

不同保鲜膜包装蟠桃在冷藏和常温货架期间品质的变化

薛友林¹, 李欣悦¹, 张鹏², 贾晓昱², 李江阔^{2*}

(1. 辽宁大学轻型产业学院, 辽宁沈阳 110036)

(2. 天津市农业科学院农产品保鲜与加工技术研究所, 国家农产品保鲜工程技术研究中心(天津), 农业农村部农产品贮藏保鲜重点实验室, 天津市农产品采后生理与贮藏保鲜重点实验室, 天津 300384)

摘要: 该研究采取不同保鲜膜对蟠桃进行包装, 研究其冷藏和常温货架的保鲜效果。以北京平谷蟠桃为试材, 采用 CK 组和 3 个处理组, CK 组为普通保鲜膜, 处理组分别为防雾膜、PE 膜、PLA 膜, 每 10 d 测量一次, 在此基础上进行 3 d 常温货架实验, 分析其感官品质、硬度、生理指标、营养物质的变化。结果表明, 3 个处理组的保鲜膜均具有气调作用, 40 d 时, CK 组的 O₂ 含量最高, 为 20.53%, CO₂ 含量最低, 为 0.21%, 防雾膜组 O₂ 含量为 19.90%, CO₂ 含量为 0.93%, PE 膜组 O₂ 含量为 20.33%, CO₂ 含量为 0.63%, PLA 膜组 O₂ 含量为 20.10%, CO₂ 含量为 0.98%, 在冷藏期和常温货架期内, 腐烂指数和褐变指数呈上升趋势, CK 组最先出现腐烂和褐变现象, 且腐烂指数和褐变指数均为最高, PLA 膜处理组感官品质最优, 与 CK 组相比较, 其它 3 组处理均可以延缓果实衰老, 减少果实营养物质损失, 通过 SPSS 分析, 综合得分 CK 组 < 防雾膜组 < PE 膜组 < PLA 膜组, PLA 膜保鲜效果最好。综上所述, 采取保鲜膜包装果实有利于蟠桃的冷藏和常温货架保鲜, 其中 PLA 膜保鲜效果更好。

关键词: 蟠桃; 保鲜膜; 贮藏品质; 冷藏; 常温货架

文章编号: 1673-9078(2022)05-108-117

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2022.5.0959

Quality Variations in Flat Peaches Wrapped in Different Plastic Wraps during Cold Storage and Shelf Storage at Room Temperature

XUE Youlin¹, LI Xinyue¹, ZHANG Peng², JIA Xiaoyu², LI Jiangkuo^{2*}

(1.College of Light Industry, Liaoning University, Shenyang 110036, China)

(2.Institute of Agricultural Products Preservation and Processing Technology, Tianjin Academy of Agricultural Sciences, Tianjin Key Laboratory of Postharvest Physiology and Storage of Agricultural Products, Key Laboratory of Storage of Agricultural Products, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, National Engineering and Technology Research Center for Preservation of Agricultural Products (Tianjin), Tianjin 300384, China)

Abstract: Flat peaches were packed with different plastic wraps to study preservation performance in cold storage and shelf storage at room temperature. Beijing Pinggu flat peaches were used in this study and were divided into four groups. For the control group (CK), ordinary plastic wraps were adopted. The peaches in the three experimental groups were wrapped in anti-fog, PE, and PLA films. The peaches were first placed in cold storage and then placed onto shelves at room temperature for 3 days before taking measurements. Measurements were recorded every 10 days to analyze variations in the sensory quality, hardness, physiological indexes, and nutrient levels. The results demonstrate that all the three plastic wraps used in the experimental groups enabled air flow. On the 40th day, the highest oxygen content (20.53%) and the lowest carbon dioxide content (0.21%) were

引文格式:

薛友林,李欣悦,张鹏,等.不同保鲜膜包装蟠桃在冷藏和常温货架期间品质的变化[J].现代食品科技,2022,38(5):108-117,+15

XUE Youlin, LI Xinyue, ZHANG Peng, et al. Quality variations in flat peaches wrapped in different plastic wraps during cold storage and shelf storage at room temperature [J]. Modern Food Science and Technology, 2022, 38(5): 108-117, +15

收稿日期: 2021-08-26

基金项目: 兵团科技攻关项目(2019AB024); 天津市农业科学院青年科研人员创新研究与实验项目(2021016); 辽宁省“兴辽英才计划”项目(XLYC1807270)

作者简介: 薛友林(1980-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 农产品贮藏与加工, E-mail: xueyoulin@lnu.edu.cn

通讯作者: 李江阔(1974-), 男, 博士, 研究员, 研究方向: 农产品安全与果蔬贮运保鲜新技术, E-mail: lijkuo@sina.com

measured for the CK group. The oxygen levels for the groups using the anti-fog, PE, and PLA films were 19.90%, 20.33%, and 20.10%, respectively, and the carbon dioxide levels were 0.93%, 0.63%, and 0.98%, respectively. During both cold storage and shelf storage at room temperature, the rotting and browning indices increased. Rotting and browning were noted first in the CK group, and the indices in this group were the highest. The sensory quality was the highest for the PLA-wrapped peaches. Compared to the peaches in the CK group, those in the other three experimental groups aged relatively slowly and the nutrient losses reduced. SPSS analysis results suggested that the comprehensive scores of the different groups ascended in the following order CK group < anti-fog film group < PE film group < PLA film group. Optimal preservation performance was noted for the PLA-wrapped peaches. In summary, using plastic wraps helps to keep peaches fresh during both cold storage and shelf storage at room temperature. In particular, PLA films outperform other types of wrapping.

Key words: flat peach; plastic wrap; storage quality; cold storage; room temperature shelves

蟠桃 (*Amygdalus persica* L. var. *compressa*), 是蔷薇目、蔷薇科、桃属植物桃的变种, 主要分布在北京、河北、山东、山西等地。蟠桃果实形状大而饱满, 口感细腻多汁, 气味香甜。其含有多种营养成分, 富含多种维生素, 铁含量在水果中几乎位居第一, 故食用蟠桃可预防贫血, 此外蟠桃还具有养阴生津, 润肠止渴等功效, 在广大消费人群中备受欢迎^[1]。但是由于其生理特性, 蟠桃具有果实易软化腐烂、贮藏期短等缺点, 这些缺点限制了蟠桃的销售及其深加工。因此, 十分需要进行对蟠桃贮藏方面的研究^[2]。

