

茶多酚/壳聚糖/百里香精油复合涂膜对 圣女果保鲜效果的影响

刘畅, 周舟, 陈秋怡, 田梦奇, 张阳阳*

(信阳农林学院 食品科学与工程学院, 河南 信阳 464000)

摘要: **目的** 制备茶多酚 (Tea Polyphenols, TP)、壳聚糖 (Chitosan, CS) 和百里香精油 (Thyme Oil, TO) 复合涂膜, 探究其在圣女果保鲜中的应用效果。**方法** 通过单因素和正交试验, 探讨不同 TP、CS、TO 质量分数配比所制复合涂膜以及浸泡时间对于圣女果的保鲜作用, 得到复合涂膜最佳组合。通过测定感官及理化指标, 评价复合涂膜最佳组合对圣女果保鲜效果的影响。**结果** 得到复合涂膜最佳组合, 茶多酚的质量分数为 0.3%, 壳聚糖的质量分数为 0.75%, 百里香精油的质量分数为 0.6%, 浸泡时间为 5 min。与对照组相比, 按此条件处理的圣女果在贮藏结束时的质量损失率 (6.12%) 最低, 感官评分 (7.01)、可溶性固形物含量 (6.27%)、还原糖含量 (88.68 mg/g)、可滴定酸含量 (0.49%)、维生素 C 含量 (23.34 mg/100 g)、总黄酮含量 (4.42 mg/g) 均优于其他对照组。**结论** 该复合涂膜能有效维持圣女果在贮藏 12 d 内的品质, 对于圣女果有较好的保鲜效果。

关键词: 圣女果; 茶多酚; 壳聚糖; 百里香精油; 复合保鲜剂

中图分类号: TB484

文献标志码: A

文章编号: 1001-3563(2025)03-0104 -09

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2025.03.013

Effect of Tea Polyphenols/Chitosan/Thyme Oil Composite Coating on Preservation of Cherry Tomatoes

LIU Chang, ZHOU Zhou, CHEN Qiuyi, TIAN Mengqi, ZHANG Yangyang*

(College of Food Science and Engineering, Xinyang Agriculture and Forestry University, Henan Xinyang 464000, China)

ABSTRACT: The work aims to prepare tea polyphenols (TP), chitosan (CS) and thyme oil (TO) composite coating, and explore its application effect in the preservation of cherry tomatoes. The preservation effect of composite coatings prepared with different concentrations of TP, CS, and TO, as well as soaking time, on cherry tomatoes was investigated through single factor and orthogonal experiments to obtain the optimal combination of composite coatings. The effect of the optimal combination of composite coatings on the preservation of cherry tomatoes was evaluated by measuring sensory and physicochemical indicators. The optimal combination of the composite coating was: 0.3% concentration of tea polyphenol, 0.75% concentration of chitosan, 0.6% concentration of thyme essential oil and 5 minutes of soaking time. Compared with the control group, the weight loss rate (6.12%) of the cherry tomatoes treated under these conditions was the lowest at the end of storage. Sensory score (7.01), soluble solids content (6.27%), reducing sugar content (88.68 mg/g), titratable acid content (0.49%), vitamin C content (23.34 mg/100 g), and total flavonoid content (4.42 mg/g) were all superior to other control groups. The composite coating can effectively maintain the quality of cherry tomatoes during 12 days

收稿日期: 2024-11-15

基金项目: 河南省高等学校重点科研项目计划 (25B550020); 信阳农林学院校级青年基金 (QN2023030)

*通信作者

of storage and has a good preservation effect on cherry tomatoes.

KEY WORDS: cherry tomato; tea polyphenols; chitosan; thyme essential oil; compound preservative

圣女果(Cherry tomatoes)属于茄科番茄属植物,果实水分含量高、色泽诱人、营养价值丰富,其中维生素含量是普通番茄含量的 1.7 倍^[1-2]。圣女果在贮藏过程中,由于受到机械损伤、自身后熟和表面微生物侵染等影响,其果肉组织易遭到破坏,出现塌陷变软、营养物质流失等现象,进而发生腐败变质,极大地降低了食用价值和商业价值^[3]。

当前果蔬贮藏常用的保鲜方法包括辐射保鲜、气调贮藏、低温贮藏和涂膜保鲜等^[4]。其中,涂膜保鲜是将可食用涂膜材料通过浸泡、涂布等方法附着在果蔬表面的一种保鲜技术。涂膜保鲜方法可有效阻隔气体、水分及微生物对果蔬的影响,抑制果蔬的呼吸作用,减缓氧化过程,从而维持果蔬的品质及延长果蔬的贮藏保质期^[5]。近年来,对涂膜保鲜的研究主要集中在复合涂膜上,通过各组分之间的功能互补,以满足果蔬贮藏保鲜的不同需求。其中,多糖和植物源保鲜剂的复合可食用涂膜在果蔬保鲜中应用广泛。例如海藻酸钠/香橙精油复合涂膜^[6]、壳聚糖/百里香精油复合涂膜^[7]、苹果果胶/纳米纤维素/柠檬草精油复合涂膜^[8]等作用于果蔬,均能起到较好的贮藏保鲜效果。

壳聚糖(Chitosan, CS)作为一种无毒、可生物降解的多糖类生物聚合物,具有一定的抗氧化性和抗菌性,能起到良好的食品贮藏保鲜效果^[9]。茶多酚(Tea Polyphenols, TP)是茶叶中多酚类物质的总称,能抑制微生物的生长,并具有抗氧化等作用^[10]。百里香精油(Thyme Oil, TO)具有抑菌、防腐等特性,常作为天然保鲜剂应用于食品保鲜^[11]。当前,将 TP、CS 和 TO 作为复合涂膜用于圣女果保鲜贮藏的研究未见报道。为探究用于圣女果保鲜的复合涂膜,以质量损失率和感官评分为判断标准,改变 TP、CS、TO 质量分数及浸泡时间,通过正交试验明确复合涂膜对圣女果保鲜成效最佳的组合。依据质量损失率、可溶性固形物含量、还原糖含量等指标分析该复合涂膜对圣女果贮藏品质的影响,为圣女果采后保鲜技术的应用提供理论依据。

