升至 0.67%,但两种包装处理间无显著性差异。

研究表明,常温下泡沫箱加冰,箱内温度在 19 h 后降至最低后升高, O₂ 含量下降, CO₂ 含量上升^[20]。1 d 时,箱内荔枝的温度降低,呼吸速率减小,能量消耗减少,延缓了 TSS、TA 及以下可溶性蛋白质、维生素 C 的下降。2 d 时,箱内温度上升,荔枝生理代谢加快,两种包装中荔枝的 TSS、可溶性蛋白质含量开始下降。熊金梁等^[21]、王英^[22]等探究典型电商包装运输微环境对猕猴桃贮藏品质的影响,与其研究结论类似。

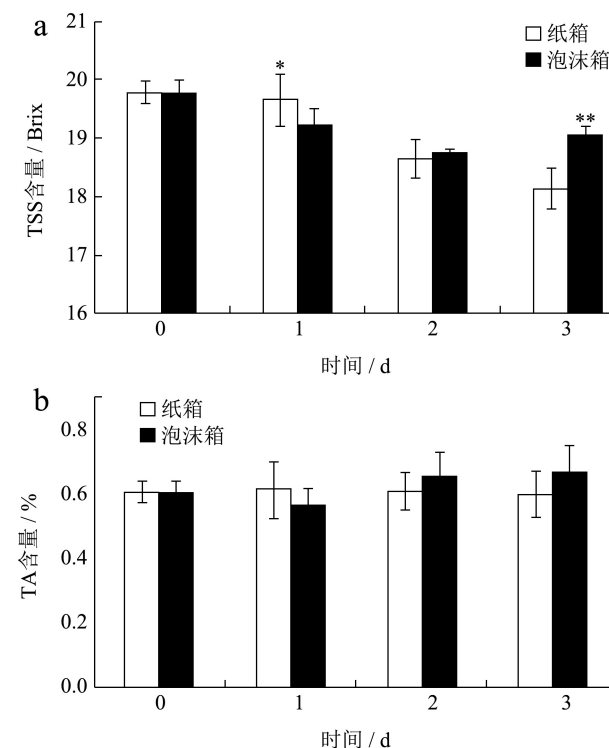


图 1 电商包装对荔枝果实 TSS、TA 的影响

Fig.1 Effects of e-commerce packaging on TSS and TA of litchi fruit

注:同一时间不同包装对比下,*表示显著水平 $p<0.05$,**表示极显著水平 $p<0.01$ 。

2.2 电商包装对可溶性蛋白质的影响

可溶性蛋白质是果实品质和营养的重要指标之一,参与多种生理生化代谢过程。如图 2 所示,在 28~29 °C 条件下,泡沫箱包装荔枝的可溶性蛋白质含量先迅速上升,由 0 d 的 5.82 mg/g 升到 1 d 的 6.52 mg/g,达到最大值,随后又不断下降;保鲜纸箱包装的果实其可溶性蛋白质含量呈缓慢下降的趋势。研究发现,不同种类、不同品种、不同贮藏条件的采后苹果在衰老过程中蛋白质变化有差异,可能伴随相同或相似蛋白的产生或积累,还伴随着有相关蛋白质的降解,逐渐降解消失的蛋白质会逐渐失去活性,其生物学功能逐渐结束^[23]。而本研究中可溶性蛋白含量升高可能是产生了可溶性相同或相似蛋白质的积累。果实中蛋白质

的保留程度越高,表明保鲜效果越好。在1 d时,箱内微环境温度在较低水平,荔枝的生理代谢减慢,可溶性蛋白质的消耗减少,两种包装的荔枝可溶性蛋白质含量保持较好。2 d时,保鲜纸箱及泡沫箱的含量分别为3.51、4.03 mg/g。随温度上升,2 d后其含量开始下降。