气调贮藏是指改变果蔬贮藏环境的气体组成, 通常是降低 CO₂ 的浓度, 升高 O₂ 的浓度, 在维持果蔬正常生命活动的前提下, 可有效降低果蔬的呼吸作用、蒸发作用和抑制微生物, 以延缓果蔬的生理代谢, 推迟其后熟, 防止其衰老和腐败变质, 达到减少果蔬贮藏损失, 使果蔬保持新鲜。保鲜膜保鲜是指将果实包装在保鲜膜内, 利用其自发地调节包装内环境来达到延长货架期的目的。利用保鲜膜对 O₂、CO₂、水蒸气的不同透过率来调节包装内环境的气体组分含量, 以降低果实的新陈代谢活动, 延长保鲜期。当今社会, 各国追求可持续发展, 因此可降解的包装材料越来越多地出现在食品包装行业, 我国也将易降解、可再用的包装材料纳入研究重点。其中, 以生物可降解材料为基质制备的生物膜代替目前的塑料薄膜成为当前研究的热点, 其具有巨大的发展潜力和环保潜力^[3]。PLA 膜是一种新型的生物可降解材料, 具有良好的生物可降解性, 使用后可被微生物降解, 生成二氧化碳和水, 不会对环境造成污染, 有利于保护环境, 符合当今可持续发展主题。不同的保鲜膜, 对不同气体的透过率也不同, 属于物理保鲜方式, 安全无毒, 可降解, 有利于环境保护。目前, 已经有研究将保鲜膜保鲜应用于圣女果^[4]和金枪鱼^[5]保鲜中, 且结果表明保鲜膜保鲜具有较好的效果, 但并未有实验将保鲜膜保鲜应用于蟠桃的保鲜上, 因此, 在前人实验的基础上, 本文设计采用不同保鲜膜对蟠桃进行包装, 自发调节

包装内部气体组成, 进而达到延长贮藏期的目的。另外, PLA 膜为可降解膜, 在前人研究中鲜有可降解膜与非可降解膜保鲜效果的对比, 本实验在 CK 组的基础上, 增加了保鲜膜之间保鲜效果的对比, 将 PLA 膜与其他非可降解保鲜膜进行对比, 为蟠桃的销售与深加工提供帮助。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

蟠桃, 产自北京平谷。2020 年 8 月上旬进行采收, 选择个头均匀、表皮无损伤的果实进行贮藏实验。普通保鲜膜 (350 mm×450 mm, 厚度 10 μm) 高乐氏企业管理有限责任公司, 防雾膜 (350 mm×450 mm, 厚度 35 μm)、PE 膜 (350 mm×450 mm, 厚度 34 μm)、PLA 膜 (300 mm×400 mm, 厚度 19 μm), 国家农产品保鲜工程技术研究中心 (天津)。

3-30K 离心机, 德国 SIGMA 公司; 916 Ti-Touch 电位滴定仪, 瑞士万通中国有限公司; Check Piont II 便携式残氧仪, 丹麦 Dansensor 公司; KF-568 电子称, 中国凯丰集团; 恒温水浴锅, 金坛市金南仪器制造有限公司; F-900 便携式乙烯分析仪, 美国 FELIX 仪器公司; PAL-1 数字手持折光仪, 日本 ATAGO 公司; FHT-05 水果硬度计, 广州兰泰仪器有限公司公司。

1.2 实验方法

1.2.1 实验前处理

选择个头均匀、表皮无损伤的果实进行贮藏实验, 装于塑料小篮子内, 每篮 8 个果实, 将果实放入冷库 (0±1 °C) 内进行 24 h 的预冷, 结束后将装有果实的塑料小篮子用普通保鲜膜和 3 种生物膜进行包装, 每个处理组有 4 篮果实, 即 32 个蟠桃。包装完毕后将篮子放于冷库置物架上进行冷藏, 每 10 d 进行一次指标测定, 周期为 40 d。在冷藏基础上进行 3 d 常温 (25±1 °C) 货架实验, 即每 10 d 后每组各取出两篮

果实放在常温环境下, 3 d 后进行测定。

1.2.2 腐烂指数测定

腐烂等级按腐烂面积占果实表面积的百分比进行划分, 参照潘磊庆等^[6]的方法, 按以下公式进行计算。

$$\text{腐烂指数} / \% = \frac{\sum(\text{腐烂级别} \times \text{该级别果数})}{\text{腐烂最高级别} \times \text{调查总果数}} \times 100\%$$

1.2.3 风味指数测定

随机选择 5 个果实进行品尝, 在果实上均匀选取 4 个点, 利用随机挑选, 均匀采点, 保证品尝到果实的不同部位, 并根据品评组 5 名人员的口感对其评分, 参照姜爱丽等^[7]的方法进行测定。

1.2.4 果肉褐变指数测定

每组处理取 5 个蟠桃, 从果实中间切开, 观察果肉褐变情况, 参照及华等^[8]的方法计算果肉褐变指数。

1.2.5 果实硬度测定

每组处理取 5 个果实, 在每个果实腰部均匀选取 4 个点, 将蟠桃腰部果皮削去, 采用手持式硬度计, 将硬度计的压头垂直缓慢均匀地压入蟠桃中, 参照李金丽等^[9]的方法进行测定。

1.2.6 可溶性固形物测定

随机选取 5 个蟠桃, 在蟠桃的不同部位均匀取样, 去核打浆, 均匀搅拌, 纱布过滤得滤液, 采用日本产 PAL-1 数字手持折光仪测定^[10]。

1.2.7 可滴定酸测定

采用电位滴定仪, 参照李文生等^[11]的方法进行测定。

1.2.8 Vc 含量测定

采用钼蓝比色法, 参照李军^[12]的方法进行测定。

1.2.9 呼吸强度测定

将蟠桃放入密闭的 1.5 L 的保鲜盒中, 进行时长 2 h 的密封, 密封结束后用 Check point 便携式 O₂/CO₂ 测定仪测定, 参照于继男等^[13]的方法计算其呼吸强度。

1.2.10 乙烯生成速率测定

将蟠桃称重, 在 1.5 L 的保鲜盒中密封 2 h, 采用 F-900 便携式乙烯分析仪进行测定^[14]。

1.2.11 相对电导率测定

用刮皮刀刮取厚度适中且连续不断的果皮, 用 0.5 cm 的打孔器取 15 个果皮于烧杯中, 以蒸馏水作为空白对照, 参照普红梅等^[15]的方法对相对电导率进行计算。

1.3 数据处理

采用 Excel 2010 软件进行图表绘制; 采用 SIMCA 14.1 进行 PCA 分析采用; SPSS 26.0 软件对贮藏期间的主成分进行打分。

2 结果与讨论

2.1 膜内气体含量

由图 1 可知, 冷藏期间 CK 组 O₂ 含量变化范围为 19.92%~20.53%, CO₂ 含量变化范围为 0.21%~0.64%, 防雾膜组 O₂ 含量变化范围为 19.68%~20.56%, CO₂ 含量变化范围为 0.87%~1.08%, PE 膜组 O₂ 含量变化范围为 18.77%~20.33%, CO₂ 含量变化范围为 0.62%~1.40%, PLA 膜 O₂ 含量变化范围为 18.53%~20.10%, CO₂ 含量变化范围为 0.88%~3.40%。40 d 时 CK 组的 O₂ 含量最高, 为 20.53%, CO₂ 含量最低, 为 0.21%, 防雾膜组 O₂ 含量为 19.90%, CO₂ 含量为 0.93%, PE 膜组 O₂ 含量为 20.33%, CO₂ 含量为 0.63%, PLA 膜组 O₂ 含量为 20.10%, CO₂ 含量为 0.98%。与 CK 相比, 3 种保鲜膜内 O₂ 含量均低于 CK, CO₂ 含量均高于 CK, 其中防雾膜组 O₂ 含量最低, PLA 膜组 CO₂ 含量最高, 结果说明 3 种保鲜膜均具有气调效果, 可以有效抑制果实呼吸作用。