1 实验

1.1 材料与仪器

主要材料和试剂:圣女果,2024 年 4 月购自河南省信阳市大别山农贸市场,八至九成熟、大小一致,无机械损伤及病虫害;百里香精油(食品级),吉安市华硕香料油有限公司;甘油,湖南比克曼控股有限公司;冰乙酸,广州康本生物科技有限公司;吐温 80,上海德化食品添加剂有限公司;茶多酚,安

徽红星药业股份有限公司;壳聚糖,青岛弘海生物技术有限公司。试剂均为分析纯。

主要仪器和设备:BTH-D2 恒温恒湿培养箱,广东贝尔试验设备有限公司;A390 紫外-可见分光光度计,翱艺仪器(上海)有限公司;WSC-2B 便携式精密色差计,尚以科学仪器有限公司;WAY-2W 阿贝折射仪,山东盛泰仪器厂。

1.2 方法

1.2.1 复合涂膜液的制备

参考杨蕊等^[12]的制备方法,称取适量 CS 和质量分数为 0.75%的甘油,加入体积分数为 0.5%的冰乙酸水溶液搅拌均匀。将适量 TP 和 TO 加入 CS 溶液,最后加入质量分数为 0.5%的吐温 80 搅拌至混合完全,再用体积分数为 0.5%的冰乙酸定容至 1 000 mL,制成不同浓度的复合涂膜液。

1.2.2 单因素实验

以圣女果第 1 天和第 6 天的质量损失率和感官评分结果计算综合评分,分别评估不同质量分数的 TP(0.1%、0.15%、0.2%、0.25%、0.3%)、CS(0.5%、0.75%、1%、1.25%、1.5%)、TO(0.4%、0.5%、0.6%、0.7%、0.8%)和不同浸泡时间(1、2、3、4、5 min)对圣女果保鲜的影响。圣女果放入恒温恒湿箱,(25±1)℃贮藏,相对湿度为 70%。

1.2.3 正交试验

参考李林林等^[3]的实验方法,在单因素实验基础上,将不同质量分数的 TP、CS、TO 和浸泡时间作为考察因素,进行四因素三水平正交试验(表 1),以综合评分为判断标准,确定复合保鲜剂最佳构成。

表 1 正交因素水平
Tab.1 Orthogonal factor level

水平	TP 添加量 A/%	CS 添加量 B/%	TO 添加量 C/%	浸泡时间 D/min
1	0.2	0.5	0.4	3
2	0.25	0.75	0.5	4
3	0.3	1	0.6	5

1.2.4 感官品质评价

评价标准参考杨蕊^[12]等所用方法,由具有食品相关背景的专业人士组成 12 人评价小组,独立评分,最后结果取平均值,评判标准见表 2。

综合评分计算:使用第 1 天和第 6 天的质量损失率和感官评分结果进行计算,设感官评分和质量损失

表 2 圣女果感官品质评价标准
Tab.2 Evaluation standard for sensory quality of cherry tomatoes

指标权重	优 (8~10)	良 (5~7)	差 (2~4)	极差 (<2)
色泽 (0.2)	鲜亮有光泽	浅色较为光泽	浅色无光泽	暗淡无光泽
腐烂 (0.2)	无腐烂	少数烂斑、无明显腐烂	明显腐烂	腐烂严重
组织状态 (0.4)	饱满有硬度	较饱满, 较有硬度	皱缩, 微软	严重皱缩, 绵软
气味 (0.2)	果味浓郁	果味较淡	轻微异味	严重异味

率占比分别为 0.6、0.4, 见式 (1)。

$$\text{综合得分} = 100 - \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100 \times 0.4 - \frac{S_1 - S_2}{S_1} \times 100 \times 0.6 \quad (1)$$

式中: S_1 和 S_2 分别为第 1 天和第 6 天圣女果的感官评分; M_1 和 M_2 分别为第 1 天和第 6 天圣女果的质量。

1.2.5 质量损失率

质量损失率的计算见式 (2)。

$$\text{质量损失率} = \frac{m_0 - m}{m_0} \times 100\% \quad (2)$$

式中: m 为果实当天的质量; m_0 为果实贮藏前的质量。

1.2.6 贮藏期间品质分析

选用纯净水处理相同时间的空白组, 综合考虑经济成本因素, 增加了正交试验设计范围内最低浓度组 (TP: 0.2%; CS: 0.5%; TO: 0.4%; 浸泡时间: 5 min), 以及正交试验所得最优浓度组进行对比, 选择贮藏 0、3、6、9、12 d 进行指标检测。

1.2.6.1 色差的测定

试验参考翟硕莉等^[13]所用方法稍作修改, 使用便携式精密色差仪测定并记录新鲜圣女果的 L_0^* 、 a_0^* 、 b_0^* 和待测圣女果的 L^* 、 a^* 、 b^* , 计算圣女果色差值 ΔE , 见式 (3)。

$$\Delta E = \sqrt{(L_0^* - L^*)^2 - (a_0^* - a^*)^2 + (b_0^* - b^*)^2} \quad (3)$$

1.2.6.2 可溶性固形物含量的测定

参考刘敏等^[14]所用方法, 采用阿贝折射仪测定可溶性固体含量。

1.2.6.3 还原糖的测定

根据齐杰等^[15]所用方法, 测定还原糖的含量。

1.2.6.4 可滴定酸含量的测定

参考刘敏等^[14]所用方法, 采用酸碱滴定法测定可滴定酸含量。

1.2.6.5 维生素 C 含量的测定

参考张秀玲等^[16]所用方法, 使用 2,6-二氯酚靛酚滴定法测定维生素 C 含量。

1.2.6.6 总黄酮含量的测定

参照赵茹等^[17]所用方法, 测定总黄酮含量。

1.3 数据处理

采用 Excel 2019 软件对数据进行统计处理, 采用 SPSS 27 软件对数据进行显著性分析, 采用 Origin 2021 软件作图。

2 结果与分析

2.1 复合涂膜的优化

2.1.1 茶多酚对圣女果质量损失率和感官评分的影响

由表 3 可知, 用不同浓度 TP 处理圣女果, 在贮藏第 6 天, 随着 TP 浓度增加, 圣女果质量损失率呈先降后升的趋势, 感官评分呈先升后降的趋势。与空白组相比, TP 处理显著降低了圣女果的质量损失率并提高了圣女果的感官评分 ($P < 0.05$)。当茶多酚浓度过高时, 质量损失率呈上升趋势且感官评分下降。茶多酚的保鲜作用与浓度有关, 浓度过高时反而不利于果蔬的保鲜^[18]。综合评分随着 TP 浓度的增加呈现先升后降的趋势。当 TP 质量分数为 0.25% 时, 圣女果的综合评分最高, 为 86.96。根据单因素实验结果, 选择 TP 质量分数为 0.2%、0.25% 和 0.3% 进行正交试验。

