

ϵ -聚赖氨酸盐酸盐/壳聚糖复合涂膜对樱桃的保鲜效果

樊敏^{1,2,3}, 唐紫薇¹, 李立¹

(1.上海海洋大学 食品学院, 上海 201306; 2.上海水产品加工及贮藏工程技术研究中心, 上海 201306;
3. 食品科学与工程国家级实验教学示范中心(上海海洋大学), 上海 201306)

摘要: **目的** 研究 ϵ -聚赖氨酸盐酸盐/壳聚糖复合涂膜对樱桃的保鲜效果。**方法** 以“美早”樱桃为保鲜对象, 采用壳聚糖涂膜、 ϵ -聚赖氨酸盐酸盐/壳聚糖复合涂膜保鲜樱桃, 以未涂膜处理的樱桃为空白对照, 并用一次性打孔水果包装盒包装樱桃, 研究冷藏贮藏期间不同处理组樱桃的主要品质指标随贮藏时间的变化情况。**结果** ϵ -聚赖氨酸盐酸盐/壳聚糖复合涂膜在降低樱桃质量损失率、凹陷率、腐烂率等方面表现更佳; 在贮藏6 d后, ϵ -聚赖氨酸盐酸盐/壳聚糖复合涂膜处理组樱桃的可滴定酸质量分数为0.52%, Vc含量为59.5 mg/kg, 与未涂膜的空白组樱桃相比, 可以在一定程度上减缓樱桃中可滴定酸和Vc含量的降低; ϵ -聚赖氨酸盐酸盐/壳聚糖复合涂膜能够更好地改善贮藏期间樱桃的硬度和色泽。**结论** ϵ -聚赖氨酸盐酸盐可以与壳聚糖协同作用, 对樱桃发挥更好的保鲜作用。

关键词: 樱桃; 涂膜保鲜; ϵ -聚赖氨酸盐酸盐; 壳聚糖

中图分类号: TS206 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2020)09-0029-07

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2020.09.005

Effects of ϵ -polylysine Hydrochloride/Chitosan Composite Film on Cherry Preservation

FAN Min^{1,2,3}, TANG Zi-wei¹, LI Li¹

(1.School of Food Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;
2.Shanghai Engineering Research Center of Aquatic-Product Processing & Preservation, Shanghai 201306, China;
3.National Experimental Teaching Demonstration Center for Food Science and Engineering (Shanghai Ocean University), Shanghai 201306, China)

ABSTRACT: The work aims to study the effects of ϵ -polylysine hydrochloride/chitosan composite film on the preservation of cherries. The cherries were coated with chitosan film and ϵ -polylysine hydrochloride/chitosan composite film for preservation, respectively, and the uncoated cherries were used as blank control group. Then, the cherries were packaged in disposable perforated fruit box. The changes in main quality factors of the cherries in different groups were studied during cold storage. ϵ -polylysine hydrochloride/chitosan composite film showed the best effects in reducing the weight loss rate, sag rate and rot rate of cherries. After 6 days of storage, the content of titratable acid of the cherry treated with ϵ -polylysine hydrochloride/chitosan composite film was 0.52%, and the Vc content was 59.5 mg/kg. Compared with the uncoated cherries, the decrease of titratable acid and Vc content in coated cherries was slowed down. ϵ -polylysine hydrochloride/chitosan composite film could also improve cherry hardness and color during storage. ϵ -polylysine hydrochloride can work with chitosan to play a better role in keeping the quality of cherries.

KEY WORDS: cherry; film preservation; ϵ -polylysine hydrochloride; chitosan

樱桃含有丰富的维生素和其它营养物质,口味酸甜,深受消费者的喜爱^[1]。由于樱桃的产地比较集中,往往需要经过长途物流方能到达消费者手里。由于樱桃果皮较薄、质地柔软、汁水丰富,在流通和销售中容易受到呼吸、继续成熟和微生物等的影响,容易发生腐败变质,因此需要对采摘后的樱桃进行保鲜处理^[2-3]。

国内采用的樱桃保鲜技术主要有药剂处理、低温冷藏、气调贮藏以及减压贮藏等^[4]。药剂处理主要运用在樱桃采摘之前,通过应用在樱桃现蕾期、幼果期,即在采果前对樱桃喷洒药剂,以达到保鲜效果。低温冷藏法通过控制温度和降温速度对樱桃进行保鲜,在 $-1\sim 1^{\circ}\text{C}$ 下樱桃的贮藏期可以延长至40 d。气调贮藏保鲜技术是将二氧化碳和氧气按一定比例混合充入樱桃包装内,再调节湿度对樱桃进行保鲜。减压贮藏保鲜技术通过减少樱桃包装内的压力,使樱桃的色泽、果梗保持原有的状态,并降低其腐烂率,保持其原有的硬度和风味,从而减少营养的损失。