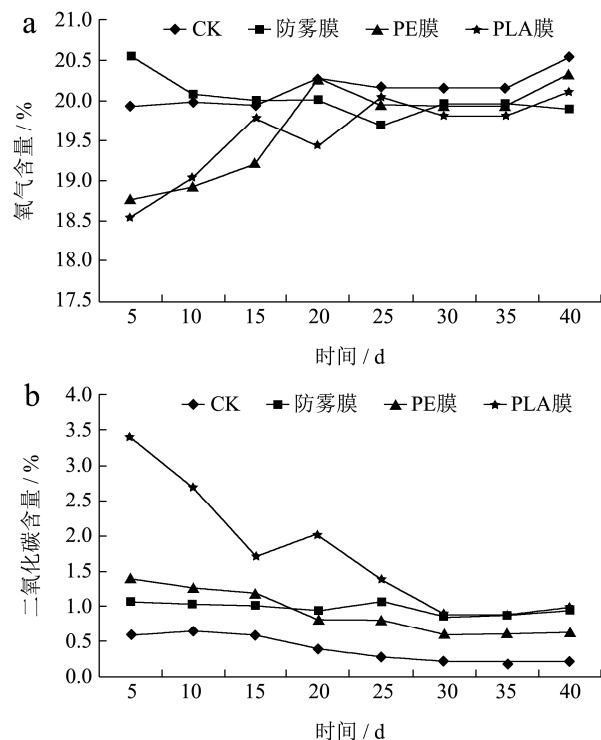


图 1 膜内氧气含量 (a) 与二氧化碳含量 (b) 变化

Fig.1 Changes of oxygen content (a) and carbon dioxide content (b) in the membrane

2.2 不同保鲜膜对蟠桃冷藏和常温货架感官

品质和硬度的影响

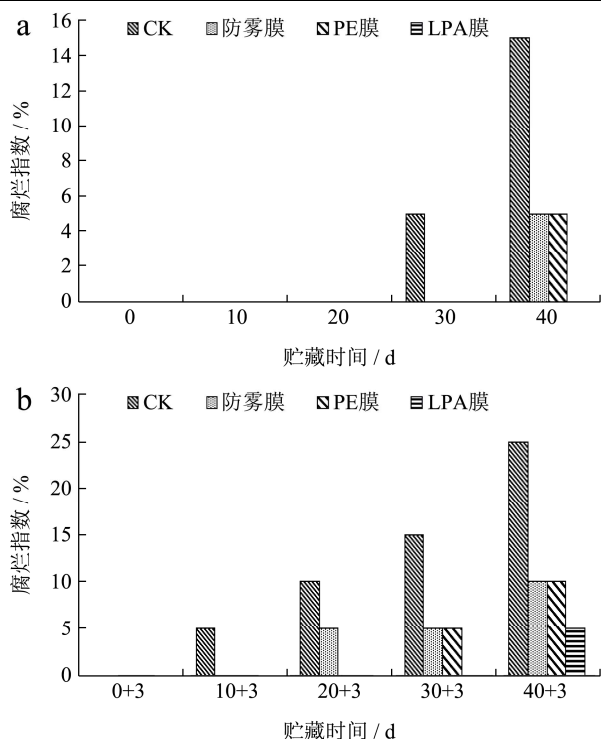


图2 不同保鲜膜对蟠桃冷藏(a)和常温货架(b)腐烂指数的影响

Fig.2 Effect of different plastic wrap on rotten index of peach in cold storage (a) and normal temperature shelf (b)

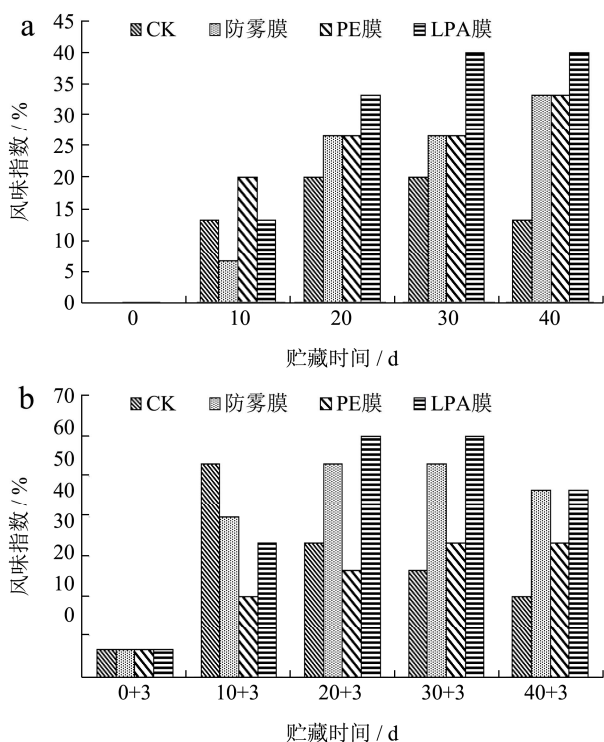


图3 不同保鲜膜对蟠桃冷藏(a)和常温货架(b)风味指数的影响

Fig.3 Effects of different plastic wrap on flavor index of flat peach in cold storage (a) and normal temperature shelf (b)

从图2中可以看出,在整个贮藏期间,蟠桃的腐

烂指数总体趋势为上升。冷藏期间,CK组30 d开始出现腐烂现象,防雾膜处理组和PE膜处理组均在40 d时出现腐烂现象,而PLA膜处理组整个冷藏期间未出现腐烂现象。常温货架期间,CK组最早开始腐烂,3个处理组出现腐烂均晚于CK组,其中PLA膜处理组最晚出现腐烂,40+3 d时,CK组腐烂指数最高,为25.00%,PLA膜处理组腐烂指数最低,为5.00%。由此可知,3个处理组的保鲜膜均可以延缓腐烂,其中PLA膜抑制腐烂效果最好。

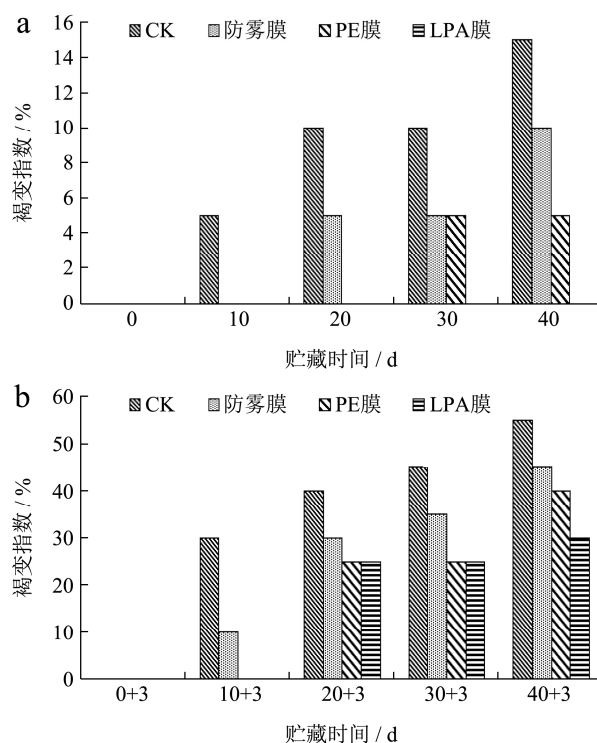


图4 不同保鲜膜对蟠桃冷藏(a)和常温货架(b)果肉褐变指数的影响

Fig.4 Effects of different plastic wrap on the flesh Browning index of flat peach in cold storage (a) and normal temperature shelf (b)