表 3 TP 质量分数对圣女果质量损失率和感官评分的影响

Tab.3 Effect of tea polyphenol concentration on the weight loss rate and sensory evaluation of cherry tomatoes

TP/%	质量损失率/%	感官评分	综合评分
空白组	7.03±0.12 ^a	6.15±0.12 ^e	75.88±0.12 ^e
0.1	6.17±0.26 ^b	6.55±0.07 ^d	79.24±0.13 ^d
0.15	5.72±0.12 ^c	6.98±0.06 ^c	81.53±0.18 ^c
0.2	5.26±0.08 ^d	7.28±0.14 ^b	84.04±0.07 ^b
0.25	4.83±0.11 ^e	7.66±0.21 ^a	86.96±0.05 ^a
0.3	5.13±0.07 ^d	7.53±0.11 ^a	85.34±0.07 ^b

注: 同一列肩标不同小写字母表示组间差异显著 ($P < 0.05$)。

2.1.2 壳聚糖对圣女果质量损失率和感官评分的影响

由表 4 可知, 用不同浓度 CS 处理圣女果, 在贮藏第 6 天, 随着 CS 浓度增加, 圣女果质量损失率呈先降后升的趋势, 感官评分呈先升后降的趋势。与空

表 4 CS 质量分数对圣女果质量损失率和感官评分的影响
Tab.4 Effect of chitosan concentration on the weight loss rate and sensory evaluation of cherry tomatoes

CS/%	质量损失率/%	感官评分	综合评分
空白组	7.10±0.11 ^a	6.11±0.03 ^d	76.22±0.17 ^e
0.5	4.83±0.13 ^e	7.12±0.04 ^b	83.59±0.64 ^b
0.75	4.63±0.08 ^f	7.48±0.12 ^a	85.84±0.15 ^a
1	5.27±0.09 ^d	7.21±0.07 ^b	84.04±0.14 ^b
1.25	5.55±0.08 ^c	7.03±0.09 ^b	82.12±0.11 ^c
1.5	5.86±0.15 ^b	6.53±0.21 ^c	79.45±0.13 ^d

注: 同一列肩标不同小写字母表示组间差异显著 ($P<0.05$)。

白组相比, CS 处理显著降低了圣女果的质量损失率并提高了圣女果的感官评分 ($P<0.05$)。当 CS 浓度过高时, 可能会使果实表面成膜过厚, 堵塞果实表面气孔, 增强其呼吸代谢强度, 提高果实质量损失率^[19]。综合评分随 CS 浓度的增加呈现先升后降的趋势。当 CS 质量分数为 0.75% 时, 圣女果的综合评分最高, 为 85.84。根据单因素实验结果, 选择 TP 质量分数为 0.5%、0.75% 和 1% 进行正交试验。

2.1.3 百里香精油对圣女果质量损失率和感官评分的影响

由表 5 可知, 用不同浓度 TO 处理圣女果, 在贮藏的第 6 天, 随着 TO 浓度增加, 圣女果质量损失率呈现先降后升的趋势, 感官评分呈现先升后降的趋势。与空白组相比, TO 处理显著降低圣女果的质量损失率并提高圣女果的感官评分 ($P<0.05$)。当 TO 浓度过高时, 可能会破坏果实表皮细胞, 从而导致细菌侵入^[3], 进而提高果实的质量损失率。综合评分随着 TO 浓度的增加呈现先升后降的趋势。当 TO 质量分数为 0.6% 时, 圣女果的综合评分最高, 为 86.30。根据单因素实验结果, 选择 TO 质量分数为 0.4%、0.5% 和 0.6% 进行正交试验。

表 5 TO 质量分数对圣女果质量损失率和感官评分的影响
Tab.5 Effect of thyme essential oil concentration on the weight loss rate and sensory evaluation of cherry tomatoes

TO/%	质量损失率/%	感官评分	综合评分
空白组	6.82±0.11 ^a	6.05±0.07 ^e	76.05±0.26 ^c
0.4	5.43±0.14 ^c	7.36±0.12 ^b	84.23±0.36 ^c
0.5	5.15±0.20 ^d	7.43±0.06 ^b	84.86±0.24 ^b
0.6	4.97±0.06 ^e	7.55±0.13 ^a	86.30±0.08 ^a
0.7	5.55±0.08 ^c	7.38±0.18 ^b	84.12±0.12 ^c
0.8	6.61±0.07 ^b	7.10±0.12 ^c	82.63±0.35 ^d

注: 同一列肩标不同小写字母表示组间差异显著 ($P<0.05$)。

2.1.4 浸泡时间对圣女果质量损失率和感官评分的影响

由表 6 可知, 在贮藏第 6 天, 随着浸泡时间增加,

表 6 浸泡时间对圣女果质量损失率和感官评分的影响
Tab.6 Effect of soaking time on the weight loss rate and sensory evaluation of cherry tomatoes

浸泡时间/min	质量损失率/%	感官评分	综合评分
空白组	6.93±0.11 ^a	6.08±0.12 ^d	75.92±0.14 ^c
1	6.57±0.11 ^b	6.56±0.24 ^c	79.36±0.13 ^d
2	6.24±0.08 ^b	6.87±0.13 ^b	81.28±0.25 ^c
3	5.93±0.13 ^c	7.06±0.17 ^b	82.77±0.21 ^b
4	5.55±0.12 ^d	7.38±0.13 ^a	84.05±0.12 ^a
5	5.50±0.06 ^d	7.15±0.12 ^{ab}	83.36±0.12 ^b

