

壳聚糖-植酸复合涂膜对黄岩蜜橘保鲜效果的影响

陈超^{1,2}, 庞林江¹

(1. 浙江农林大学 农业与食品科学学院, 浙江 临安 311300;

2. 丽水市莲都区仙渡农业技术服务站, 浙江 丽水 323008)

摘要: **目的** 探究壳聚糖和植酸涂膜对黄岩蜜橘保鲜效果的影响。**方法** 采用壳聚糖(质量分数为 1%)、植酸(质量分数为 1%)和壳聚糖植酸(质量分数为 1%)复合涂膜处理黄岩蜜橘, 研究其贮藏期腐烂率、质量损失率、可溶性固形物含量、可滴定酸含量、过氧化物酶 POD 活性、多酚氧化酶 PPO 活性、MDA 含量、呼吸强度、霉菌、酵母的变化情况。**结果** 在贮藏期间, 壳聚糖-植酸复合涂膜表现出较好的保鲜效果, 在贮藏 30 d 时复合涂膜的腐烂率为 5.7%, 仅是对照组的 30.0%; 质量损失率为 3.3%, 是对照组的 38.0%。复合涂膜相较于单一涂膜更好地延缓了贮藏期间黄岩蜜橘可溶性固形物含量和可滴定酸含量的变化速率, 使黄岩蜜橘维持了较好的 POD 和 PPO 活性, 减缓了霉菌、酵母等微生物的侵染进程, 减少了果实中 MDA 的积累。**结论** 壳聚糖-植酸复合涂膜在黄岩蜜橘表面形成了一层保护膜, 较好地维持了其贮藏期的品质, 延缓了其衰老进程, 效果优于壳聚糖或植酸单一涂膜处理。

关键词: 黄岩蜜橘; 壳聚糖; 植酸; 涂膜

中图分类号: TS255.3 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2020)09-0036-08

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2020.09.006

Effects of Chitosan and Phytic Acid Composite Film on Preservation of HuangYan Mandarin

CHEN Chao^{1,2}, PANG Lin-jiang¹

(1. School of Agriculture and Food Science, Zhejiang A & F University, Linan 311300, China;

2. LianduXiandu Agricultural Technology Service Station, Lishui 323008, China)

ABSTRACT: The work aims to explore the effects of chitosan and phytic acid composite film on preservation of HuangYan mandarin. The HuangYan mandarin was coated with 1% chitosan, 1% phytic acid and 1% chitosan and phytic acid composite film, respectively. Then, the changes of decay rate, weight loss, soluble solids content, titratable acidity content, POD, PPO, MDA content, respiratory intensity, molds and yeasts during storage were analyzed. The chitosan and phytic acid composite film had better preservation effect during storage. After 30 days, decay rate of HuangYan mandarin with composite film was 5.7%, which was only 30.0% of the control group, while the weight loss rate was 3.3%, which was 38.0% of the control group. Compared with the single film, the composite film could postpone the change of soluble solids content and titratable acidity of HuangYan mandarin during storage, maintain the activities of enzymes such as POD and PPO and delay the infection process of microorganisms such as mold and yeast. Meanwhile, it could reduce the accumulation of MDA in fruits. The chitosan and phytic acid composite film can form a protective film on the surface of HuangYan mandarin, which maintains better quality during storage and delays the senescence process. The HuangYan

收稿日期: 2019-09-09

作者简介: 陈超(1993—), 男, 浙江农林大学硕士生, 主攻食品保鲜与贮运。

通信作者: 庞林江(1977—), 男, 浙江农林大学副教授, 主要研究方向为农产品贮藏与加工。

mandarin treated with composite film has better preservation effects than that treated by single chitosan or phytic acid.

KEY WORDS: HuangYan mandarin; film; chitosan; phytic acid

黄岩蜜橘果实风味独特、色泽艳丽、酸甜爽口、柔嫩多汁。黄岩蜜橘属于典型的非呼吸跃变型果实,无后熟作用,采后果实脱离,其仍是个完整的活体组织,生理活动未曾停止^[1]。在贮藏和运输过程中,果实机体的呼吸作用和新陈代谢过程不断地消耗果实的水分、能量和营养物质,极易发生腐烂变质,导致果实的营养成分流失、感官评价、食用价值和商品价值降低,因此目前亟待开发安全、高效的黄岩蜜橘保鲜技术。