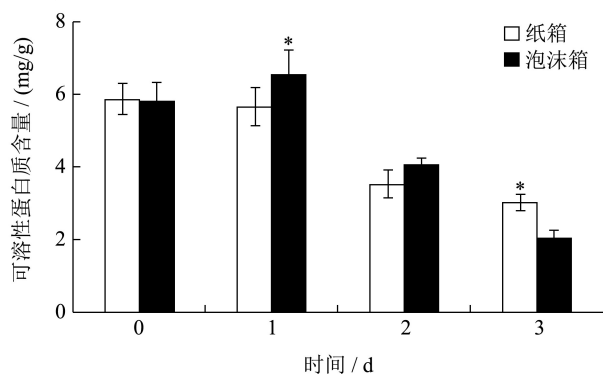


图2 电商包装对荔枝果实可溶性蛋白质的影响

Fig.2 Effect of e-commerce packaging on soluble protein in litchi fruit

注:同一时间不同包装对比下,*表示显著水平 $p<0.05$,**表示极显著水平 $p<0.01$ 。

2.3 电商包装对维生素C含量的影响

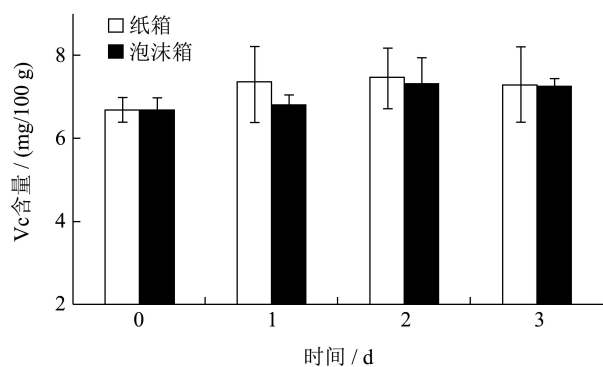


图3 电商包装对荔枝果实维生素C的影响

Fig.3 Effect of e-commerce packaging on vitamin C content in Litchi fruit

维生素C又称抗坏血酸,作为重要营养素,具有抗氧化、抗衰老的作用。研究发现,黄瓜采后初期0~2 d抗坏血酸氧化酶活性升高,2~4 d又缓慢下降,抗坏血酸含量上升。其因生长条件变化,抗坏血酸氧化酶平衡发生变化,但黄瓜经自身调整建立了新的生理活动机制,在一定程度上抑制了抗坏血酸酶活性^[24]。由图3可知,保鲜纸箱包装的果实维生素C含量先上升后缓慢下降,泡沫箱包装的则在1 d内维持稳定,1 d后缓慢上升然后下降。出现此现象原因在于荔枝采后生长环境发生变化,为适应新环境自身建立了新的生理活动,从而抑制了抗坏血酸酶活性,使维生

素C含量升高。总体来看,两种包装的荔枝维生素C的含量都能维持较高水平,且两者间无显著性差异。猕猴桃在 $4\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的条件下,6 d时有90 mg/100 g的维生素C含量,表明较小的温度变化有效延缓维生素C含量的下降^[25]。贮藏结束时,保鲜纸箱及泡沫箱的含量分别为7.47、7.43 mg/100 g。

2.4 电商包装对类黄酮含量的影响

植物组织中的类黄酮类是植物次生代谢产物,与果实品质、风味、衰老等密切相关。研究表明,草莓因树种的不同,其类黄酮含量变化有差异,且低温环境可延缓花青苷的合成速率,使底物向合成酚类物质和类黄酮发展,保持较高的类黄酮含量^[26]。贮藏过程中,保鲜纸箱及泡沫箱果实的类黄酮含量均呈先上升后下降的变化趋势,在1 d时达到峰值(0.061、0.056 mg/g)。2 d时两者含量分别下降至0.052、0.046 mg/g,与普通泡沫箱比较,保鲜纸箱能保持较高的类黄酮含量。表明箱中的低温、高湿微环境有效减少了果皮的损伤,缓解了酚类氧化而导致的果皮褐变。同时,荔枝果实处在湿度较高的环境中,可有效抑制果皮失水^[27]。两种包装处理间在2 d时具有显著性差异($p<0.05$)。