注: 同一列肩标不同小写字母表示组间差异显著 ($P<0.05$)。

圣女果质量损失率逐渐降低并趋于平缓, 感官评分呈现先升后降的趋势, 说明浸泡时间的延长可促进果实表面复合薄膜的形成, 增强复合薄膜的阻水性, 从而降低其质量损失率。综合评分随着浸泡时间的增加呈现先升后降的趋势。当浸泡时间为 4 min 时, 圣女果的综合评分最高, 为 84.05。根据单因素实验结果, 选择浸泡时间为 3、4、5 min 进行正交试验。

2.1.5 正交试验

由表 7 可知, 通过分析处理得出各因素对于圣女果保鲜影响的主次顺序为 $A>B>D>C$, TP 添加量对综合评分影响最大, 其次是 TO 添加量、CS 添加量和浸泡时间。 $A_3B_2C_3D_3$ 为复合保鲜剂的最佳构成, 即茶多酚质量分数为 0.3%、壳聚糖质量分数为 0.75%、百里香精油质量分数为 0.6%、浸泡时间为 5 min, 该结果经测验得分 88.45, 高于正交试验其他组综合评分, 表明试验结论较为可靠。

表 7 正交试验设计与结果
Tab.7 Orthogonal experiment design and results

试验号	TP 添加量 A/%	CS 添加量 B/%	TO 添加量 C/%	浸泡时间 D/min	综合 评分
1	1	1	1	1	79.56
2	1	2	2	2	81.56
3	1	3	3	3	81.87
4	2	1	2	3	84.74
5	2	2	3	1	85.11
6	2	3	1	2	83.87
7	3	1	3	2	85.95
8	3	2	1	3	88.01
9	3	3	2	1	86.14
K_1	81.00	83.42	83.81	83.60	—
K_2	84.57	84.89	84.14	83.79	—
K_3	86.70	83.96	84.31	84.87	—
R	5.7	1.47	0.50	1.27	
主次因素	$A>B>D>C$				
最优组合	$A_3B_2C_3D_3$				

2.2 复合涂膜对圣女果保鲜效果的影响

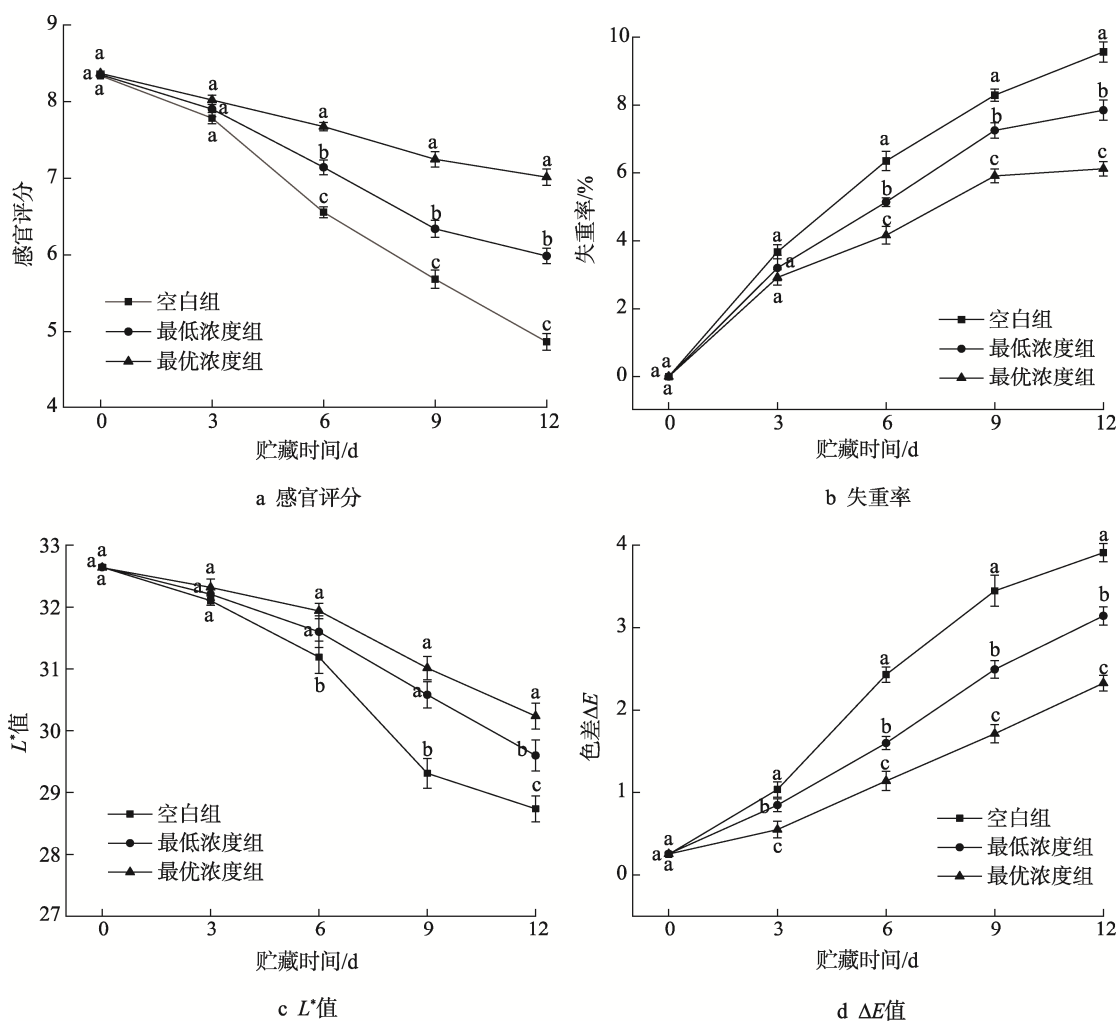
2.2.1 复合涂膜对圣女果外观品质的影响

感官评分是反映健康果实经济价值或商业上可接受度的重要指标。由图 1a 可知,随着贮藏时间的延长,各组的感官评分均出现不同程度的降低。在第 12 天,最优浓度组的感官评分为 7.01,最低浓度组为 5.98,分别比空白组高 2.14 分和 1.11 分,差异显著 ($P<0.05$)。最优浓度组圣女果实相对饱满,腐烂率低,这可能是因为复合涂膜压制了果实的呼吸作用,阻碍了微生物的生长,从而延缓圣女果的腐败变质^[20]。最优浓度组复合涂膜能维持圣女果的感官品质,延长圣女果货架期。