壳聚糖化学名为聚葡萄糖胺(1-4)-2-氨基-B-D 葡萄糖,是甲壳素脱乙酰化的天然产物,具有无毒、可生物降解、广谱抗菌性和成膜性良好等特点,在化工、化妆品、水处理、食品医药等方面具有广阔的应用前景^[2]。曹琳等^[3]研究发现,壳聚糖涂膜可以延缓大蒜采后品质的下降。Gianfranco Romanazzi 等^[4]研究发现,采用乙醇和壳聚糖复合涂膜可以抑制葡萄采后灰霉病的发生。壳聚糖还可应用于秋葵、甜瓜和猕猴桃等果蔬涂膜保鲜上^[5-7]。植酸化学名为肌醇六磷酸,以磷的形式广泛存在于植物组织中,在种子中的含量尤其高,具有抗氧化和螯合等作用,是纯天然的营养保健物^[8],在涂膜保鲜方面已经得到了一定的开发利用^[9-11]。壳聚糖和植酸都属于天然化学成分,无毒健康,符合现代社会对食品安全卫生发展的要求。

近年来,针对蜜橘保鲜的研究报道较多的是新余蜜橘、南丰蜜橘^[12-13]等品种,而对具有地方特色的黄岩蜜橘保鲜则少有报道。植酸作为天然保健物质在果蔬贮藏保鲜上的应用已越来越广泛^[14-15],但尚未见到应用于蜜橘贮藏保鲜。文中试验采用壳聚糖、植酸和壳聚糖-植酸复合涂膜处理黄岩蜜橘,通过对其贮藏期品质指标(腐烂率、质量损失率、可溶性固形物含量、可滴定酸含量)、生理指标(过氧化物酶 POD 活性、多酚氧化酶 PPO 活性、MDA 含量、呼吸强度)、微生物指标(霉菌、酵母)的分析评价,来探究壳聚糖植酸、植酸复合涂膜的可行性,以期对果蔬保鲜提供更多的理论依据。

1 实验

1.1 材料与仪器

主要材料:新鲜黄岩蜜橘,产自浙江省台州市,选择无虫害,无机械损伤,果实大小无显著差异,同一批次采摘的果实,色泽无显著差异;水溶性壳聚糖,食品级,脱乙酰度 $\geq 85\%$,溶解性 $\geq 99\%$,浙江澳兴生物科技有限公司;植酸水溶液,食品级,质量分数为 50%,莱阳市万基威生物工程有限公司。

主要仪器:KQ-500DE 数控超声波清洗器,昆山

市超声仪器有限公司;SPX-250B-Z 生化培养箱,上海博讯医疗生物仪器股份有限公司;WYT-32 型手持折光仪,厦门中村光学仪器厂;CT14RD 高速台式冷冻离心机,上海天美科学仪器有限公司;UV-1800 紫外可见分光光度计,日本岛津公司。

1.2 方法

清洗黄岩蜜橘的表面,在去离子水、壳聚糖(质量分数为 1%)水溶液、植酸(质量分数为 1%)水溶液、壳聚糖(质量分数为 1%)+植酸(质量分数为 1%)溶液(分别使用乙酸钠缓冲液调节 pH 值至 6.8)中浸泡 3 min,取出在室温下沥干处理后,将黄岩蜜橘分别放入 5 层 BC 瓦楞纸板箱中(每箱 30 个),用胶带封口,在温度为 25℃、相对湿度为 50%的恒温恒湿生化培养箱中贮藏,贮藏期设定为 30 d,每隔 5 d 取样 1 次,并拿出腐烂果实。实验设定 3 个平行组,平行测定 3 次。

1.3 测定方法

1.3.1 品质指标

1) 腐烂率。根据黄岩蜜橘表面腐烂面积分为 0—3 级:0 级,无腐烂;1 级,腐烂面积小于 1/10;2 级,腐烂面积介于 1/10 至 1/2 之间;3 级,腐烂面积大于 1/2。计算方法:

$$\text{腐烂率} = \frac{\sum (\text{腐烂级别} \times \text{该级别样品数})}{\text{最高级别} \times \text{样品总数}} \times 100\%$$

2) 质量损失率。

$$\text{质量损失率} = [(m_0 - m_1) / m_0] \times 100\%$$

式中: m_0 为黄岩蜜橘最初的质量(g); m_1 为贮藏期间的质量(g)。

3) 可溶性固形物含量采用 WYT-32 型手持折光仪进行测定。

4) 可滴定酸含量采用酸碱中和转移法(以柠檬酸计)。取样品磨碎混合均匀,称取 10 g,用 100 mL 容量瓶定容,摇匀,过滤,弃去初滤液,吸取滤液 30 mL 于锥形瓶,滴加酚酞指示剂 3 滴,用 0.01 mol/L 的 NaOH 标准溶液滴定,至出现微红色,并以 30 s 内不退色为终点,记下所消耗 NaOH 标准溶液的体积。

$$\text{可滴定酸含量} = \frac{C \times (V_1 - V_2) \times K}{V_4} \times \frac{V_3 \times 100}{m}$$