蟠桃属于后熟型水果^[16],故而风味指数会先上升到峰值再下降。由图3可知,无论是冷藏结束时还是常温货架结束时,CK组风味指数均低于3组处理组。冷藏期间,40 d时CK组风味指数为13.33%,处理组中PLA膜组风味指数最高,为40.00%;常温货架期间,CK组风味指数峰值出现在10+3 d,3组处理组峰值出现均晚于CK组,40+3 d时CK组风味指数为20.00%,处理组中PLA膜组风味指数最高,为46.67%。

果实采后贮藏加工过程中果肉颜色会变深,这是由于出现了褐变现象,由于多酚氧化酶与酚类物质发生反应,蟠桃的果肉会出现褐变现象,褐变会影响果实的营养成分^[17,18]。由图4可知,冷藏期间,CK组10 d时出现褐变,防雾膜组20 d时出现褐变,PE膜

组 30 d 时出现褐变, 而 PLA 膜组始终未发生褐变; 常温货架期间, 40+3 d 时 CK 组褐变指数最高, 为 55.00%, 处理组均低于 CK 组, 其中 PLA 膜组褐变指数最低, 为 30.00%。

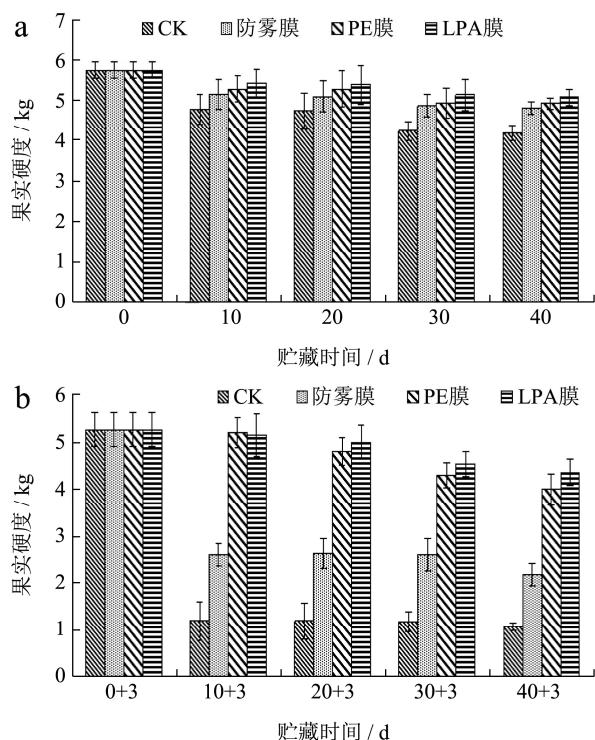


图5 不同保鲜膜对蟠桃冷藏(a)和常温货架(b)果实硬度的影响

Fig.5 Effects of different plastic wrap on fruit hardness of flat peach in cold storage (a) and normal temperature shelf (b)

果实硬度大小由细胞壁中原果胶含量决定, 随着果实的成熟, 原果胶转变成易溶于水的果胶, 从而导

致果实硬度降低^[19,20]。如图 5 所示, 果实硬度呈现下降趋势, 冷藏期间, 40 d 时 CK 组硬度最低, 为 4.17 kg, 3 组处理组果实硬度均高于 CK 组, 其中 PLA 膜处理组硬度最高, 为 5.07 kg; 常温货架期间, 10+3 d 时 CK 组硬度大幅度下降, 40+3 d 时 CK 组硬度最低, 为 1.05 kg, 处理组中 PLA 膜组硬度最高, 为 4.36 kg, 差异显著 ($p < 0.05$)。刘莹等^[21]研究了自发气调包装对桃质构性能的影响, 结果表明, 自发气调包装可有效维持桃的硬度、咀嚼性、弹性等质构性能, 与本实验结果相符。

2.3 不同保鲜膜对蟠桃冷藏和常温货架营养物质的影响

可溶性固形物含量是判断果实品质好坏的一个重要因素^[22-24]。如表 1、2, 随着贮藏时间增加, 可溶性固形物变化总体趋势为逐渐减少, 冷藏期间, 40 d 时 CK 组、防雾膜组、PE 膜组、PLA 膜组可溶性固形物含量分别为 9.72%、11.17%、11.12%、11.92%; 常温货架期间, 40+3 d 时 4 组蟠桃可溶性固形物含量分别为 9.92%、11.48%、10.68%、12.02%。无论是冷藏期间还是常温货架期间, CK 组可溶性固形物含量最低, PLA 膜处理组可溶性固形物含量最高, 且差异显著 ($p < 0.05$), 说明生物膜可减少可溶性固形物的消耗, PLA 膜效果最好。李逸等^[25]研究了 PLA 膜包装对桃果实保鲜品质的影响, 实验结果表明 PLA 膜包装可有效抑制桃果实可溶性固形物含量下降, 将其货架期从 15 d 延长至 30 d, 与本实验结果相符。

表 1 不同保鲜膜对蟠桃冷藏期间营养物质的影响

Table 1 Effects of different plastic wrap on nutrients of flat peach in cold storage

指标	处理	贮藏时间/d				
		0	10	20	30	40
可溶性固形物/%	CK	11.42±0.06 ^{aA}	12.16±0.17 ^{aA}	10.48±0.01 ^{dD}	9.73±0.58 ^{cB}	9.72±0.10 ^{cC}
	防雾膜	11.42±0.06 ^{aA}	10.53±0.01 ^{cC}	11.25±0.06 ^{cC}	11.28±0.26 ^{bA}	11.17±0.06 ^{bB}
	PE 膜	11.42±0.06 ^{aA}	12.37±0.12 ^{aA}	12.30±0.06 ^{bB}	11.42±0.15 ^{bA}	11.12±0.10 ^{bB}
	PLA 膜	11.42±0.06 ^{aA}	11.38±0.36 ^{bB}	13.93±0.12 ^{aA}	12.40±0.06 ^{aA}	11.92±0.06 ^{aA}
可滴定酸/%	CK	0.1511±0.002 ^{aA}	0.2538±0.004 ^{aA}	0.1956±0.004 ^{aA}	0.0938±0.001 ^{cC}	0.0901±0.001 ^{cB}
	防雾膜	0.1511±0.002 ^{aA}	0.1650±0.006 ^{bB}	0.1492±0.001 ^{abA}	0.1099±0.001 ^{bcBC}	0.1058±0.001 ^{bA}
	PE 膜	0.1511±0.002 ^{aA}	0.1585±0.008 ^{bB}	0.1411±0.001 ^{abA}	0.1154±0.001 ^{abAB}	0.1071±0.004 ^{bA}
	PLA 膜	0.1511±0.002 ^{aA}	0.1690±0.003 ^{bB}	0.1307±0.003 ^{bA}	0.1254±0.001 ^{aA}	0.1132±0.003 ^{aA}
Vc 含量/(mg/100 g)	CK	14.82±0.14 ^{aA}	18.91±0.43 ^{bB}	14.33±0.63 ^{cC}	12.99±0.63 ^{bA}	10.74±0.88 ^{bB}
	防雾膜	14.82±0.14 ^{aA}	14.82±0.52 ^{cC}	15.75±0.38 ^{cC}	14.24±0.41 ^{aA}	13.58±1.04 ^{aA}
	PE 膜	14.82±0.14 ^{aA}	20.92±0.43 ^{aA}	23.33±1.28 ^{aA}	14.08±0.29 ^{aA}	13.50±0.72 ^{aAB}
	PLA 膜	14.82±0.14 ^{aA}	20.32±0.75 ^{abAB}	19.33±0.29 ^{bB}	13.83±0.14 ^{aA}	13.16±0.25 ^{aAB}