圣女果在贮藏过程中仍有强烈的呼吸和蒸腾作用,造成水分损失而出现萎蔫^[21]。由图 1b 可知,圣女果质量损失率随时间的延长而上升。在第 12 天,空白组果实质量损失率高达 9.57%,比最低浓度组处理高约 1.72%,比最优浓度组处理高约 3.45%,差异显著 ($P<0.05$)。这可能是因为复合涂膜有效阻断了氧

气和二氧化碳的交换,减缓了果实的呼吸作用^[22],并减少了水分的蒸腾。最优浓度组的复合涂膜能有效降低圣女果保鲜进程中的质量损失率,防止圣女果质量下降和营养物质的流失。

果实色泽是评价果实成熟程度的关键指标。 L^* 代表颜色明暗程度, L^* 越大则亮度越高。由图 1c 可知,在贮藏期内,3 组圣女果 L^* 都随着时间的延长而下降。在贮藏第 12 天,空白组、最低浓度组、最优浓度组的 L^* 分别为 28.73、29.6、30.23,与第 0 天相比分别降低约 3.71、2.8、2.21,差异显著 ($P<0.05$)。由图 1d 可知,在贮藏期内,所有处理组色差 ΔE 都随着时间的延长而逐渐升高。在第 12 天,空白组、最低浓度组和最优浓度组的 ΔE 分别为 3.91、3.14、2.33,差异显著 ($P<0.05$)。这可能是由于复合涂膜阻止了果实与外界氧气的接触,进而降低了变色酶的活性,抑制了果实腐败,从而延缓了果实色泽的变化^[23]。 L^* 和 ΔE 的变化都说明复合涂膜对圣女果保鲜有明显增效作用。



注: a、b、c 表示组间显著性差异 ($P<0.05$)

图 1 复合涂膜对圣女果外观品质的影响

Fig.1 Effect of composite coating on the appearance quality of cherry tomatoes

2.2.2 复合涂膜对圣女果可溶性固形物和还原糖含量的影响

可溶性固形物是衡量圣女果果实营养价值的主要指标之一。如图 2a 所示, 在贮藏保鲜期间, 复合涂膜处理样品的可溶性固形物含量均高于空白组。在第 12 天, 空白组、最低浓度组和最优浓度组可溶性固形物质量分数分别为 5.1%、5.65%、6.27%, 差异显著 ($P<0.05$)。这可能是由于复合涂膜降低了圣女果呼吸作用过程对酸和糖的消耗, 进而减缓了可溶性固形物的损失^[24]。在整个贮藏期内, 最优浓度组可溶性固形物含量均保持较高水平, 对圣女果的保鲜成效最佳。

圣女果采摘后的贮藏过程中, 果实中的有机酸、淀粉等组分不断降解, 体现为还原糖含量的降低。由图 2b 可知, 随着贮藏期的延长, 还原糖含量不断减少。在第 12 天, 空白组、最低浓度组和最高浓度组还原糖含量分别为 82.45、84.74、88.68 mg/g, 差异显著 ($P<0.05$)。这可能是由于复合涂膜阻隔了氧气, 从而降低了果实的呼吸强度和还原糖的代谢速率。由此可见, 最优浓度组还原糖含量在贮藏期间保持在较高水平, 对圣女果有较好的保鲜作用。

2.2.3 复合涂膜对圣女果可滴定酸含量的影响

果蔬在贮藏过程中, 可滴定酸的消耗会加速微生物的生长和营养的损失。由图 3 可知, 在贮藏期内, 各组样品的可滴定酸含量随着时间的变化而逐渐降低。在贮藏第 12 天, 空白组、最低浓度组和最优浓度组的可滴定酸质量分数分别为 0.34%、0.42%、0.50%, 差异显著 ($P<0.05$)。这可能是由于在贮藏期内, 可滴定酸被果实当作呼吸底物消耗, 或转化成糖, 而最优组复合涂膜有效隔绝了氧气, 降低了果实的代谢速率, 从而减缓了可滴定酸的消耗。

2.2.4 复合涂膜对圣女果 Vc 和总黄酮含量的影响

维生素 C (Vc) 是果蔬体内一种抗氧化剂, 可清除果蔬中的活性氧, 保持细胞膜的完整性。由图 4a 可知, 3 组样品的 Vc 含量都随着时间的变化而逐渐下降。在贮藏第 12 天, 最优浓度组 Vc 含量最高, 为 23.34 mg/100 g, 是空白组的 1.13 倍。这可能是由于复合涂膜可抑制酶和微生物的活性, 减缓了果实氧化衰老的速度, 从而有效延缓了贮藏期内圣女果 Vc 含量的降低, 保护了果实。

黄酮广泛存在于自然界的果蔬中, 具有清除自由基、抗氧化的作用。由图 4b 可知, 3 组样品的总黄酮含量都随着时间的变化而逐渐下降。在第 12 天, 空白组、最低浓度组和最优浓度组总黄酮含量分别为 4.43、3.09、2.20 mg/g, 3 组样品的总黄酮含量差异明显 ($P<0.05$), 可知最优浓度组复合涂膜处理可有效延缓圣女果总黄酮含量的下降。