式中: C 为 NaOH 标准溶液浓度(mol/L); V_1 为滴定消耗 NaOH 标准溶液体积(L); V_2 为空白消耗 NaOH 标准溶液体积(L); V_3 为样品稀释液体积(L); V_4 为滴定吸取样品体积(L); K 为换算系数, $K(\text{柠檬酸}) = 0.064$; m 为样品质量。

1.3.2 生理活性

1) 过氧化物酶 POD 活性采用愈创木酚法测定。酶液制备: 用粉碎机将液氮冷冻的黄岩蜜橘样品磨粉, 取 2 g 样品加入预冷至 4 °C 的 50 mmol/L (pH7.0) 的磷酸盐缓冲液 6 mL, 冰浴研磨 (可加入适量石英砂辅助研磨), 用 10 mL 磷酸盐缓冲液转移至离心管中, 以 10 000 r/min 的转速在 4 °C 下冷冻离心 10 min, 取上层清液备用。在 2 mL 0.1 mol/L 的愈创木酚溶液中加入 0.5 mL 酶液, 30 °C 水浴 5 min 后加入质量分数为 0.18% 的双氧水 1 mL 摇匀, 马上倒入石英比色皿中, 在 470 nm 下测定 4 min 内吸光值的变化, 以每分钟 ΔOD_{470} 变化 0.01 为 1 个酶活性单位。

2) 多酚氧化酶 PPO 活性。酶液制备同过氧化物酶。在 2.0 mL 50 mmol/L 邻苯二酚溶液中加入 100 μ L 酶液。以蒸馏水为参照, 在 420 nm 波长处测定吸光度值。以每分钟 ΔOD_{420} 变化 0.01 为 1 个酶活性单位。

3) MDA。采用硫代巴比妥酸 (TBA) 比色法。酶液制备同过氧化物酶。取酶液 1.5 mL 加入 2.5 mL 的 TBA (0.5%) 溶液中, 混匀后置于沸水浴中煮沸 10 min (以试管中出现气泡开始计时), 取出快速冷却, 以 12 000 r/min 的转速在 4 °C 下冷冻离心 10 min, 取上清液于 532 nm 和 600 nm 波长下分别测定吸光值。

MDA 含量 (μ mol/g) = $(OD_{532} - OD_{600}) \times A \times (V/a) / (1.55 \times 10^{-1} \times m)$

式中: A 为反应液的体积 (mL); a 为测定酶液的体积 (mL); V 为提取液的体积 (mL); m 为样品质量 (g); 1.55×10^{-1} 为微摩尔消光系数。

4) 呼吸强度。用 GXH-305 型红外线 CO_2 分析仪进行测定。

1.3.3 微生物

霉菌、酵母测定参照 GB 4789.15—2016。取 25 g 可食部分果肉加 225 mL 无菌稀释液, 均质, 制备 10 倍递增系列稀释样品, 选择 2~3 个适宜稀释度的样品匀液, 每个平皿加入 1 mL, 每个稀释度做 2 个平行实验, 每个平皿中加入 20~25 mL 马铃薯葡萄糖琼脂, 在 $(28 \pm 1)^\circ C$ 下培养 5 d, 选取菌落数在 10~150 CFU 的平板, 根据菌落形态分别计数霉菌和酵母。

1.4 数据分析

采用 SPASS19.0 对试验数据进行 ANOVA-Tukey 多重差异统计分析。

2 结果分析

2.1 复合涂膜对黄岩蜜橘贮藏期品质的影响

2.1.1 复合涂膜对黄岩蜜橘贮藏期腐烂率的影响

腐烂率是评价保鲜剂保鲜防腐效果的重要指标。

不同涂膜条件下黄岩蜜橘贮藏期腐烂率的变化见图 1, 由图 1 可知, 在 30 d 的贮藏期内, 黄岩蜜橘的腐烂率在逐渐增大, 壳聚糖-植酸复合涂膜组的腐烂率增长最为缓慢, 空白对照组的腐烂率增长最快, 在第 30 天时分别为 5.7% 和 18.8%, 复合涂膜的黄岩蜜橘腐烂率是对照组的 30.0%。说明壳聚糖-植酸涂膜可以延缓黄岩蜜橘的腐烂变质。在整个贮藏期间, 壳聚糖涂膜组和植酸涂膜组的腐烂率无显著差异 ($P > 0.05$)。说明在贮藏期间, 单独壳聚糖涂膜和单独植酸涂膜在延缓黄岩蜜橘的腐烂上差异不大。