除了上述保鲜技术外,涂膜保鲜技术也不失为一种选择。涂膜保鲜技术是在果实表面涂一层膜来保鲜果实的方法,该膜由天然糖类、脂类等高分子物质制备^[5]。果实外面的这层膜可以防止有害物质对果实产生危害,从而延长果实的保质期。涂膜保鲜处理技术具有成本较低、操作便捷、对果实危害较小,因而引起了广泛的研究兴趣,目前开始应用于樱桃保鲜。

壳聚糖作为FDA和国内批准的食品添加剂^[6-7],来源丰富,具有良好的降解性、生物相容性、抑菌性和成膜性^[8-13],可以轻易地附着在果蔬表面,提高果蔬的抗菌能力,且对被涂膜对象伤害微小。作为具有抑菌性的生物膜,壳聚糖被研究者广泛用于各种蔬果和肉类等的保鲜研究^[14-16]。TREVIÑO-GARZA等^[14]将壳聚糖和直链淀粉充分混合后用于鲜切菠萝的涂膜保鲜。陈镬等^[15]采用壳聚糖-纳米氧化锌复合涂膜对采后甜樱桃进行处理,研究了甜樱桃在贮藏期间的品质变化。李锦利^[16]也研究了壳聚糖与1-MCP处理对大樱桃贮藏品质的影响。上述研究结果均表明壳聚糖涂膜,尤其是壳聚糖与一些功能成分复合涂膜,可以有效改善保鲜对象在贮藏期间的品质变化,延长保鲜对象的保鲜期。还有一些研究者利用改性壳聚糖对樱桃进行保鲜效果的研究。如羧甲基壳聚糖^[17]、巯基化壳聚糖及它们的金属离子配合物^[18]等。

ϵ -聚赖氨酸是一种国家认可的食品添加剂,具有良好的抑菌性、抗菌性和安全性,在食品保鲜上应用广泛^[19-22]。 ϵ -聚赖氨酸与多糖的交联可以提升水凝胶的吸水性,再加上 ϵ -聚赖氨酸具有良好的生物可降解性,广泛应用在果蔬涂膜保鲜中。

叶青青等^[6]将壳聚糖和赖氨酸进行不同比例的混合,制作成复合膜,探究其对柑橘的保鲜效果,结

果表明,赖氨酸质量分数为1%的壳聚糖/聚赖氨酸溶液对柑橘的保鲜效果最好。

壳聚糖作为天然抑菌剂,对金黄葡萄球菌、大肠杆菌、鼠伤寒沙门氏菌和李斯特单核增生菌均有较强的抑制作用,对酵母菌的抑制作用稍弱。 ϵ -聚赖氨酸盐酸盐不仅对大肠杆菌、沙门氏菌的生长有明显抑制效果,还对革兰氏阳性的微球菌、保加利亚乳杆菌、热链球菌等具有抑制作用。除此之外, ϵ -聚赖氨酸盐酸盐对耐热脂肪芽孢杆菌、凝结芽孢杆菌、枯草芽孢杆菌、产气节杆菌和酵母菌种也有明显的抑制作用。将这2种抑菌剂配合使用,有望扩大复合涂膜的抑菌谱,获得更好的保鲜效果。

结合以上背景,文中研究以美早樱桃为研究对象,用 ϵ -聚赖氨酸盐酸盐/壳聚糖复合涂膜对樱桃进行保鲜处理,与不涂膜的樱桃和仅用壳聚糖涂膜的樱桃进行对比,研究 ϵ -聚赖氨酸盐酸盐/壳聚糖复合涂膜对樱桃涂膜保鲜效果的影响,探讨将 ϵ -聚赖氨酸加入壳聚糖后对樱桃保鲜的现实意义。

1 实验

1.1 原料

1) 美早樱桃,购自山东烟台九乔岭农产品有限公司。挑选新鲜饱满、大小一致、成熟度一致的樱桃,将其置于温度为 $(4\pm 0.5)^{\circ}\text{C}$ 冰箱中预冷24 h,挑选无机械损伤、无病虫害的美早樱桃作为实验原料。

2) 壳聚糖(粘均分子量为 5.2×10^5 u,脱乙酰度为89.2%),购于浙江金壳药业股份有限公司;