3 讨论

圣女果作为一种受欢迎的小型番茄品种, 其保鲜问题一直受到人们广泛的关注。目前植物源可食用涂膜是果蔬保鲜领域的研究热点, 该类涂膜不仅具有果蔬保鲜功能, 还具有安全无毒、绿色环保等优点。研究表明, 将植物精油与基质材料相结合形成复合涂膜, 能有效延缓果蔬的成熟进程, 保持其品质并延长货架期。TP 可提高复合涂膜的成膜性和韧性并减少水分的散失^[25]。CS 是一种良好的成膜基质, 可在果实表面形成分子薄膜, 隔绝空气, 减少果实的水分散失并抑制细菌生长^[26]。TO 主要成分包括百里香酚和香芹酚, 具有一定的抑菌及抗氧化效果, 能延缓果蔬营养成分的损失^[27]。本研究表明, TP/CS/TO 复合涂膜处理可有效提高圣女果在贮藏期间的商品率, 延缓果实质量损失率和感官评分的下降, 减少其营养成分的损失, 保持果实的贮藏品质。

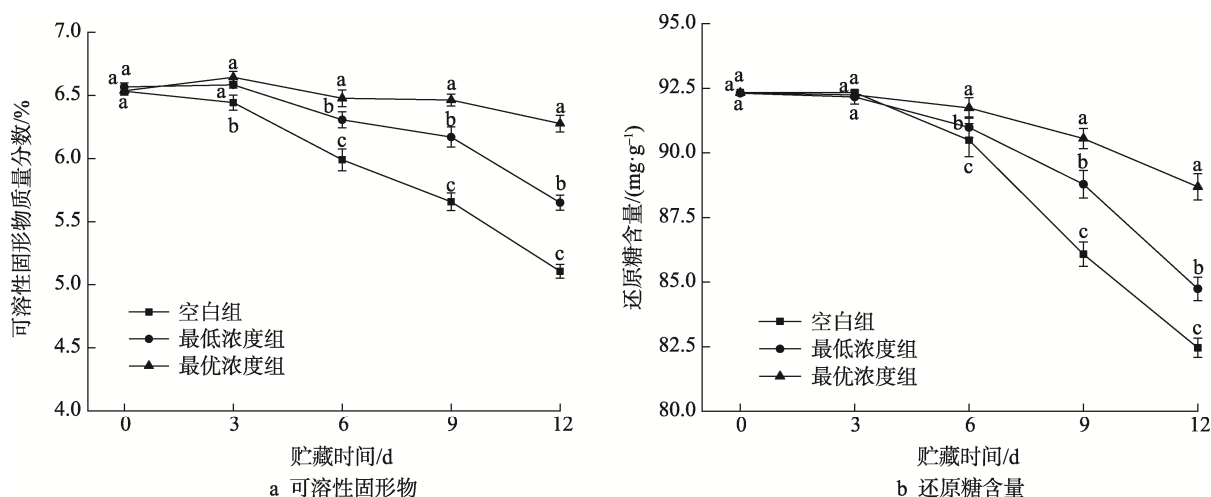


图 2 复合涂膜对圣女果 (a) 可溶性固形物和 (b) 还原糖含量的影响

Fig.2 Effect of composite coating on the soluble solids (a) and reducing sugars (b) in cherry tomatoes

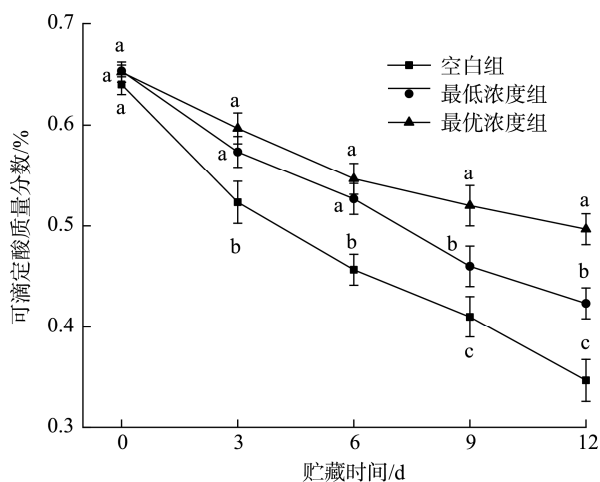


图3 复合涂膜对圣女果可滴定酸含量的影响
Fig.3 Effect of composite coating on titratable acid content of cherry tomatoes

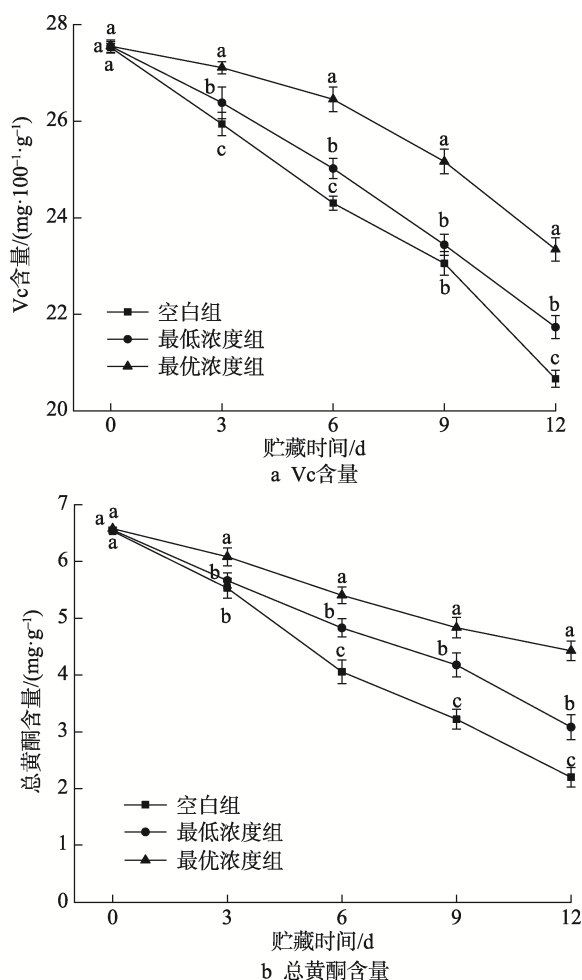


图4 复合涂膜对圣女果 (a) Vc 和 (b) 总黄酮含量的影响
Fig.4 Effect of composite coating on vitamin C (a) and total flavonoids (b) in cherry tomatoes