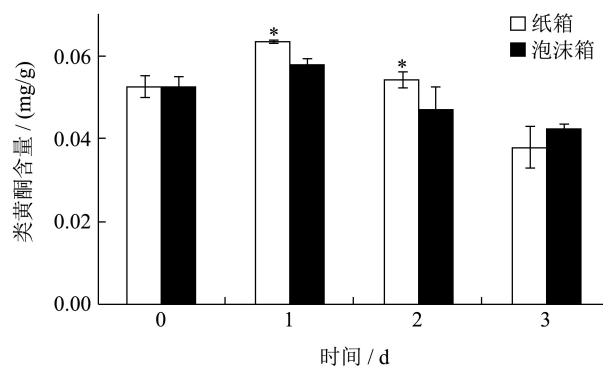


图4 电商包装对荔枝果皮类黄酮的影响

Fig.4 Effects of e-commerce packaging on flavonoids in Litchi pericarp

注:同一时间不同包装对比下,*表示显著水平 $p<0.05$,**表示极显著水平 $p<0.01$ 。

2.5 电商包装对PPO、POD活性的影响

多酚氧化酶(PPO)和过氧化物酶(POD)是果蔬衰老、组织酶促褐变的重要酶类^[28]。由图5b所示,保鲜纸箱及泡沫箱中的果实PPO活性呈先下降后上升的趋势。新型保鲜纸箱及普通泡沫箱在19 h内PPO酶活性均减小。荔枝因呼吸作用开始积累 CO_2 ,微环境中的气体组成占比发生变化,且适量的 CO_2 可抑制PPO酶的活性变化。因而2 d时,两种包装的荔枝PPO

活性均缓慢上升。但随着箱内 CO₂ 积累过多，温度上升，PPO 酶活性便急剧增大。

过氧化物酶时导致果蔬酶促褐变的一个重要因素，能够催化过氧化物对酚类物质的氧化导致褐变产生。图 5a 中，两种包装在 0~2 d 时泡沫箱中荔枝的 POD 酶活性曲折下降，达到最低值 5.03 U/g FW，2 d 后上升。至 2 d 时，保鲜纸箱果实 POD 活性急剧上升至 6.93 U/g FW，继而下降；而泡沫箱中 POD 活性降至 5.03 U/g FW，随后缓慢上升。低温、控制失水可以降低酶的活性，由于包装材料的保温性能差异性，保鲜纸箱的保温性能较差，箱内低温环境持续时间较短，果实失水较多，酶活性高峰提前出现。有研究表明，番茄 10 d 内在不同的预冷温度下，其 POD 的变化呈先下降后急剧上升的趋势^[29]。同时，研究表明荔枝在不同的加冰量下，24 h 内 POD 活性下降，24 h 后其活性缓慢增大^[30]，均与本研究泡沫箱中 POD 的变化一致。保鲜纸箱因为袋内荔枝的呼吸作用使微环境中的 O₂ 减少，CO₂ 含量上升，在后期抑制了 POD 酶的活性，因而在 3 d 时出现下降趋势。

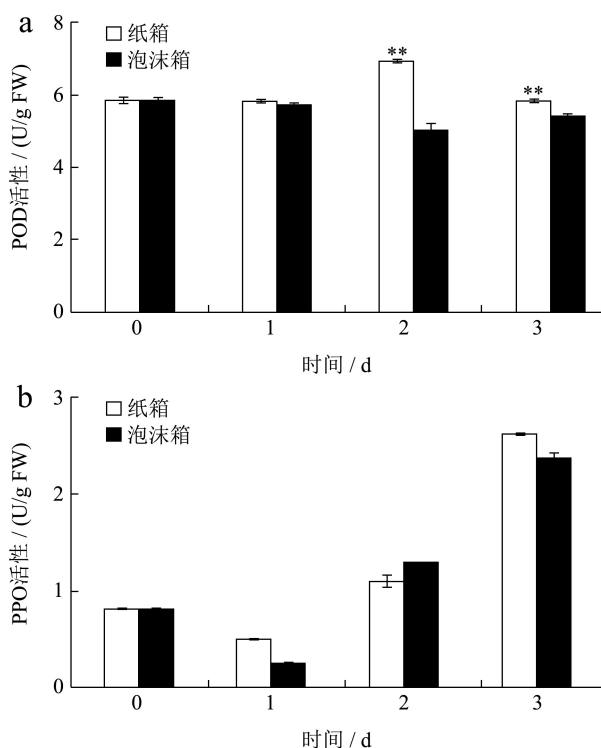


图 5 电商包装对荔枝果皮 PPO、POD 活性的影响

Fig.5 Effects of e-commerce packaging on PPO and POD activities of litchi pericarp

注：同一时间不同包装对比下，*表示显著水平 $p < 0.05$ ，**表示极显著水平 $p < 0.01$ 。

2.6 电商包装对丙二醛含量的影响

丙二醛 (MDA) 含量可作为脂质过氧化指标，

MDA 的积累会对果实细胞造成不同程度的伤害^[31]。如图 6 所示，在贮藏期间，包装为保鲜纸箱的果实 MDA 含量下降，至 2 d 后上升。泡沫箱果实中的 MDA 含量呈缓慢下降的趋势。在 1 d 及 2 d 时，泡沫箱、保鲜纸箱的 MDA 含量分别为 0.08、0.05 μmol/g 和 0.07、0.04 μmol/g，保鲜纸箱的 MDA 积累量少于泡沫箱。由此可知，保鲜纸箱作为电商包装方式减少了 MDA 含量的积累，减少荔枝果实细胞膜的损害，延缓衰老。