注: 不同小写字母代表差异显著 ($p < 0.05$), 不同大写字母差异极显著 ($p < 0.01$)。表 2 同。

表 2 不同保鲜膜对蟠桃常温货架营养物质的影响

Table 2 Effects of different cling film on nutrients of flat peach shelf at room temperature

指标	处理	贮藏时间/d				
		0+3	10+3	20+3	30+3	40+3
可溶性固形物/%	CK	13.62±0.12 ^{aA}	11.60±0.06 ^{bB}	10.17±0.12 ^{dD}	10.07±0.06 ^{dD}	9.92±0.10 ^{dD}
	防雾膜	13.62±0.12 ^{aA}	12.58±0.10 ^{aA}	11.97±0.06 ^{bB}	11.88±0.01 ^{bB}	11.48±0.06 ^{bB}
	PE膜	13.62±0.12 ^{aA}	11.30±0.10 ^{cC}	10.88±0.21 ^{cC}	10.80±0.12 ^{cC}	10.68±0.06 ^{cC}
	PLA膜	13.62±0.12 ^{aA}	11.83±0.06 ^{bB}	12.53±0.10 ^{aA}	12.40±0.06 ^{aA}	12.02±0.10 ^{aA}
可滴定酸/%	CK	0.1944±0.026 ^{aA}	0.1605±0.017 ^{aA}	0.1365±0.010 ^{aA}	0.1294±0.016 ^{bB}	0.1240±0.014 ^{aA}
	防雾膜	0.1944±0.026 ^{aA}	0.1435±0.005 ^{aA}	0.1323±0.008 ^{aA}	0.1447±0.006 ^{aA}	0.1392±0.001 ^{bB}
	PE膜	0.1944±0.026 ^{aA}	0.1392±0.015 ^{aA}	0.1351±0.017 ^{aA}	0.1423±0.002 ^{aA}	0.1403±0.003 ^{bB}
	PLA膜	0.1944±0.026 ^{aA}	0.1375±0.003 ^{aA}	0.1364±0.006 ^{aA}	0.1442±0.003 ^{aA}	0.1422±0.025 ^{bB}
Vc含量/(mg/100g)	CK	17.91±0.25 ^{aA}	15.50±0.52 ^{bB}	16.24±0.63 ^{cC}	20.51±0.57 ^{cC}	11.66±0.43 ^{bB}
	防雾膜	17.91±0.25 ^{aA}	13.33±0.58 ^{cC}	13.08±0.14 ^{dD}	22.26±0.14 ^{bB}	18.83±0.38 ^{abA}
	PE膜	17.91±0.25 ^{aA}	18.67±0.25 ^{aA}	19.50±0.76 ^{bB}	19.50±0.52 ^{cC}	18.08±0.38 ^{bA}
	PLA膜	17.91±0.25 ^{aA}	18.91±0.25 ^{aA}	23.24±0.76 ^{aA}	26.50±0.38 ^{aA}	19.91±1.07 ^{aA}

可滴定酸是植物品质的重要构成性状之一，尤其是以果实为目的产品的果树作物，可滴定酸与糖一样，是影响果实风味品质的重要因素^[26]。如表 1、2 所示，由于蟠桃为后熟型水果，所以在可滴定酸含量会呈现出先上升后下降的趋势，无论是冷藏结束时还是常温货架结束时，CK 组可滴定酸含量均为最少，冷藏期间可滴定酸最终含量为 0.0901%，常温货架期间为 0.1240%；处理组可滴定酸含量均高于 CK 组，其中 PLA 膜处理组可滴定酸含量均为最高，冷藏期间可滴定酸最终含量为 0.1132%，常温货架期间为 0.1422%。CK 组与处理组之间差异显著 ($p<0.05$)，且 PLA 膜组效果最好。

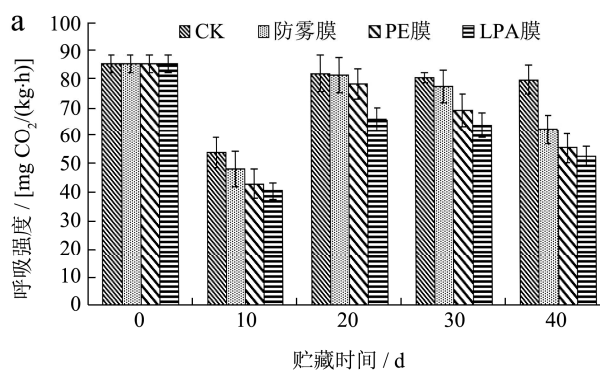
如表 1、2，Vc 含量变化趋势为先升后降。冷藏期间，CK 组 Vc 含量峰值出现在 10 d，而 3 个处理组峰值则出现在 20 d，这说明 3 组处理组所用保鲜膜可延缓果实成熟。40 d 时，4 组蟠桃 Vc 含量分别为 10.74、13.58、13.50、13.16 mg/100 g；40+3 d 时，4 组蟠桃 Vc 含量分别为 11.66、18.83、18.08、19.91 mg/100 g，CK 组与处理组之间差异显著 ($p<0.05$)，故处理组保鲜膜可减少 Vc 的消耗，PLA 膜组效果最好。

2.4 不同保鲜膜对蟠桃冷藏和常温货架生理指标的影响

呼吸作用是植物的基本生理功能，为植物的各项生理活动提供能量，为代谢活动提供动力。影响呼吸的主要因素为温度、相对湿度和气体成分，适当降低环境中 O₂ 的浓度，增加 CO₂ 的浓度，可以抑制呼吸，减少呼吸消耗。桃为呼吸跃变型果实，在贮藏期间，

果实的呼吸强度会出现峰值，然后下降^[27]。如图 6，冷藏期间，CK 组、防雾膜组、PE 组、PLA 组果实呼吸强度最终分别为 79.80、62.18、55.51、52.56 mg CO₂/(kg·h)；常温货架期间，4 组果实呼吸强度最终分别为 91.30、78.82、48.60、43.25 mg CO₂/(kg·h)，CK 组最低，处理组均高于 CK 组，且其中 PLA 膜组最高，且具有显著差异 ($p<0.05$)。由此可知，3 个处理组所用保鲜膜对抑制果实呼吸作用起到一定效果，其中 PLA 膜效果最好。