4 结语

为探究 TP、CS 和 TO 复合涂膜对圣女果的保鲜

成效,采用单因素和正交试验探讨了不同 TP、CS、TO 质量分数配比及浸泡时间对圣女果保鲜效果的影响,得到了复合涂膜最佳组合。研究发现,最优复合涂膜处理可降低圣女果的质量损失率,减缓感官评分的下降速率,延缓可滴定酸、还原糖、可溶性固形物、Vc 等消耗,从而保持圣女果的感官品质,延长其货架期。综上可知,TP/CS/TO 复合涂膜作为一种天然保鲜涂膜,具有一定的保鲜效果,可为圣女果高效保鲜技术的开发应用提供理论依据。

参考文献:

- [1] 舒祖菊,周斐,高宝善,等. PE 膜协同茶多酚对圣女果品质的影响[J]. 塑料, 2022, 51(5): 121-125.
SHU Z J, ZHOU F, GAO B S, et al. Synergistic Effect of PE Film and Tea Polyphenols on the Quality of Cherry Tomatoes[J]. Plastics, 2022, 51(5): 121-125.
- [2] 王晓晶. 茶多酚保鲜液对圣女果保鲜效果的研究[J]. 中国食品添加剂, 2023, 34(3): 188-195.
WANG X J. Preservation Effect of Tea Polyphenols on Cherry Tomatoes[J]. China Food Additives, 2023, 34(3): 188-195.
- [3] 李林林,孙建明,刘辉,等. 基于艾叶-丁香精油复配的番茄保鲜包装效果研究[J]. 包装学报, 2023, 15(6): 24-33.
LI L L, SUN J M, LIU H, et al. Study on the Effect of Tomato Preservation Packaging Based on Compounding of Mugwort-Clove Essential Oils[J]. Packaging Journal, 2023, 15(6): 24-33.
- [4] 江爱莲,张连钢,李素岳,等. 不同可食涂膜处理对圣女果保鲜效果的影响[J]. 北方园艺, 2023(9): 83-88.
JIANG A L, ZHANG L G, LI S Y, et al. Effects of Different Edible Coating Treatments on Fresh-Keeping Effect of Cherry Tomatoes[J]. Northern Horticulture, 2023(9): 83-88.
- [5] 姚依妮,孙建明,李昭,等. 可食性涂膜在番茄贮藏保鲜中的研究进展[J]. 包装与食品机械, 2021, 39(5): 55-61.
YAO Y N, SUN J M, LI Z, et al. Progress in Research of Edible Coating in the Storage and Preservation of Tomato[J]. Packaging and Food Machinery, 2021, 39(5): 55-61.
- [6] DAS S, VISHAKHA K, BANERJEE S, et al. Sodium Alginate-Based Edible Coating Containing Nanoemulsion of Citrus Sinensis Essential Oil Eradicates Planktonic and Sessile Cells of Food-Borne Pathogens and Increased Quality Attributes of Tomatoes[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2020, 162: 1770-1779.