3) ϵ -聚赖氨酸盐酸盐,购于浙江新银象生物工程有限公司。

4) 2,6-二氯酚酞酚钠盐,购自上海伊卡生物技术有限公司。

5) 氢氧化钠(AR)、酚酞(AR)、乙醇(99%)、二水合草酸(AR)、抗坏血酸(AR)、冰醋酸(AR),购于国药集团化学试剂有限公司。

6) 一次性打孔水果包装盒。材质为聚酯,尺寸(长 $\times$ 宽 $\times$ 高)为 $135\text{ mm}\times 115\text{ mm}\times 60\text{ mm}$ 。

1.2 方法

1.2.1 涂膜液的制备

1) 壳聚糖涂膜液的制备。精确称取40.0 g壳聚糖,溶于2 L体积分数为2%的醋酸水溶液中,充分搅拌至完全溶解,静置脱泡,静置过夜后待用。

2) ϵ -聚赖氨酸盐酸盐/壳聚糖涂膜液的制备。精确称取40.0 g壳聚糖和40.0 g赖氨酸,溶于2 L体积分数为2%的醋酸水溶液中,充分搅拌至完全溶解,静置脱泡,静置过夜后待用。

1.2.2 樱桃保鲜方法

挑选外形相似、大小相近、成熟度一致、外表无腐烂或伤痕的樱桃，按照预定方案随机分为 3 个处理组：ε-聚赖氨酸盐酸盐/壳聚糖涂膜处理组、壳聚糖涂膜处理组、空白对照组。

将樱桃放入 20 mg/L 的二氧化氯水溶液中浸泡 3 min 后取出，空白对照组的樱桃直接风干后包装。ε-聚赖氨酸盐酸盐/壳聚糖涂膜处理组和壳聚糖涂膜处理组的樱桃分别浸入相应预先配置好的涂膜液中，浸泡 30 s，取出风干。风干后，将每个处理组的樱桃分别进行随机分装装盒，每盒质量为(200±1)g。为了模拟实际运输和销售包装，采用一次性打孔水果包装盒对樱桃样品进行包装，贮藏于(4±0.5)℃冰箱中，每隔 1 d 测定樱桃的鲜度指标。

1.3 测定指标与方法

1.3.1 樱桃外观指标测试

樱桃的外观指标包括掉柄率、凹陷率、腐烂率和颜色变化值。掉柄率采用直接观察法，记录掉柄樱桃数占总数的百分比。凹陷率和腐烂率采用估算法，统计每组樱桃样品表面发生的凹陷或腐烂的总面积占整个樱桃表面积的百分比，记录数据，并取平均值。使用色差测试仪（柯尼卡 CM-700d）测定樱桃的表皮颜色，获得 *L* 值（表示亮度）、*a* 值（表示红绿方向颜色变化）、*b* 值（表示黄蓝方向变化），记录数据并取平均值，计算色差 $L^* = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$ 。

1.3.2 樱桃内质指标测试

樱桃的内质指标主要包括质量损失率、硬度、甜度、可滴定酸、抗坏血酸含量等。

1) 质量损失率。用电子天平（杭州万特衡器有限公司）定期对樱桃果实进行称量，根据式（1）计算质量损失率。

质量损失率=[(果实原始质量-实时测定果实质量)/果实原始质量]×100% (1)

2) 硬度。樱桃的硬度利用果实硬度计（GY-4）进行测试，每组样品随机选取 10 个樱桃，每个樱桃在果实直径较大处测定 3 次，测定记录数据，并取其平均值。

3) 可溶性固形物含量。采用便携式折射计（Atogo，日本东京）测定 50 g 果肉榨汁后的可溶性固形物含量，每组平行做 3 次实验。

4) 可滴定酸的测定。可滴定酸含量参照 GB/T 12456—2008《食品中总酸的测定》。

5) Vc 含量测定。选择 2,6-二氯酚靛酚滴定法测定樱桃中抗坏血酸的含量。

1.4 数据分析

采用 Origin 9.0 进行数据处理，并绘制图表，使

用 SPSS Statistics 24 进行显著性差异分析，*P*<0.05 表示差异显著。

2 结果与讨论

2.1 ε-聚赖氨酸盐酸盐/壳聚糖复合涂膜对樱桃质量损失率的影响

新鲜樱桃采后贮藏过程中，会由于蒸腾和呼吸作用发生质量的流失。表 1 记录了经过 ε-聚赖氨酸盐酸盐/壳聚糖复合涂膜的樱桃、壳聚糖涂膜的樱桃和空白对照组的樱桃在贮藏过程中质量的变化情况。

表 1 樱桃样品在贮藏过程中的质量损失
Tab.1 Weight loss of cherries during storage

样品	质量损失率/%			
	贮藏前	贮藏 2 d	贮藏 4 d	贮藏 6 d
蒸馏水	0	2.75±0.07	4.71±0.21	7.52±0.16
壳聚糖	0	2.12±0.11	3.32±0.08	4.65±0.17
ε-聚赖氨酸盐 酸盐/壳聚糖	0	1.71±0.09	2.37±0.13	3.48±0.11