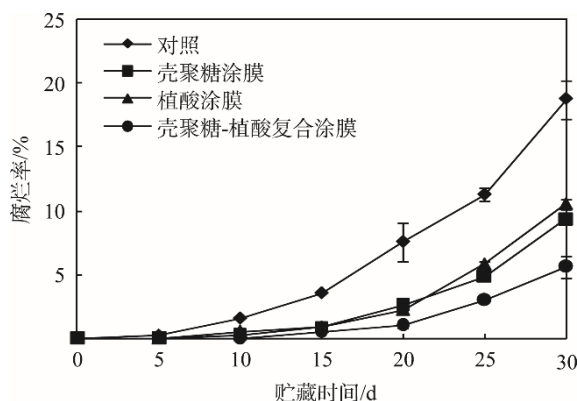


图 1 不同涂膜对黄岩蜜橘腐烂率的影响

Fig.1 Effects of different films on decay rate of Huangyan mandarin

2.1.2 复合涂膜对黄岩蜜橘贮藏期质量损失率的影响

柑橘在贮藏期间, 呼吸作用和新陈代谢会导致体内水分逐渐散失, 感官品质下降, 影响其商品价值。不同涂膜条件下黄岩蜜橘贮藏期质量损失率的变化见图 2。由图 2 可知, 黄岩蜜橘的质量损失率随着贮藏期的延长在不断上升, 其中壳聚糖-植酸复合涂膜组的质量损失率上升最为缓慢, 其次是壳聚糖涂膜组, 然后是植酸涂膜组, 对照组的质量损失率一直高于其它 3 组, 在第 30 天时, 质量损失率分别为 3.3%, 5.1%, 5.9% 和 8.7%, 存在显著差异 ($P < 0.05$)。说明壳聚糖和植酸涂膜可以有效抑制黄岩蜜橘贮藏期水分的散失, 维持其质量损失率, 保持感官价值和商品价值。涂膜在黄岩蜜橘表面形成一层半透膜, 有助于维持水分, 抑制机体的蒸腾作用, 当两者复合涂膜时, 半透膜的结构特性得到了改善, 能更好地抑制水分的散失^[15]。

2.1.3 复合涂膜对黄岩蜜橘贮藏期可溶性固形物含量的影响

果实在采后衰老的过程中, 伴有有机酸的降解、糖类的积累及其它营养物质的分解, 由此可见可溶性固形物含量能从侧面反映果实品质^[16]。不同涂膜条件下黄岩蜜橘贮藏期可溶性固形物含量的变化见图 3, 可知随着贮藏期的延长, 黄岩蜜橘的可溶性固形

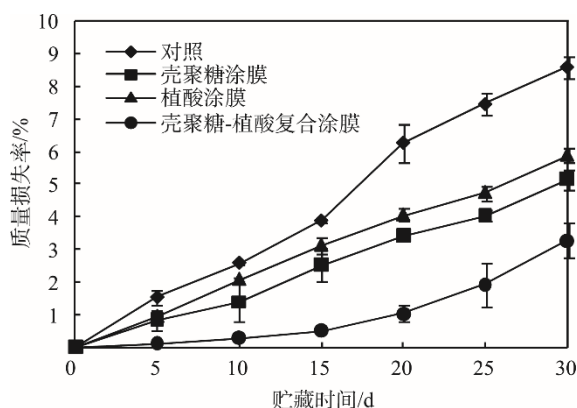


图 2 不同涂膜对黄岩蜜橘质量损失率的影响

Fig.2 Effects of different films on weight loss rate of HuangYan mandarin

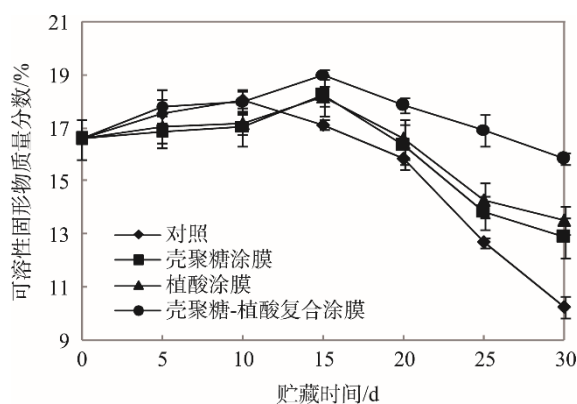


图 3 不同涂膜对黄岩蜜橘可溶性固形物含量的影响

Fig.3 Effects of different films on soluble solids content of HuangYan mandarin

物含量存在先上升后下降的趋势,果实采后生理活动一直在进行,机体内的物质成分也在不停地相互转换。空白对照组的可溶性固形物质量分数最高点在贮藏第 10 天,为 18.1%,壳聚糖涂膜、植酸涂膜和壳聚糖-植酸复合涂膜的可溶性固形物质量分数最高点在贮藏第 15 天,分别为 18.2%, 18.2%, 19.0%。壳聚糖和植酸涂膜抑制了黄岩蜜橘采后的生理活性,导致可溶性固形物含量最高点出现延后。在可溶性固形物含量下降的过程中,对照组下降得最为迅速,壳聚糖-植酸复合涂膜组下降得最缓慢,壳聚糖涂膜组和植酸涂膜组差异不显著 ($P>0.05$)。说明壳聚糖和植酸涂膜可以延缓黄岩蜜橘采后可溶性固形物含量的下降,壳聚糖-植酸复合涂膜的效果最佳,壳聚糖涂膜和植酸涂膜效果差异不大。