- [7] AGHAYAN N S, SEYFI J, ASADOLLAHZADEH M J, et al. Developing Multicomponent Edible Films Based on Chitosan, Hybrid of Essential Oils, and Nanofibers: Study on Physicochemical and Antibacterial Properties[J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2020, 164: 4065-4072.
- [8] SOUZA VIEIRA DA SILVA I, SOARES PRADO N, GONTIJO DE MELO P, et al. Edible Coatings Based on Apple Pectin, Cellulose Nanocrystals, and Essential Oil of Lemongrass: Improving the Quality and Shelf Life of Strawberries (*Fragaria Ananassa*)[J]. *Journal of Renewable Materials*, 2019, 7(1): 73-87.
- [9] GUO Y J, CHEN X H, YANG F J, et al. Preparation and Characterization of Chitosan-Based Ternary Blend Edible Films with Efficient Antimicrobial Activities for Food Packaging Applications[J]. *Journal of Food Science*, 2019, 84(6): 1411-1419.
- [10] 朱旋, 田芸, 孙海燕, 等. 茶多酚结合超高压处理对鲜切天麻贮藏品质的影响[J]. *北方园艺*, 2024(20): 83-90.
ZHU X, TIAN Y, SUN H Y, et al. Effects of Tea Polyphenols Combined with High Hydrostatic Pressure on Storage Quality of Fresh-Cut *Gastrodia Elata*[J]. *Northern Horticulture*, 2024(20): 83-90.
- [11] 周应欢, 石萍萍, 宋玉珏, 等. 百里香精油对芒果保鲜效果研究[J]. *农产品加工*, 2023(14): 15-18.
ZHOU Y H, SHI P P, SONG Y J, et al. Study on Preservation Effect of Thyme Essential Oil on Mango[J]. *Farm Products Processing*, 2023(14): 15-18.
- [12] 杨蕊, 周嘉文, 沈海阳, 等. 丁香精油-壳聚糖复合保鲜剂的青椒保鲜工艺优化[J]. *宜宾学院学报*, 2023, 23(12): 102-108.
YANG R, ZHOU J W, SHEN H Y, et al. Optimization for Green Pepper Preservation Process of Clove Essential Oil-Chitosan Compound Preservative[J]. *Journal of Yibin University*, 2023, 23(12): 102-108.
- [13] 翟硕莉, 孟雪梅, 王岩. 茶多酚和肉桂精油复合处理对克瑞森葡萄贮藏期品质的影响[J]. *农业与技术*, 2023, 43(10): 20-23.
ZHAI S L, MENG X M, WANG Y. Effect of Compound Treatment of Tea Polyphenols and Cinnamon Essential Oil on the Quality of Crisson Grape during Storage[J]. *Agriculture and Technology*, 2023, 43(10): 20-23.
- [14] 刘敏, 张岚, 王丹, 等. 壳聚糖/藜麦蛋白/柑橘精油复合膜对圣女果保鲜效果的影响[J]. *中国食品添加剂*, 2023, 34(8): 230-237.
LIU M, ZHANG L, WANG D, et al. Effects of Chitosan/Quinoa Protein/Citrus Essential Oil Composite Film on the Preservation of Cherry Tomatoes[J]. *China Food Additives*, 2023, 34(8): 230-237.
- [15] 齐杰, 陈凯灵, 孙若楠, 等. 壳聚糖-海藻酸钠/纤维素纳米晶多层包装对鲜切雪梨保鲜效果及呼吸代谢的影响[J]. *食品科技*, 2023, 48(9): 44-51.
QI J, CHEN K L, SUN R N, et al. Effects of Chitosan-Sodium Alginate/Cellulose Nanocrystal Multilayer Packaging on Preservation and Respiration Metabolism of Fresh-Cut *Pyrus Nivalis*[J]. *Food Science and Technology*, 2023, 48(9): 44-51.
- [16] 张秀玲, 张雪婷, 王峥鉴. 羧甲基纤维素复合涂膜对油豆角保鲜效果的影响[J]. *东北农业大学学报*, 2019, 50(8): 50-56.
ZHANG X L, ZHANG X T, WANG Z J. Effect of Carboxymethyl Cellulose Composite Coating Film on Preservation of Snap Bean[J]. *Journal of Northeast Agricultural University*, 2019, 50(8): 50-56.
- [17] 赵茹, 康明丽, 张琴, 等. 不同保鲜处理对青皮核桃贮藏品质的影响[J]. *食品工业科技*, 2024, 45(18): 273-281.
ZHAO R, KANG M L, ZHANG Q, et al. Effects of Different Preservation Treatments on Storage Quality of Green Walnut[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2024, 45(18): 273-281.
- [18] 郑丽静, 岳焕芳, 赵立群, 等. 茶多酚在鲜切脆山药块加工中的应用效果[J]. *中国瓜菜*, 2024, 37(10): 156-162.
ZHENG L J, YUE H F, ZHAO L Q, et al. Effects of Tea Polyphenols on the Processing of Fresh-Cut Crisp Yam Cubes[J]. *China Cucurbits and Vegetables*, 2024, 37(10): 156-162.
- [19] 范春丽, 刘晓娟, 曲金柱. 壳聚糖涂膜处理对山楂贮藏保鲜效果的影响[J]. *贵州农业科学*, 2021, 49(6): 108-112.
FAN C L, LIU X J, QU J Z. Effect of Chitosan Coating Treatment on Preservation of Hawthorn[J]. *Guizhou Agricultural Sciences*, 2021, 49(6): 108-112.
- [20] 李金金, 李春媛, 谷佰宇, 等. 微环境气调保鲜箱对葡萄采后贮藏品质的影响[J]. *食品科技*, 2023, 48(4): 47-54.
LI J J, LI C Y, GU B Y, et al. Effects of Micro-Environmental Modified Atmosphere Preservation Box on Postharvest Storage Quality of Grape[J]. *Food Science and Technology*, 2023, 48(4): 47-54.
- [21] 李昌宝, 辛明, 孙宇, 等. 组合保鲜技术对圣女果保鲜效果的影响[J]. *食品研究与开发*, 2020, 41(3): 123-129.
LI C B, XIN M, SUN Y, et al. Effects of Combined

- Fresh-Keeping Technology on the Quality of Cherry Tomato Preservation[J]. Food Research and Development, 2020, 41(3): 123-129.
- [22] 刘端武, 廖海周, 杨敏, 等. 聚乙烯醇-果胶-乳清蛋白复合膜性能及其在圣女果保鲜中的应用[J/OL]. 食品与发酵工业, 1-13. (2024-08-14)[2024-12-30]. <https://doi.org/10.13995/j.cnki.11-1802/ts.040139>.
- LIU D W, LIAO H Z, YANG M, et al. Properties of Polyvinyl Alcohol-Pectin-Whey Protein Composite Films and Their Application in Cherry Tomato Preservation [J]. Food and Fermentation Industries, 1-13. (2024-08-14) [2024-12-30]. <https://doi.org/10.13995/j.cnki.11-1802/ts.040139>.
- [23] 杨娜, 魏齐敏, 杨卫灵, 等. 碳量子点—壳聚糖涂膜对鲜切香菇的保鲜效果[J]. 食品与机械, 2023, 39(3): 136-141.
- YANG N, WEI Q M, YANG W L, et al. Effects of Carbon Quantum Dot-Chitosan Coating on Preservation of Fresh-Cut Shiitake Mushroom[J]. Food & Machinery, 2023, 39(3): 136-141.
- [24] 李结瑶, 罗文翰, 翟万京, 等. 全降解 PLA/PBAT/ESO 保鲜膜在草莓保鲜中的应用研究[J]. 包装工程, 2023, 44(5): 90-97.
- LI J Y, LUO W H, ZHAI W J, et al. Application of Fully Biodegradable PLA/PBAT/ESO Films in Strawberry Preservation[J]. Packaging Engineering, 2023, 44(5): 90-97.
- [25] 刘金玉, 刘晓强, 盛学文. 茶多酚-壳聚糖复合涂膜结合微冻对蕨菜保鲜效果的研究[J]. 食品科技, 2023, 48(12): 41-47.
- LIU J Y, LIU X Q, SHENG X W. The Preservation Effect of Tea Polyphenol Chitosan Composite Coating Combined with Partial Freezing on Pteridium Aquilinum Var. Latiusculum[J]. Food Science and Technology, 2023, 48(12): 41-47.
- [26] 陈巍, 龚彦菁, 陈露, 等. 壳聚糖和植物乳杆菌 CM-3 复合涂膜剂在草莓保鲜中的应用研究[J]. 中国食品添加剂, 2024, 35(10): 29-35.
- CHEN W, GONG Y J, CHEN L, et al. Application of Chitosan and Lactobacillus Plantarum CM-3 Composite Coating Agent in Fresh-Keeping of Strawberries[J]. China Food Additives, 2024, 35(10): 29-35.
- [27] 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 Y Z, HAO X X, MENG J, 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.