注：以上数据为 3 组平行试验的平均值，3 组样品的数据间有显著性差异（*P*<0.05）

樱桃果实会随着水分的流失影响樱桃多汁的口感，所以降低质量损失率是樱桃保鲜非常重要的一项工作。从表 1 可以看出，在贮藏的过程中，3 组樱桃样品的质量均有所下降。空白对照组的樱桃在贮藏过程中的质量损失率较高，表现出明显的质量损失。ε-聚赖氨酸盐酸盐/壳聚糖复合涂膜处理的樱桃与壳聚糖涂膜处理的樱桃相比，质量损失率相差不大，明显低于未经涂膜处理的空白对照组，即 ε-聚赖氨酸盐酸盐/壳聚糖复合涂膜处理对樱桃的水分流失具有一定的延缓作用。

2.2 ε-聚赖氨酸盐酸盐/壳聚糖复合涂膜对樱桃外观指标的影响

经过 ε-聚赖氨酸盐酸盐/壳聚糖复合涂膜的樱桃、壳聚糖涂膜处理的樱桃和空白对照组的樱桃在贮藏过程中的外观指标的变化见表 2，外观指标包括褐变率、凹陷率和腐烂率。

表 2 贮藏 6 d 樱桃外观质量的变化情况
Tab.2 Changes in the appearance quality of cherries after 6 days of storage

样品	褐变率/%	凹陷率/%	腐烂率/%
蒸馏水	10.33±0.22	4.67±0.1	5.38±0.14
壳聚糖	4±0.15	2.07±0.11	4.2±0.2
聚赖氨酸/ 壳聚糖	1±0.17	1±0.09	2.05±0.19

消费者在挑选樱桃的时候首先从外观上进行选择,外观指标直接影响樱桃的销量,所以对樱桃外观指标的保护是樱桃保鲜非常重要的一部分。

经过6 d的冷藏,3种不同处理的樱桃样品均未发生掉柄现象,这可能是由于贮藏时间较短的缘故。从表2可以看出,随着贮藏时间的延长,3种不同处理的樱桃样品均发生了不同程度的凹陷、褐变和局部腐烂。与单纯壳聚糖涂膜和未涂膜的樱桃样品相比, ϵ -聚赖氨酸盐酸盐/壳聚糖复合涂膜处理能够显著改善樱桃的凹陷现象,部分樱桃没有发生凹陷现象。在腐烂率方面, ϵ -聚赖氨酸盐酸盐/壳聚糖复合涂膜的樱桃样品表现出与凹陷率相同的趋势。从实验结果可以看出,用 ϵ -聚赖氨酸盐酸盐/壳聚糖复合涂膜的樱桃的凹陷率、褐变率、腐烂率均为最低,表现出明显的保鲜效果,即 ϵ -聚赖氨酸盐酸盐可以与壳聚糖一起协同作用,对樱桃发挥更好的保鲜作用。

2.3 ϵ -聚赖氨酸盐酸盐/壳聚糖复合涂膜对樱桃硬度的影响

经过 ϵ -聚赖氨酸盐酸盐/壳聚糖复合涂膜的樱桃、壳聚糖涂膜处理的樱桃和空白对照组的樱桃样品的硬度随贮藏时间的变化情况见图1。

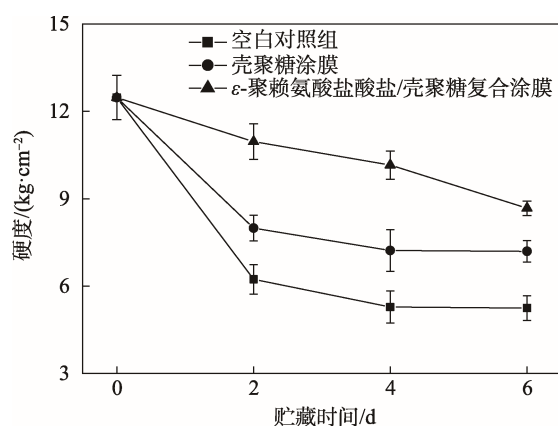


图1 贮藏期间樱桃硬度的变化
Fig.1 Changes in cherry hardness during storage

樱桃的硬度采用果实硬度计进行测定,樱桃变软(硬度下降)就是新鲜度下降的表现。硬度下降的原因主要有细胞失水和细胞壁中果胶的水解。由图1可以看出,随着贮藏时间的延长,3种不同处理组樱桃的硬度均随之降低。经过 ϵ -聚赖氨酸盐酸盐/壳聚糖复合涂膜的樱桃与其他2组样品相比,樱桃的硬度降低得最少,表现出延缓硬度损失最好的效果。