2.1.4 复合涂膜对黄岩蜜橘贮藏期可滴定酸含量的影响

蜜橘中主要的有机酸为柠檬酸和苹果酸。可滴定酸含量可以从侧面评价柑橘的感官品质和商品价值。不同涂膜条件下,黄岩蜜橘在贮藏期间可滴定酸含量的变化见图 4,可知随着贮藏期的延长,不同涂膜组黄岩蜜橘的可滴定酸含量呈下降趋势,其原因可能是

在贮藏期间,有机酸作为果蔬呼吸基质被利用,因此可滴定酸含量主要呈下降趋势^[17]。在整个贮藏期间,壳聚糖涂膜组和植酸涂膜组的可滴定酸含量无显著差异 ($P>0.05$);在贮藏第 30 天时,壳聚糖-植酸复合涂膜组的黄岩蜜橘可滴定酸含量(质量分数)为 1.3%,与壳聚糖涂膜组和植酸涂膜组都存在显著差异 ($P<0.05$)。说明在延缓黄岩蜜橘贮藏期可滴定酸含量下降方面壳聚糖涂膜和植酸涂膜差异不大,壳聚糖-植酸复合涂膜的效果优于单独的壳聚糖涂膜或植酸涂膜。

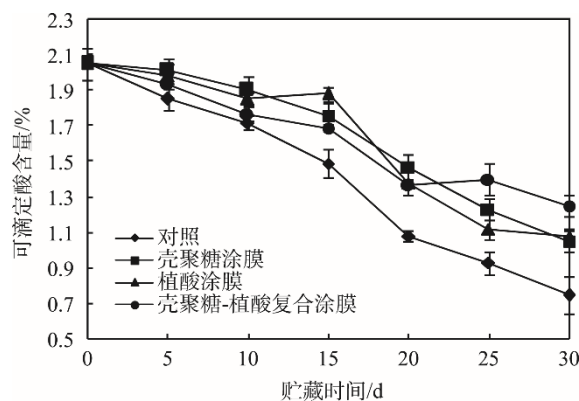


图 4 不同涂膜对黄岩蜜橘可滴定酸含量的影响

Fig.4 Effects of different films on titratable acidity content of HuangYan mandarin

2.2 复合涂膜对黄岩蜜橘贮藏期生理活性的影响

2.2.1 复合涂膜对黄岩蜜橘贮藏期过氧化物酶 POD 和多酚氧化酶 PPO 活性的影响

POD 是体内氧自由基清除系统的重要酶类,可以催化 H_2O_2 分解,对果实色泽变化有一定影响,是评价果实衰老的一个重要指标。不同涂膜条件下黄岩蜜橘贮藏期 POD 活性的变化见图 5,可知在整个贮藏过程中,黄岩蜜橘的 POD 活性呈先上升后下降的趋势,其原因可能是随着贮藏时间的延长,机体的生理代谢的自由基含量逐渐升高,在底物的刺激和诱导下酶活性逐渐提高,贮藏后期机体衰老导致酶活性的下降。在整个贮藏期中,壳聚糖-植酸复合涂膜组的 POD 活性一直维持在较高的水平上,其次是壳聚糖涂膜,然后是植酸涂膜,对照组的 POD 活性最差,4 组的 POD 活性均在第 15 天达到最高值,并存在显著差异 ($P<0.05$)。说明壳聚糖和植酸涂膜能够更好地维持黄岩蜜橘贮藏期的 POD 活性,延缓机体的衰老,壳聚糖-植酸复合涂膜组的效果优于单独壳聚糖和植酸涂膜,单独壳聚糖涂膜的效果优于单独植酸涂膜。