乙烯是一种植物激素，在植物生长发育许多方面起着调节作用，特别是促进果实成熟衰老^[28]。如图 7 所示，贮藏期间，蟠桃乙烯生成速率呈现波动式。40 d 时，4 组蟠桃乙烯生成速率分别为 0.81、0.47、0.29、0.32 μL/(kg·h)，40+3 d 时 4 组蟠桃乙烯生成速率分别为 0.75、0.37、0.35、0.24 μL/(kg·h)。冷藏期间和常温货架期间，CK 组乙烯生成速率最终远高于 3 组处理组，具有显著差异 ($p<0.05$)，冷藏结束时乙烯生成速率为防雾膜组>PE 膜组>PLA 膜组，常温货架结束时则为防雾膜组>PLA 膜组>PE 膜组，可以看出处理组所用保鲜膜能够抑制乙烯生成，从而延缓果实衰老。



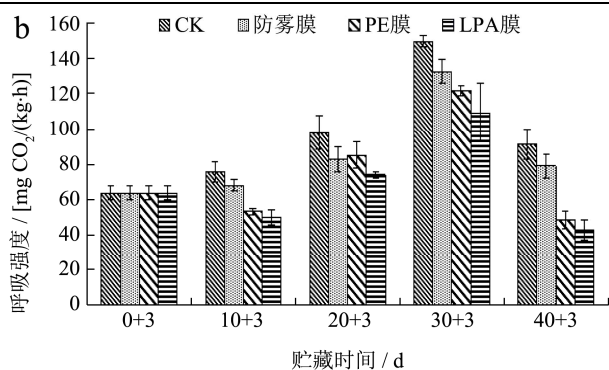


图6 不同保鲜膜对蟠桃冷藏(a)和常温货架(b)呼吸强度的影响

Fig.6 Influence of different plastic wrap on respiratory intensity of peach in cold storage (a) and normal temperature shelf (b)

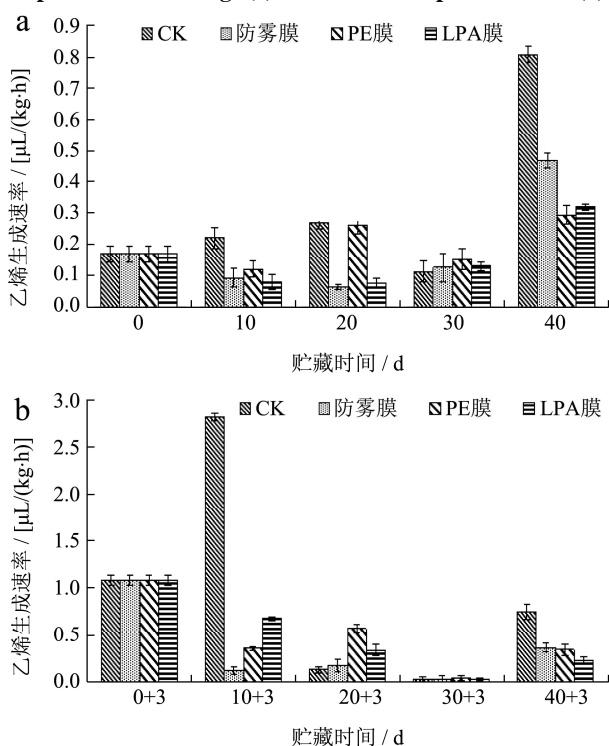


图7 不同保鲜膜对蟠桃冷藏(a)和常温货架(b)乙烯生成速率的影响

Fig.7 Effects of different plastic wrap on ethylene production rate of peach in cold storage (a) and normal temperature shelf (b)

相对电导率是判断果实衰老程度的重要指标,随着果实成熟衰老,细胞膜渗透性变大,相对电导率升高^[29]。由图8可知,整个贮藏期间相对电导率呈上升趋势,冷藏期间,40 d时CK组、防雾膜组、PE膜组、PLA膜组相对电导率大小分别为39.49%、31.88%、31.26%、30.89%;常温贮藏期间,40+3 d时4组蟠桃相对电导率大小分别为77.67%、68.09%、55.90%、52.50%。无论是冷藏期间还是常温货架期间,CK组

相对电导率始终最高,3组处理组中PLA膜处理组相对电导率始终最低,且差异显著($p < 0.05$)。由此可知,处理组所用保鲜膜均能起到延缓果实衰老的作用,其中,PLA膜保鲜效果最佳。

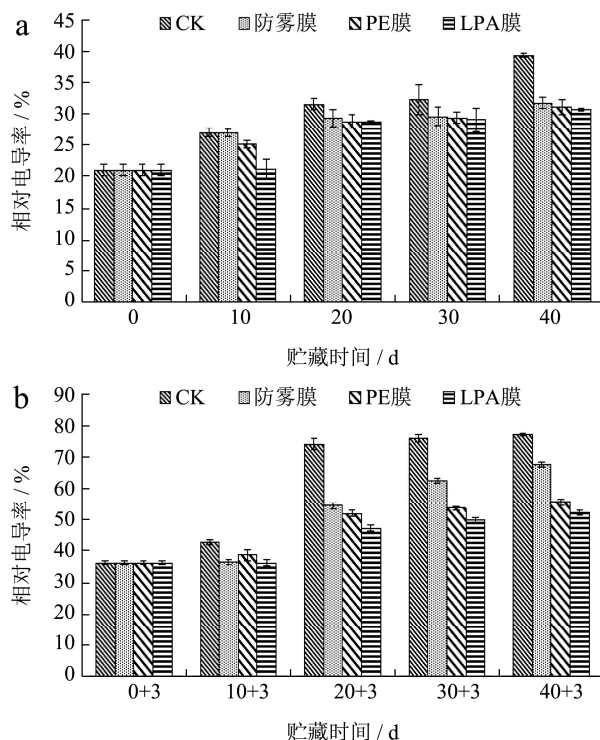


图8 不同保鲜膜对蟠桃冷藏(a)和常温货架(b)相对电导率的影响

Fig.8 Influence of different plastic wrap on relative electrical conductivity of peach in cold storage (a) and normal temperature shelf (b)

2.5 蟠桃贮藏品质综合分析

表3 冷藏期间主成分的特征值及贡献率

Table 3 Principal component eigenvalue and contribution rate during refrigeration

主成分	特征值	贡献率%	累计贡献率%
1	3.38	48.30	48.30
2	1.35	19.30	67.60
3	0.82	11.70	79.30

表4 常温货架期间主成分的特征值及贡献率

Table 4 Principal component eigenvalue and contribution rate during normal temperature shelf