2.4 ϵ -聚赖氨酸盐酸盐/壳聚糖复合涂膜对樱桃颜色的影响

经过 ϵ -聚赖氨酸盐酸盐/壳聚糖复合涂膜的樱桃、壳聚糖涂膜处理的樱桃和空白对照组的樱桃样品

的色泽随贮藏时间的变化情况见图2。

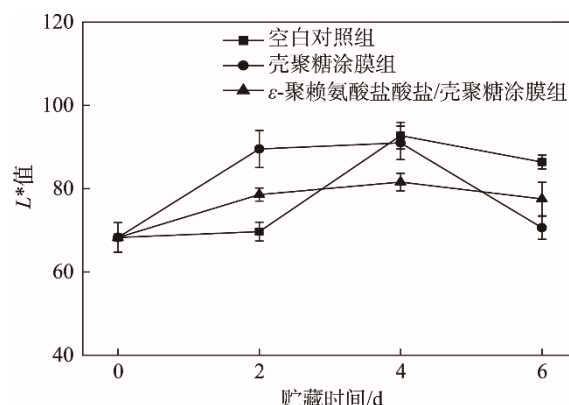


图2 贮藏期间樱桃色泽的变化
Fig.2 Changes in cherry color during storage

由图2中可以看出,与其他2组样品相比, ϵ -聚赖氨酸盐酸盐/壳聚糖复合涂膜的樱桃的 L^* 值在贮藏期间表现最为平稳,呈现出较稳定的外观色泽。说明复合涂膜处理能够改善樱桃在贮藏期间的色泽变化, ϵ -聚赖氨酸盐酸盐可以与壳聚糖一起发挥协同作用,进一步稳定樱桃的色泽。

2.5 ϵ -聚赖氨酸盐酸盐/壳聚糖复合涂膜对樱桃可溶性固形物含量的影响

经过 ϵ -聚赖氨酸盐酸盐/壳聚糖复合涂膜的樱桃、壳聚糖涂膜处理的樱桃和空白对照组的樱桃样品的可溶性固形物含量随贮藏时间的变化情况见图3。

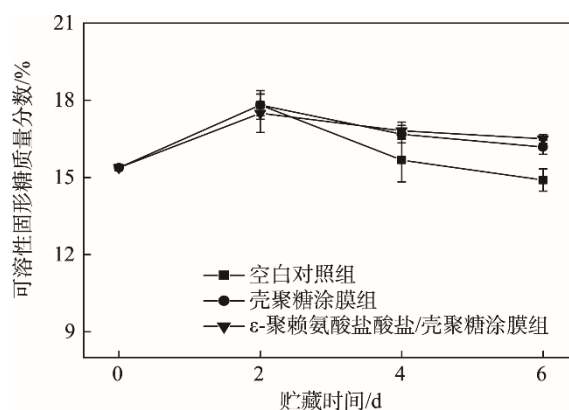


图3 贮藏期间樱桃可溶性固形物含量的变化
Fig.3 Changes of soluble solid content in cherries during storage

由图3可以看出,在6 d的贮藏过程中,无论是 ϵ -聚赖氨酸盐酸盐/壳聚糖复合涂膜的樱桃、壳聚糖涂膜处理的樱桃或者是空白对照组的樱桃样品的甜度均呈现先增后减的趋势。3个处理组樱桃样品的甜度均在第2天达到最大值,而后下降。从贮藏6 d样品可溶性固形物含量的对比数据可以看出, ϵ -聚赖氨酸盐酸盐/壳聚糖复合涂膜处理能较好地维持樱桃的甜度。