PPO 是果实发生酶促褐变的主要酶类,植物组织感病或在其他逆境条件下造成伤害时,PPO 活性能显著提高,对机体有一定的保护作用^[18]。不同涂膜条件

下黄岩蜜橘贮藏期 PPO 活性的变化见图 6, 可知在整个贮藏过程中 PPO 活性的变化与 POD 活性变化相似, 随着贮藏时间的延长, 机体不断受到微生物、温度、光照等外界环境因素的胁迫, PPO 活性逐渐增强, 贮藏后期随着机体的不断衰老, 导致酶活性下降。在整个贮藏期中壳聚糖-植酸复合涂膜组的 PPO 活性最强, 对照组的最弱, 壳聚糖涂膜和植酸涂膜的 PPO 活性无显著差异 ($P>0.05$)。说明壳聚糖和植酸涂膜可以较好地维持 PPO 酶活性, 维持机体的抗逆能力, 其中壳聚糖-植酸复合涂膜组的效果较单独壳聚糖和植酸涂膜好, 单独壳聚糖涂膜和植酸涂膜差异不大。

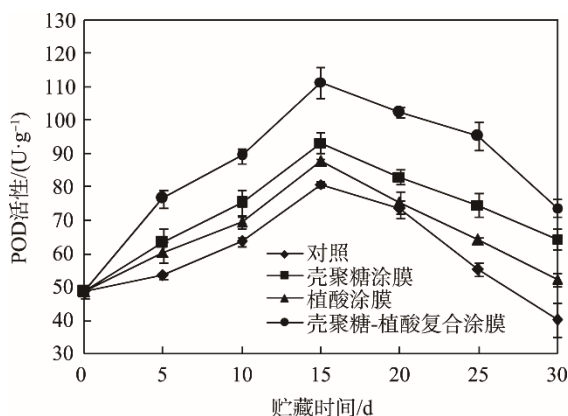


图 5 不同涂膜对黄岩蜜橘 POD 活性的影响

Fig.5 Effects of different films on POD of HuangYan mandarin

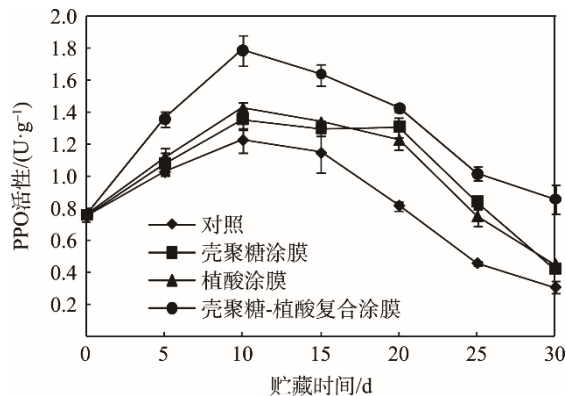


图 6 不同涂膜对黄岩蜜橘 PPO 活性的影响

Fig.6 Effects of different films on PPO of HuangYan mandarin

2.2.2 复合涂膜对黄岩蜜橘贮藏期丙二醛 MDA 含量的影响

黄岩蜜橘机体采后贮藏期间一直伴随着膜脂过氧化作用, 丙二醛 MDA 是膜脂氧化的主要产物之一, 通过测定 MDA 含量, 可以用来表示细胞膜的损害程度。不同涂膜条件下黄岩蜜橘贮藏期 MDA 含量的变化见图 7, 可知在 30 d 的贮藏期间, 黄岩蜜橘的

MDA 含量呈上升趋势, 而且随着贮藏时间的延长, 上升速率越来越快, 说明黄岩蜜橘在贮藏期间一直存在着膜脂过氧化作用, 随着贮藏时间的延长, MDA 含量越来越高, 膜脂过氧化作用越来越强。对照组的 MDA 含量上升最快, 其次是植酸涂膜组, 然后是壳聚糖涂膜组, 壳聚糖-植酸复合涂膜组的 MDA 含量上升得最缓慢。在第 30 天时, 对照组、植酸涂膜组、壳聚糖涂膜组和复合涂膜组的 MDA 含量分别为 37.56, 31.67, 28.58, 24.25 mmol/g。说明壳聚糖和植酸涂膜可以抑制黄岩蜜橘贮藏期 MDA 含量的上升, 壳聚糖和植酸复合涂膜的效果最佳。