主成分	特征值	贡献率%	累计贡献率%
1	3.65	52.20	52.20
2	1.58	22.60	74.70
3	0.86	12.30	86.40

表 5 冷藏期间主成分得分表

Table 5 Principal component score table during refrigeration

处理	FAC1	FAC2	FAC3	F1	F2	F3	F	F 平均	排名
CK	0.64	-1.63	-0.11	1.18	-1.89	-0.10	0.25	-0.89	4
	0.83	1.63	-2.29	1.52	1.89	-2.07	1.08		
	-0.58	-0.15	-1.95	-1.06	-0.17	-1.76	-0.94		
	-1.39	-0.41	-0.30	-2.56	-0.47	-0.27	-1.72		
	-2.84	0.28	-0.18	-5.22	0.33	-0.17	-3.13		
防雾膜	0.64	-1.63	-0.11	1.18	-1.89	-0.10	0.25	-0.23	3
	0.17	0.43	-1.14	0.31	0.50	-1.03	0.16		
	0.05	-0.49	-0.23	0.09	-0.56	-0.21	-0.11		
	-0.43	-0.37	0.56	-0.79	-0.43	0.51	-0.51		
	-1.03	0.51	0.53	-1.90	0.59	0.48	-0.94		
PE 膜	0.64	-1.63	-0.11	1.18	-1.89	-0.10	0.25	0.41	2
	1.11	1.45	0.25	2.04	1.68	0.23	1.69		
	0.64	0.57	0.72	1.18	0.66	0.65	0.98		
	-0.33	-0.06	0.54	-0.61	-0.07	0.49	-0.32		
	-0.69	0.52	0.54	-1.28	0.60	0.49	-0.56		
PLA 膜	0.64	-1.63	-0.11	1.18	-1.89	-0.10	0.25	0.72	1
	1.25	0.90	-0.68	2.29	1.05	-0.61	1.56		
	1.03	0.81	2.06	1.89	0.94	1.86	1.66		
	0.08	0.20	1.03	0.15	0.23	0.93	0.29		
	-0.43	0.68	0.98	-0.79	0.79	0.89	-0.16		

表 6 常温货架期间主成分得分表

Table 6 Principal component score table during normal temperature shelf

处理	FAC1	FAC2	FAC3	F1	F2	F3	F	F 平均	排名
CK	1.48	-0.16	0.69	2.82	-0.20	0.64	1.75	-0.88	4
	0.37	-2.43	1.62	0.70	-3.05	1.51	-0.16		
	-1.41	-0.57	0.03	-2.69	-0.72	0.03	-1.82		
	-1.86	0.52	1.45	-3.56	0.65	1.34	-1.80		
	-1.51	-1.75	-0.35	-2.88	-2.20	-0.33	-2.37		
防雾膜	1.48	-0.16	0.69	2.82	-0.20	0.64	1.75	-0.11	3
	0.18	-0.73	-0.97	0.33	-0.92	-0.90	-0.17		
	-0.46	-0.75	-0.76	-0.88	-0.94	-0.71	-0.88		
	-0.81	1.08	1.43	-1.54	1.36	1.33	-0.39		
	-0.69	-0.12	-0.01	-1.32	-0.15	-0.01	-0.84		
PE 膜	1.48	-0.16	0.69	2.82	-0.20	0.64	1.75	0.20	2
	0.34	0.33	-1.51	0.66	0.42	-1.40	0.31		
	-0.23	0.41	-0.48	-0.43	0.51	-0.45	-0.19		
	-0.62	0.84	0.31	-1.18	1.06	0.29	-0.40		
	-0.21	-0.10	-1.40	-0.40	-0.12	-1.30	-0.46		
PLA 膜	1.48	-0.16	0.69	2.82	-0.20	0.64	1.75	0.78	1
	0.56	0.19	-1.32	1.07	0.23	-1.23	0.54		
	0.27	1.25	-0.36	0.52	1.58	-0.33	0.68		
	-0.06	2.07	0.82	-0.11	2.60	0.77	0.72		
	0.21	0.40	-1.26	0.41	0.51	-1.17	0.21		

利用蟠桃贮藏期测定的果实硬度、TSS、可滴定酸、Vc、呼吸强度、乙烯生成速率、相对电导率指标作为不同纬度 PCA 分析,自动拟合成 3 个主成分,如表 3、表 4 所示,冷藏期间 3 个主成分累计贡献率为 79.30%,常温货架期间 3 个主成分累计贡献率为 86.40%,然后进行 SPSS 打分并进行排名,如表 5、表 6 所示。

以每个因子得分 FAC1、FAC2、FAC3 所对应的特征值为权数,与该因子得分相乘可得主成分得分,又根据主成分得分计算相关性综合得分 F,冷藏期间计算公式为 $F=(F1 \times 48.30 + F2 \times 19.30 + F3 \times 11.70) / 79.30$,常温货架期间计算公式为 $F=(F1 \times 52.20 + F2 \times 22.60 + F3 \times 12.30) / 86.40$,按照公式可以计算出冷藏期间和常温货架期间 CK 组和 3 个处理组与蟠桃品质指标综合相关性的相对程度。F 越高,说明该种处理方式的保鲜效果越好,排名越高;反之则得分和排名越低。由表 5、6 可知,在整个贮藏期间,排名为 CK 组 < 防雾膜组 < PE 膜组 < PLA 膜组。综上所述:生物膜可以延缓果实衰老,延长果实贮藏期,其中 PLA 膜效果最好。

3 结论

3.1 本实验采用 3 种保鲜膜对蟠桃进行包装,用普通保鲜膜作为空白对照,将具备适宜透气性的薄膜用于蟠桃保鲜,通过蟠桃的呼吸作用和包装袋内外的气体交换,可以形成最佳的气体浓度环境,同时在包装内部形成合适的湿度环境,可以保持蟠桃的高品质,延长其贮藏期。通过对上述图表数据的分析可以看出,3 组处理组所用保鲜膜均具有气调作用,可以使包装内 CO₂ 含量处于较高水平,使 O₂ 含量处于较低水平,从而抑制果实生理活动,延缓其衰老。由于不同保鲜膜的材料、厚度、性质不同,气体透过率存在差异,PLA 膜组 O₂ 含量为 20.10%,CO₂ 含量为 0.98%,膜透气性最差,CO₂ 含量最高,故 PLA 膜在抑制果实生理活动方面效果最好。从感官角度来看,与 CK 组相比,3 种保鲜膜均可使其感官品质处于较好的水平,其中 PLA 膜的保鲜效果最佳;在冷藏期和常温货架期内,与 CK 组相比较,3 种保鲜膜均可抑制果实呼吸以及乙烯生成,减少果实营养物质(Vc、可滴定酸、可溶性固形物)的消耗,使营养物质处于较高水平,相对电导率均低于 CK 组,其中,PLA 膜处理组保鲜效果最佳。SPSS 综合评分显示,3 个处理组得分高于 CK 组,且 PLA 膜处理组综合得分最高,果实的品质最佳。

3.2 采用保鲜膜对蟠桃进行包装可使蟠桃在贮藏期间维持较好的品质,并延长贮藏期,在蟠桃保鲜研究中具有一定研究价值。3 个处理组中,PLA 膜为可降

解生物膜,具有安全无毒、绿色环保、可降解等优良特性,符合当今社会的可持续发展理念,具有广阔的应用前景。随着科技的进步和消费水平的提高,食品包装正朝着抗菌、可降解和纯天然多材料复合的新方向推进,但如何控制新包装的性能和成本仍需要进一步研究。