2.6 ϵ -聚赖氨酸盐酸盐/壳聚糖复合涂膜对樱桃可滴定酸含量的影响

经过 ϵ -聚赖氨酸盐酸盐/壳聚糖复合涂膜的樱桃、壳聚糖涂膜处理的樱桃和空白对照组的樱桃样品中可滴定酸含量随贮藏时间的变化情况见图 4。

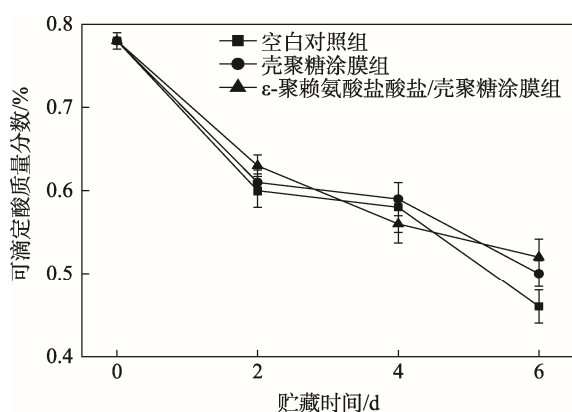


图 4 贮藏期间樱桃可滴定酸含量的变化

Fig.4 Changes of the titratable acid content in cherries during storage

从图 4 可以看出,随着贮藏时间的延长,3 个不同处理组樱桃的可滴定酸均呈现下降趋势,且在贮藏初期,可滴定酸含量下降得比较快;随着贮藏时间的延长,下降趋势变缓。贮藏时间到第 6 天时, ϵ -聚赖氨酸盐酸盐/壳聚糖复合涂膜处理组樱桃的可滴定酸含量高于壳聚糖涂膜处理组樱桃和空白对照组樱桃的可滴定酸含量。由此可见,在涂膜成分中加入 ϵ -聚赖氨酸盐酸盐,可进一步减缓樱桃中可滴定酸的损失。

2.7 ϵ -聚赖氨酸盐酸盐/壳聚糖复合涂膜对樱桃中 Vc 含量的影响

经过 ϵ -聚赖氨酸盐酸盐/壳聚糖复合涂膜的樱桃、壳聚糖涂膜处理的樱桃和空白对照组的樱桃样品的 Vc 含量随贮藏时间的变化情况见图 5。

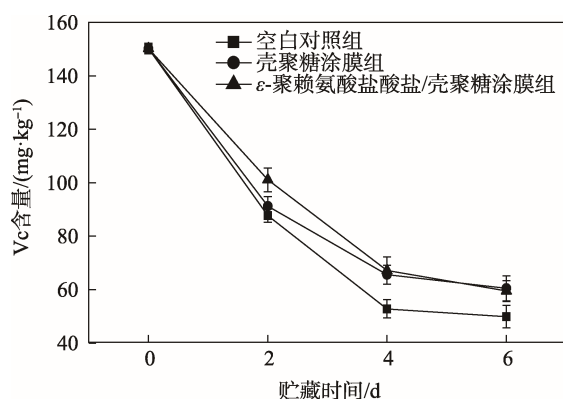


图 5 贮藏期间樱桃 Vc 含量的变化

Fig.5 Changes of Vc content in cherries during storage

由于樱桃中 Vc 含量会随着樱桃新鲜程度的降低而降低,所以 Vc 含量是樱桃新鲜程度的评价指标之一。由图 5 可以看出,随着贮藏时间的延长,3 个不同处理组樱桃的 Vc 含量均不断降低。与其它 2 组样品相比, ϵ -聚赖氨酸盐酸盐/壳聚糖涂膜处理组樱桃的 Vc 含量在贮藏初期降低得最少,随着时间的延长, ϵ -聚赖氨酸盐酸盐/壳聚糖复合涂膜处理组樱桃和壳聚糖涂膜处理组樱桃的 Vc 含量的降低程度趋于一致。由此可见,在涂膜成分中加入 ϵ -聚赖氨酸盐酸盐,可以在贮藏初期更有效地减缓樱桃中 Vc 的流失,也即提高了樱桃的保鲜效果。

有研究表明, ϵ -聚赖氨酸盐酸盐与壳聚糖复合,可以改善复合膜的理化性能,并赋予复合膜更好的抑菌性能^[6, 23]。李秋莹等^[23]的研究表明,当 ϵ -聚赖氨酸盐酸盐的质量浓度为 1.8 mg/mL 时, ϵ -聚赖氨酸盐酸盐-壳聚糖-普鲁兰多糖复合涂膜的透水性、透气性最低,阻隔性较好,不仅拉伸强度,各方面的性能均较优良,并且 ϵ -聚赖氨酸盐酸盐的加入可能与壳聚糖产生协同抑菌作用,增加了涂膜的抑菌性。在此次研究中,质量分数为 2% 的 ϵ -聚赖氨酸盐酸盐和壳聚糖可能也发挥了相似的协同作用,不仅改善了大樱桃贮藏期间的外在品质,还改善了大樱桃的内在品质。