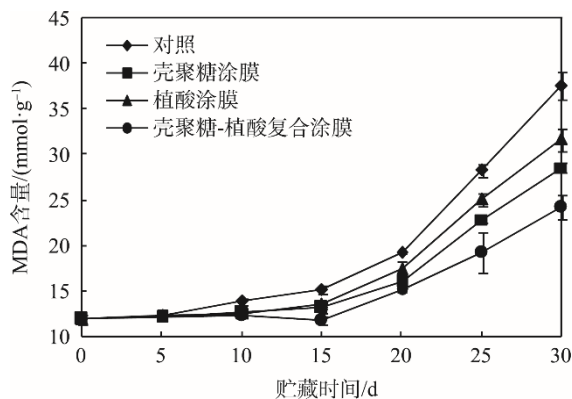


图 7 不同涂膜对黄岩蜜橘 MDA 含量的影响

Fig.7 Effects of different films on MDA content of HuangYan mandarin

2.2.3 复合涂膜对黄岩蜜橘贮藏期呼吸强度的影响

果实采后, 其生理生化活动一直在进行, 其中最重要的生理活动就是呼吸作用, 呼吸代谢为采后机体的生命活动提供物质和能量, 很多有机大分子的合成和分解代谢都与呼吸作用有关, 如糖类和有机酸类等, 同时呼吸热还会影响果实的贮运。不同涂膜条件下黄岩蜜橘贮藏期呼吸强度的变化见图 8, 可知在整个贮藏期中黄岩蜜橘的呼吸强度呈先上升后下降的趋势, 采摘后机体内的糖类呼吸作用底物充足, 机体的生理活性一直处于旺盛状态, 导致贮藏前期呼吸作用缓缓增强, 而随着贮藏时间的延长, 黄岩蜜橘的生理活性逐渐降低, 机体的糖类物质逐渐分解减少, 导致呼吸强度逐渐下降。对照组呼吸强度最高点出现在第 10 天, 最大值为 42.35 mg/(kg·h), 壳聚糖涂膜组、植酸涂膜组和壳聚糖植酸复合涂膜组的呼吸强度最高点出现在第 15 天, 分别为 39.98, 40.01, 39.12 mg/(kg·h), 差异不显著 ($P>0.05$), 说明壳聚糖和植酸涂膜可以抑制黄岩蜜橘贮藏期的呼吸作用, 降低其生理活性。在经过呼吸强度最高点后, 对照组的呼吸强度快速下降, 壳聚糖涂膜组、植酸涂膜组和壳聚糖植酸复合涂膜组的呼吸强度下降缓慢, 在贮藏 30 d 时, 对照组的呼吸强度为 20.58 mg/(kg·h), 与其它 3 组有显著差异 ($P<0.05$), 壳聚糖涂膜组、植酸涂膜

组和壳聚糖植酸复合涂膜组的呼吸强度分别为 28.23, 27.15, 29.52 mg/(kg·h), 差异不显著 ($P>0.05$), 说明壳聚糖和植酸涂膜抑制了黄岩蜜桔贮藏期机体内糖类呼吸底物的降解, 维持了机体的活性; 壳聚糖涂膜、植酸涂膜和壳聚糖植酸复合涂膜的在呼吸强度上的差异不大。

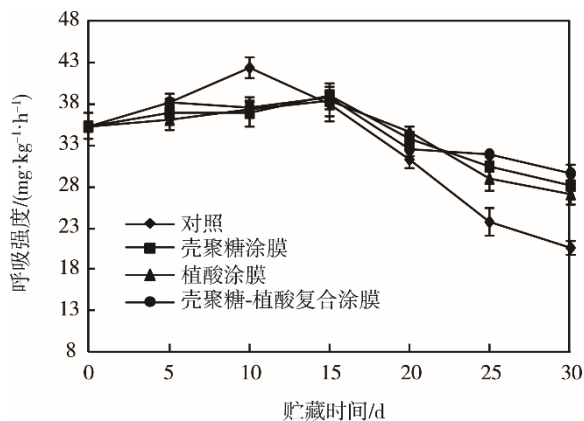


图 8 不同涂膜对黄岩蜜桔呼吸强度的影响

Fig.8 Effects of different films on respiratory intensity of HuangYan mandarin

2.3 复合涂膜对黄岩蜜橘贮藏期霉菌和酵母总数的影响

霉菌、酵母菌数量可以直接反映柑橘腐败和被微生物侵染的程度, 可以用来评价涂膜保鲜的抗菌效果。不同涂膜条件下黄岩蜜橘贮藏期霉菌总数的变化见图 9, 可知随着贮藏期的延长, 黄岩蜜橘的霉菌总数呈上升趋势, 在贮藏前期上升缓慢, 在贮藏后期上升迅速。壳聚糖-植酸复合涂膜组的霉菌总数上升最为缓慢, 对照组的霉菌总数上升最快。说明壳聚糖和植酸涂膜可以有效抑制黄岩蜜橘霉菌的侵染。