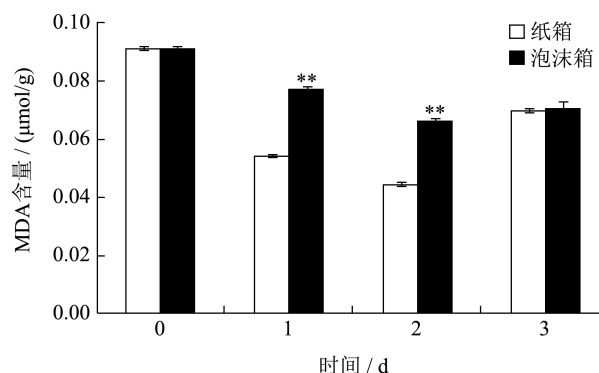


图 6 电商包装对荔枝果皮 MDA 含量的影响

Fig.6 Effect of e-commerce packaging on the content of MDA in litchi pericarp

注：同一时间不同包装对比下，*表示显著水平 $p < 0.05$ ，**表示极显著水平 $p < 0.01$ 。

3 结论

在本研究中新型保鲜纸箱在 2 d 时能保持较高的可溶性固形物、可滴定酸、维生素 C、类黄酮含量，抑制 PPO 酶活性的增加，且 MDA 积累量在 2 d 时达到最低值，有效保护了荔枝果脂膜的完整性，维持果实品质。在短途物流运输中，如做简约经济的包装处理，新型保鲜纸箱可替代普通泡沫箱作为电商物流包装材料使用，具有广泛的应用价值。为弥补新型保鲜纸箱的贮藏缺陷，也可结合采后预冷、涂膜等方式提高生鲜果蔬的保鲜效果。此外，新型保鲜纸箱与普通泡沫箱相比较，其隔热保温性能、保湿性能较差，对生鲜果蔬保鲜效果产生一定的影响。因而，如何提高新型保鲜纸箱的隔热、保湿性能，延缓箱中生鲜果蔬的品质变化，将是今后新型保鲜纸箱的研究方向。

参考文献

[1] Jiang X, Lin H, Shi J, et al. Effects of a novel chitosan formulation treatment on quality attributes and storage behavior of harvested litchi fruit [J]. Food Chemistry, 2018, 252: 134-141

[2] Liu J, Sun J, Pan Y, et al. Endogenous melatonin generation plays a positive role in chilling tolerance in relation to redox