3 结语

樱桃经过统一灭菌处理后,用蒸馏水清洗组作为空白对照,与分别经过壳聚糖涂膜处理的樱桃和 ϵ -聚赖氨酸盐酸盐/壳聚糖涂膜处理的樱桃一起低温贮藏,对比不同处理后樱桃贮藏过程中的质量损失率、外观、硬度、可溶性固形糖含量、Vc 含量等鲜度指标,研究在涂膜液中加入 ϵ -聚赖氨酸盐酸盐对樱桃果实保鲜效果的影响。从实验结果来看,与壳聚糖涂膜和空白对照组相比, ϵ -聚赖氨酸盐酸盐/壳聚糖复合涂膜在降低樱桃的质量损失率、凹陷率、腐烂率等方面均具有更好的表现; ϵ -聚赖氨酸盐酸盐/壳聚糖复合涂膜处理后樱桃的硬度损失最低,贮藏期间的色泽最为稳定;在涂膜成分中加入 ϵ -聚赖氨酸盐酸盐,可以在贮藏初期更有效地减缓樱桃中 Vc 的流失,减缓樱桃中可滴定酸的损失,也即在壳聚糖涂膜液中加入 ϵ -聚赖氨酸盐酸盐有助于樱桃果实保鲜效果的提升, ϵ -聚赖氨酸盐酸盐/壳聚糖复合涂膜可作为樱桃涂膜保鲜的有利选择。

参考文献:

- [1] 包九零, 乔光, 刘沛宇, 等. 不同品种大樱桃果实品质的评价[J]. 华中农业大学学报, 2016, 35(3): 12—16.

BAO Jiu-ling, QIAO Guang, LIU Pei-yu, et al. Evalu-

- ating Fruit Qualities of Different Sweet Cherry Cultivars[J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2016, 35(3): 12—16.
- [2] 赵珊, 贡汉生, 田亚晨, 等. 苯乳酸-海藻酸钠涂膜保鲜剂的制备及其在甜樱桃保鲜中的应用[J]. 食品科学, 2018, 39(11): 221—226.
ZHAO Shan, GONG Han-sheng, TIAN Ya-chen, et al. Preparation of PLA/SA Composite Coating and Its Application in Quality Preservation of Sweet Cherries[J]. Food Science, 2018, 39(11): 221—226.
- [3] 孙小渊, 胡文忠, 刘程惠, 等. 甜樱桃采后病害、贮藏期间品质变化及其防腐保鲜技术[J]. 食品工业科技, 2019, 40(5): 338—342.
SUN Xiao-yuan, HU Wen-zhong, LIU Cheng-hui, et al. Postharvest Disease of Sweet Cherry, Quality Change during Storage and Its Antisepesis and Preservation Technology[J]. Science and Technology of Food Industry, 2019, 40(5): 338—342.
- [4] 王芙蓉, 姜艳丽, 周颖超, 等. 大樱桃保鲜技术的研究进展[J]. 北方园艺, 2018(7): 157—162.
WANG Fu-rong, JIANG Yan-li, ZHOU Ying-chao, et al. Research Progress in Preservation Technology of Cherry[J]. Northern Horticulture, 2018(7): 157—162.
- [5] 沈婷婷. 壳聚糖在水果保鲜中的应用研究进展[J]. 保鲜与加工, 2017, 17(3): 133—138.
SHEN Ting-ting. Research Progress on Application of Chitosan to Postharvest Fresh-keeping of Fruits[J]. Storage and Process, 2017, 17(3): 133—138.
- [6] 叶青青, 李亚娜, 侯温甫. 壳聚糖/聚赖氨酸对柑橘的保鲜性研究[J]. 包装工程, 2017, 38(17): 52—57.
YE Qing-qing, LI Ya-na, HOU Wen-fu. Freshness of Citrus by Chitosan/Poly-lysine[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(17): 52—57.
- [7] 张权, 张婉玉, 尹进, 等. 可食性淀粉/壳聚糖复合膜的制备与性能研究[J]. 包装工程, 2015, 36(13): 40—46.
ZHANG Quan, ZHANG Wan-yu, YIN Jin, et al. Preparation and Properties of Edible Starch/Chitosan Composite Films[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(13): 40—46.
- [8] 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 Hua, JIANG Yu-ruo, XING Ya-ge, et al. Effect of Chitosan/Nano- TiO_2 Composite Coating on Fresh-keeping of Mangoes[J]. 2019, 40(11): 297—301.
- [9] 栗子茜, 高彦祥. 壳聚糖在果蔬涂膜保鲜的应用[J]. 中国食品添加剂, 2018(1): 139—145.
LI Zi-qian, GAO Yan-xiang. Chitosan-based Coating in Fruits and Vegetables Preservation[J]. China Food Ad-
- ditives, 2018(1): 139—145.
- [10] 张林青. 壳聚糖涂膜对樱桃番茄的保鲜效应[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(8): 261—263.
ZHANG Lin-qing. Fresh-keeping Effect of Chitosan Coating on Cherry Tomatoes[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2013, 41(8): 261—263.
- [11] VIEIRA J M, FLORES-LÓPEZ M L, JASSODE RODRÍGUEZ D, et al. Effect of Chitosan-aloe Vera Coating on Postharvest Quality of Blueberry (*Vaccinium corymbosum*) Fruit[J]. Postharvest Biology and Technology, 2016, 116: 88—97.
- [12] HONG K, XIE J, ZHANG L, et al. Effects of Chitosan Coating on Postharvest Life and Quality of Guava (*Psidium guajava* L) Fruit during Cold Storage[J]. Scientia Horticulturae, 2012, 144: 172—178.
- [13] 张举印, 饶景萍, 董晓庆, 等. 壳聚糖复合涂膜对红富士苹果保鲜研究[J]. 西北农业学报, 2009, 18(5): 354—358.
ZHANG Ju-yin, RAO Jing-ping, DONG Xiao-qing, et al. Study on Preservation of Red Fuji Apples by Mixed Coating with Chitosan[J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 2009, 18(5): 354—358.
- [14] TREVIÑO-GARZA M Z, GARCÍA S, HEREDIA N, et al. Layer-by-layer Edible Coatings Based on Mucilages, Pullulan and Chitosan and Its Effect on Quality and Preservation of Fresh-cut Pineapple (*Ananas comosus*) [J]. Postharvest Biology and Technology, 2017, 128(6): 245—259.
- [15] 陈镠, 余婷, 王允祥, 等. 壳聚糖-纳米氧化锌复合涂膜对甜樱桃采后生理和贮藏品质的影响[J]. 核农学报, 2017, 31(9): 1767—1774.
CHEN Liu, YU Ting, WANG Yun-xiang, et al. Influence of Chitosan and Nano-zinc Oxide Compositated Coating on Postharvest Quality of Sweet Cherry Fruits During Cold Storage[J]. Acta Agriculturae Nucleatae Sinica, 2017, 31(9): 1767—1774.
- [16] 李锦利. 壳聚糖与 1-MCP 处理对大樱桃贮藏品质的影响[J]. 食品工业, 2015, 36(4): 70—74.
LI Jin-li. Chitosan and 1-Methylcyclopropene Treatments on Storage Quality of Large Cherry[J]. The Food Industry, 2015, 36(4): 70—74.
- [17] 倪思亮, 宫红彦, 王咏梅, 等. 羧甲基壳聚糖对烟台大樱桃保鲜的研究[J]. 食品研究与开发, 2013, 34(23): 118—121.
NI Si-liang, GONG Hong-yan, WANG Yong-mei, et al. Application of Carboxymethyl Chitosan in Yantai Cherry Fresh-keeping[J]. Food Research and Development, 2013, 34(23): 118—121.
- [18] 李玉峰, 黄大明, 安昀. 改性壳聚糖在樱桃保鲜剂中的应用研究[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(14):