参考文献

- [1] 卢娟芳,刘盛雨,芦旺,等.不同类型桃果肉酚类物质及抗氧化活性分析[J].中国农业科学,2017,50(16):3205-3214
LU Juanfang, LIU Shengyu, LU Wang, et al. Phenolic profiles and antioxidant activity of fruit pulp from different types of peaches [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2017, 50(16): 3205-3214
- [2] 孙佳丽.我国水蜜桃保鲜技术研究进展[J].浙江农业科学,2020,61(8):1553-1555,1633
SUN Jiali. Research progress on fresh-keeping technology of honey peach in China [J]. Zhejiang Agricultural Sciences, 2020, 61(8): 1553-1555, 1633
- [3] 李月明,刘飞,姜雪晶,等.生物可降解膜在肉品保鲜中的应用研究进展[J].肉类研究,2017,31(6):51-54
LI Yueming, LIU Fei, JIANG Xuejing, et al. Application of antibacterial slow-release biodegradable film in meat preservation: a review [J]. Meat Research, 2017, 31(6): 51-54
- [4] 李继兰,宋建新,贾晓昱,等.不同保鲜膜气调保鲜技术对圣女果贮藏品质的影响[J].中国果菜,2020,40(6):35-40
LI Jilan, SONG Jianxin, JIA Xiaoyu, et al. Effects of different film air-conditioning technology on the storage quality of cherry tomato [J]. China Fruit & Vegetable, 2020, 40(6): 35-40
- [5] 单梦圆,宋琳璐,胡奇杰,等.基于鱼鳞明胶的可食性保鲜膜对金枪鱼肉的保鲜作用研究[J].核农学报,2019,33(6):1137-1145
SHAN Mengyuan, SONG Linlu, HU Qijie, et al. Study on the preservative effect of plastic film on tuna meat based on fish scale gelatin [J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2019, 33(6): 1137-1145
- [6] 潘磊庆,朱娜,邵兴锋,等.丁香精油对樱桃番茄保鲜作用的研究[J].食品工业科技,2012,33(23):335-338
PAN Leiqing, ZHU Na, SHAO Xingfeng, et al. Study on the preservation of cherry tomato with clove oil [J]. Science and Technology of Food Industry, 2012, 33(23): 335-338
- [7] 姜爱丽,孟宪军,胡文忠,等.高 CO₂ 冲击处理对采后蓝莓生理代谢及品质的影响[J].农业工程学报,2011,27(3):362-368
JIANG Aili, MENG Xianjun, HU Wenzhong, et al. Effects of

- high CO₂ shock treatments on physiological metabolism and quality of postharvest blueberry fruits [J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(3): 362-368
- [8] 及华,关军锋,冯云霄,等.1-MCP 和预贮对深州蜜桃采后生理和品质的影响[J].食品科学,2014,35(14):247-250
JI Hua, GUAN Junfeng, FENG Yunxiao, et al. Effects of 1-MCP treatment and prestorage on postharvest physiology and quality of Shenzhou honey peach [J]. Food Science, 2014, 35(14): 247-250
- [9] 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
- [10] 刘璐,鲁晓翔,陈绍慧,等.冰温贮藏后不同出库方式对樱桃货架期品质的影响[J].食品与发酵工业,2014,40(11):236-241
LIU Lu, LU Xiaoxiang, CHEN Shaohui, et al. Effects of different delivery methods on shelf-life quality of cherry after ice-cold storage [J]. Food and Fermentation Industries, 2014, 40(11): 236-241
- [11] 李文生,冯晓元,王宝刚,等.应用自动电位滴定仪测定水果中的可滴定酸[J].食品科学,2009,30(4):247-249
LI Wensheng, FENG Xiaoyuan, WANG Baogang, et al. Study on determination of titratable acidity in fruits using automatic potentiometric titrator [J]. Food Science, 2009, 30(4): 247-249
- [12] 李军.钼蓝比色法测定还原型维生素C[J].食品科学,2000,8:42-45
LI Jun. Determination of reduced vitamin C by molybdenum blue colorimetry [J]. Food Science, 2000, 8: 42-45
- [13] 于继男,薛璐,鲁晓翔,等.温度驯化对蓝莓冰温贮藏期间生理品质变化的影响[J].食品科学,2014,35(22):265-269
YU Ji'nan, XUE Lu, LU Xiaoxiang, et al. Effect of cold acclimation on quality of blueberry fruits during ice-temperature storage [J]. Food Science, 2014, 35(22): 265-269
- [14] 及华,刘媛,关军锋,等.1-MCP 和预贮对桃呼吸、乙烯和贮藏品质的影响[J].食品研究与开发,2013,34(9):107-110
JI Hua, LIU Yuan, GUAN Junfeng, et al. Effect of 1-MCP and prestorage on respiration, ethylene production and quality of peach [J]. Food Research and Development, 2013, 34(9): 107-110
- [15] 普红梅,李雪瑞,杨芳,等.不同采后处理对云南油桃和水蜜桃的贮藏保鲜效果对比[J].现代食品科技,2020,36(3):120-126,280
PU Hongmei, LI Xuerui, YANG Fang, et al. Comparison of fresh-keeping effects of different post-harvest treatments on Yunnan nectarine and honey peach [J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(3): 120-126, 280
- [16] 彭丽桃,饶景萍,杨书珍,等.油桃后熟衰老期间几个生理指标的变化[J].西北农业学报,2001,4:37-40
PENG Liyao, RAO Jingping, YANG Shuzhen, et al. Changes of several physiological parameters during nectarine ripening and senescence [J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis, 2001, 4: 37-40
- [17] 白鸽,王甄妮,朱丹实,等.采后果实的果皮褐变机理及防褐变研究进展[J].包装工程,2021,42(5):80-87
BAI Ge, WANG Zhenni, ZHU Danshi, et al. Research progress on browning mechanism and prevention of postharvest fruit [J]. Packaging Engineering, 2021, 42(5): 80-87
- [18] 张倩,王建清,王玉峰,等.新型复合保鲜纸对油桃保鲜效果的影响[J].北方园艺,2017,10:117-121
ZHANG Qian, WANG Jianqing, WANG Yufeng, et al. Effect of new type compound cling paper on preservation effect of nectarine [J]. Northern Horticulture, 2017, 10: 117-121
- [19] 彭永彬,李玉,徐鹏程,等.葡萄果实硬度及影响硬度的主要因素[J].浙江农业学报,2014,26(5):1227-1234
PENG Yongbin, LI Yu, XU Pengcheng, et al. Grape fruit firmness and the main influencing factors [J]. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 2014, 26(5): 1227-1234
- [20] Hong H, Lee Y I, Jin D. Determination of R-(+)-higenamine enantiomer in *Nelumbo nucifera* by high-performance liquid chromatography with a fluorescent chiral tagging reagent [J]. Microchemical Journal, 2010, 96(2): 374-379
- [21] 刘莹,曹森,马超,等.自发气调包装对采后“十月红”桃质构性能的影响[J].江苏农业科学,2019,47(13):230-234
LIU Ying, CAO Sen, MA Chao, et al. Effects of spontaneous air conditioning packaging on texture properties of postharvest "October red" peach [J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2019, 47(13): 230-234
- [22] 李奕星,李芬芳,陈娇,等.3种植物精油对采后红毛丹的保鲜作用[J].热带作物学报,2018,39(1):168-173
LI Yixing, LI Fenfang, CHEN Jiao, et al. Preservation effect of three essential oils on postharvest rambutan [J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2018, 39(1): 168-173

(下转第 15 页)