- homeostasis in litchi fruit during refrigeration [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2021, 178: 111554
- [3] Sivakumar D, Terry L A, Korsten L. An overview on litchi fruit quality and alternative postharvest treatments to replace sulfur dioxide fumigation [J]. *Food Reviews International*, 2010, 26(2): 162-188
- [4] 梁乃锋,李萌,丁露.一种非冷链运输荔枝保鲜包装箱开发及应用[J].*物流工程与管理*,2019,41(12):91-92
LIANG Naifeng, LI Meng, DING Lu, et al. Development and application of non-cold chain fresh -keeping packaging box for litchi transportation [J]. *Logistics Engineering and Management*, 2019, 41(12): 91-92
- [5] 杨腾达,陈于陇,曾凡坤,等.真空预冷调控桑叶菜采后木质化的机理初探[J].*现代食品科技*,2021,37(4):131-138
YANG Tengda, CHEN Yulong, ZENG Fankun, et al. A preliminary study on the regulating mechanism of vacuum precooling on the lignification of mulberry leaf vegetables after harvest [J]. *Modern Food Science and Technology*, 2021, 37(4): 131-138
- [6] 邓英才.荔枝的贮藏保鲜技术[N].*山西科技报*,2002-07-18
DENG Yicai. Storage and preservation technology of litchi [N]. *Shanxi Science and Technology News*, 2002-07-18
- [7] 李兵,姜洋,檀礼义.果蔬运输保温包装箱的研究[J].*包装与食品机械*,2020,38(4):38-43
LI Bing, JIANG Yang, TAN Liyi. Study on thermal insulation packaging box for fruit and vegetable transportation [J]. *Packaging and Food Machinery*, 2020, 38(4): 38-43
- [8] 李金丽,黄少云,田学军,等.保鲜纸箱对油桃常温贮藏品质的影响[J].*保鲜与加工*,2018,18(1):21-25
LI Jinli, HUANG Shaoyun, TIAN Xuejun, et al. Effect of preservation carton on postharvest quality of nectarines at room temperature [J]. *Storage and Process*, 2018, 18(1): 21-25
- [9] 李金丽,黄少云,张荣荣,等.保鲜纸箱对樱桃常温贮藏品质的影响研究[J].*食品研究与开发*,2018,39(5):188-191
LI Jinli, HUANG Shaoyun, ZHANG Rongrong, et al. Effect of preservation carton on the quality of cherry at room temperature [J]. *Food Research and Development*, 2018, 39(5): 188-191
- [10] 赵亚珠,郝晓秀,孟婕,等.百里香精油抗菌包装纸箱对草莓保鲜效果的影响[J].*食品与发酵工业*,2020,46(11):258-263
ZHAO Yazhu, HAO Xiaoxiu, MENG Jie, et al. Effect of antimicrobial packaging cartons coated with thyme essential oil on quality and shelf life of strawberries [J]. *Food and Fermentation Industries*, 2020, 46(11): 258-263
- [11] 黄巍,王建清,高康,等.丁香精油涂布纸箱对水蜜桃的保鲜效果[J].*包装工程*,2017,38(9):25-30
HUANG Wei, WANG Jianqing, GAO Kang, et al. Fresh-keeping effect of carton coated with clove essential oil on juicy peaches [J]. *Packaging Engineering*, 2017, 38(9): 25-30
- [12] 邱燕萍,李志强,袁沛元,等.荔枝新品种仙进奉的性状观察[J].*广东农业科学*,2010,37(8):65-66
QIU Yanping, LI Zhiqiang, YUAN Peiyuan, et al. Observation on the characters of a new litchi variety xianjinfeng [J]. *Guangdong Agricultural Science*, 2010, 37(8): 65-66
- [13] 陈新全,钟敏芝,李平.晚熟荔枝新品种“仙进奉”在桂平产区的引种试验初报[J].*南方农业*,2021,15(19):26-28,32
CHEN Xinquan, ZHONG Minzhi, LI Ping, et al. Preliminary report on introduction test of a new late-maturing litchi variety “xianjinfeng” in guiping [J]. *Southern Agriculture*, 2021, 15(19): 26-28, 32
- [14] 曹建康,姜微波,赵玉梅.果蔬采后生理生化实验指导[M].北京:中国轻工业出版社,2007
CAO Jiangkang, JIANG Weibo, ZHAO Yumei. *Physiological and Biochemical Experiment Guidance of Postharvest Fruits and Vegetables* [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2007
- [15] 谢玉花,许凤梅,段振华.辐照剂量对荔枝采后褐变的影响[J].*食品科技*,2021,46(2):39-43
XIE Yuhua, XU Fengmei, DUAN Zhenhua. Effect of irradiation dose on postharvest browning of litchi [J]. *Food Technology*, 2021, 46(2): 39-43
- [16] Chen Y, Jiang Y, Yang S, et al. Effects of ultrasonic treatment on pericarp browning of postharvest litchi fruit [J]. *Journal of Food Biochemistry*, 2012, 36(5): 613-620
- [17] Ali S, Sattar Khan A, Ullah Malik A, et al. Modified atmosphere packaging delays enzymatic browning and maintains quality of harvested litchi fruit during low temperature storage [J]. *Scientia Horticulturae*, 2019, 254: 14-20
- [18] 杨莉杰,李喜宏,张宇峥.灵武长枣不同温度贮藏特性的研究[J].*食品研究与开发*,2018,39(3):202-205
YANG Lijie, LI Xihong, ZHANG Yuzheng, et al. Study on storage characteristics of Lingwu long jujube at different temperatures [J]. *Food Research and Development*, 2018, 39(3): 202-205
- [19] 郭丹,郝义,韩英群.1-MCP 处理对“岳帅”苹果货架品质的影响[J].*北方园艺*,2011,4:63-64