- 8240—8241.
LI Yu-feng, HUANG Da-ming, AN Yun. Application of Modified Chitosan in Cherry Preservation[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2012, 40(14): 8240—8241.
- [19] 邢海丽, 辛嘉英, 王艳, 等. 微生物源天然食品防腐剂的研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2015, 6(10): 3889—3894.
XING Hai-Li, XIN Jia-ying, WANG Yan, et al. Research Progress of Natural Food Preservatives from Microbial Source[J]. Journal of Food Safety & Quality, 2015, 6(10): 3889—3894.
- [20] 宋庆超, 张然, 贾士儒. ϵ -聚赖氨酸的活性及其应用[J]. 中国食品添加剂, 2012(3): 179—183.
SONG Qing-chao, ZHANG Ran, JIA Shi-ru. The Activity and Application of ϵ -PL[J]. China Food Additives, 2012(3): 179—183.
- [21] 于雪骊, 刘长江, 杨玉红, 等. 天然食品防腐剂 ϵ -多聚赖氨酸的研究现状及应用前景[J]. 食品工业科技, 2007, 28(4): 226—227.
YU Xue-li, LIU Chang-jiang, YANG Yu-hong, et al. Present Status of ϵ -Polylysine Research and Prospect for Its Applications as a Natural Food Preservative[J]. Science and Technology of Food Industry, 2007, 28(4): 226—227.
- [22] HIRAKI J. Polylysine, Its Development and Utilization[J]. Fine Chemistry, 2000(29): 18—25.
- [23] 李秋莹, 张东栋, 王司雯, 等. 溶菌酶与 ϵ -聚赖氨酸盐酸盐复合涂膜的制备及性能分析[J]. 食品科学, 2019, 40(19): 249—255.
LI Qiu-ying, ZHANG Dong-dong, WANG Si-wen, et al. Preparation and Properties of Lysozyme and ϵ -Polylysine Hydrochloride Composite Coating[J]. Food Science, 2019, 40(19): 249—255.