- GUO Dan, HAO Yi, HAN Yingqun. Effects of 1-MCP treatment on shelf quality of "Yueshuai" apple [J]. Northern Horticulture, 2011, 4: 63-64
- [20] 陈维信,吴振先,苏美霞.荔枝常温下泡沫箱加冰保鲜研究[J].广东农业科学,2000,3:27-28
- CHEN Weixin, WU Zhenxian, SU Meixia. Study on fresh-keeping of litchi by adding ice in foam box at room temperature [J]. Guangdong Agricultural Science, 2000, 3: 27-28
- [21] 熊金梁,陈爱强,刘婧,等.典型电商运输包装对猕猴桃运输微环境及贮藏品质的影响[J].食品科学,2021,42(17):218-224
- XIONG Jinliang, CHEN Aiqiang, LIU Jing, et al. Effect of typical e-commerce packaging on transportation microenvironment and storage quality of kiwifruits [J]. Food Science, 2021, 42(17): 218-224
- [22] 王英,朱璇,董远德.运输过程中不同包装方式对杏贮藏品质的影响[J].农业工程,2013,3(4):61-63,66
- WANG Ying, ZHU Xuan, DONG Yuande, et al. Effects of different packaging methods on storage quality of apricot during transportation [J]. Agricultural Engineering, 2013, 3(4): 61-63, 66
- [23] 朱玉涵.1-MCP 对苹果采后生理及可溶性蛋白的影响[D].咸阳:西北农林科技大学,2007
- ZHU Yuhan. Effects of 1-methylcyclopropene on storage behavior and the changes of soluble proteins of 5 apple cultivars [D]. Xianyang: Northwest Agriculture and Forestry University, 2007
- [24] 云霞,朱蓓薇,杨红.噪声对采后黄瓜中抗坏血酸氧化酶活性的影响[J].食品工业科技,2004,25(8):133-135
- YUN Xia, ZHU Beiwei, YANG Hong. Effects of noise on ascorbate oxidase activity in postharvest cucumber [J]. Science and Technology of Food Industry, 2004, 25(8): 133-135
- [25] 熊金梁,陈爱强,刘婧.温度波动对猕猴桃 4 ℃货架贮藏品质的影响[J].包装工程,2021,19:69-76
- XIONG Jinliang, CHEN Aiqiang, LIU Jing, et al. Effect of temperature fluctuation on the quality of kiwifruit stored at 4 ℃ [J]. Packaging Engineering, 2021, 19: 69-76
- [26] 冯晨静,关军锋,杨建民.草莓果实成熟期花青苷、酚类物质和类黄酮含量的变化[J].果树学报,2003,3:199-201
- FENG Chenjing, GUAN Junfeng, YANG Jianmin. Changes of the anthocyanin, phenolic and flavonoid compounds in strawberries during the maturation [J]. Journal of Fruit Science, 2003, 3: 199-201
- [27] 郭靖,陈于陇,王萍,等.不同调湿包装对荔枝贮藏品质的影响[J].食品与发酵工业,2021,47(6):169-175
- GUO Jing, CHEN Yulong, WANG Ping, et al. The effect of different packaging methodology on litchi quality during storage [J]. Food and Fermentation Industries, 2021, 47(6): 169-175
- [28] Zhang Z, Pang X, Xuewu D, et al. Role of peroxidase in anthocyanin degradation in litchi fruit pericarp [J]. Food Chemistry, 2005, 90(1-2): 47-52
- [29] 梁芸志,陈存坤,吴昊.不同预冷温度对采后番茄贮藏品质的影响[J].食品研究与开发,2018,39(13):188-193,200
- LIANG Yunzhi, CHEN Cunkun, WU Hao, et al. Effect of different pre-cooling temperature on storage quality of postharvest tomato [J]. Food Research and Development, 2018, 39(13): 188-193, 200
- [30] 陈洪国,彭永宏.常温泡沫箱加冰运输条件下荔枝的温度、品质、呼吸和乙烯释放变化[J].果树学报,2001,3:155-159
- CHEN Hongguo, PENG Yonghong. Study on the fruit temperature, quality, carbon dioxide and ethylene evolution of litchi subjected to ambient ice-added transportation in foam box [J]. Journal of Fruit Science, 2001, 3: 155-159
- [31] 汤莹,慕钰文,朱少聪.不同薄膜包装对贮藏中萨米脱甜樱桃的保鲜效果[J].食品工业,2021,42(5):235-238
- TANG Ying, MU Yuwen, ZHU Shaocong. Effects of different film packaging on preservation of Sammy sweet cherry during storage [J]. Food Industry, 2021, 42(5): 235-238

(上接第 290 页)

- [32] Pino J A, Almora K, Marbot R. Volatile components of papaya (*Carica papaya* L. Maradol variety) fruit [J]. Flavour and Fragrance Journal, 2003, 18(6): 492-496
- [33] Allegrone G, Belliardo F, Cabella P. Comparison of volatile concentrations in hand-squeezed juices of four different lemon varieties [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2006, 54(5): 1844-1848