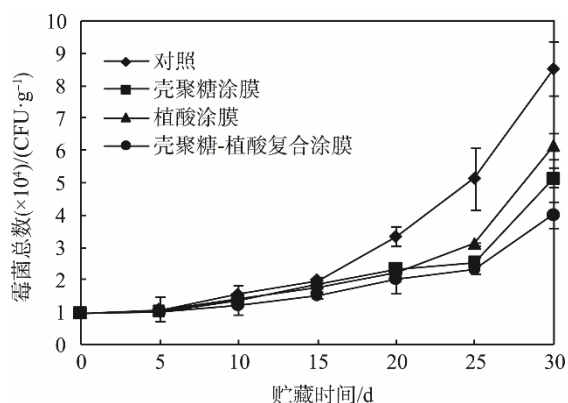


图 9 不同涂膜对黄岩蜜橘霉菌总数的影响

Fig.9 Effects of different films on molds of HuangYan mandarin

不同涂膜条件下黄岩蜜橘贮藏期酵母总数的变化见图 10, 可知随着贮藏期的延长, 黄岩蜜橘的酵母与霉菌变化趋势一致。壳聚糖-植酸复合涂膜组的

酵母总数上升最为缓慢, 对照组的酵母总数上升最快。说明壳聚糖和植酸涂膜可以有效抑制黄岩蜜橘酵母的侵染。前 20 d 的贮藏期内, 壳聚糖涂膜、植酸涂膜和壳聚糖-植酸复合涂膜的酵母总数无显著差异 ($P>0.05$); 贮藏 30 d 时, 3 组的酵母总数分别为 6.87×10^4 , 8.15×10^4 , 4.23×10^4 CFU/g, 差异显著 ($P<0.05$)。

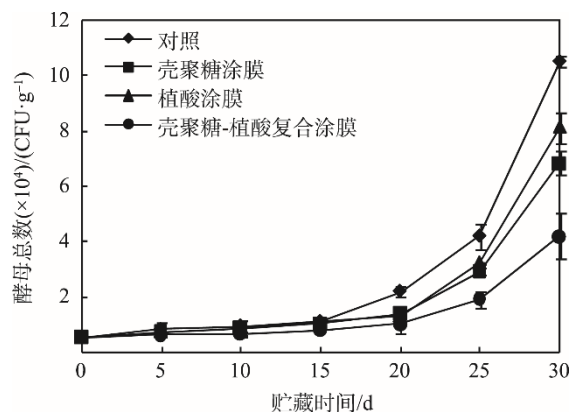


图 10 不同涂膜对黄岩蜜橘酵母总数的影响

Fig.10 Effects of different films on yeasts of HuangYan mandarin

3 讨论

黄岩蜜橘采后在贮藏运输期间, 受到外界光、热、微生物和辐照等多种环境因素的影响, 极易腐烂变质, 造成营养成分的流失、感官品质的下降、膜脂过氧化速度加快、机体快速衰老。黄岩蜜橘果实水分含量较高, 缩水是其衰老的重要特征之一, 采后衰老也常伴随着糖类物质的积累与分解、有机酸的降解及其它营养物质的分解, 它们含量的变化会影响柑橘果实的感官品质^[19]。随着黄岩蜜橘贮藏期的延长, 其感官品质在逐渐下降、营养成分流失, 表现为质量损失率、腐烂率上升, 果实缩水, 腐烂程度增加, 可溶性固形物含量先上升后下降, 可滴定酸含量下降, 口感下降, 营养物质分解。黄岩蜜橘采后 POD, PPO 等自由基清除相关酶类和抗逆性酶的活性都存在先上升后下降的变化趋势, 其原因可能是, 在贮藏前期一方面机体生理代谢的自由基含量逐渐升高, 在底物的刺激和诱导下酶活性逐渐提高, 另一方面, 机体的生理活性还处于较强的阶段, 自身的抗逆性能力也较强, 而贮藏后期机体衰老, 生理活性降低, 自由基的不断累积导致酶活性下降。壳聚糖和植酸涂膜可以很好地维持黄岩蜜橘贮藏期营养成分的流失和感官品质的下降, 维持机体 POD, PPO 活性, 减少果实中 MDA 的积累, 抑制呼吸作用, 维持机体的活性, 减少 MDA 对果实细胞膜和细胞器的伤害, 抑制微生物侵染。Chien 等^[20]的研究中也有相类似的变化。壳聚糖和植酸涂膜在黄岩蜜橘表面形成一层半透膜, 有助于维持

水分,抑制机体的蒸腾作用^[21—22]。由于植酸分子单体较壳聚糖大,形成的半透膜效果较壳聚糖差,导致涂膜效果的差异,而当两者复合涂膜时,半透膜的结构特性得到了改善,能更好地抑制水分的散失和营养物质的流失。同时壳聚糖的静电作用会改变微生物细胞膜结构,影响微生物DNA、mRNA和蛋白质合成,抑制微生物的生长和繁殖^[22—23],植酸本身有一定的抑菌作用,两者复合涂膜表现出更好的抑菌能力。韩舒睿^[13]也指出壳聚糖涂膜南丰蜜橘可以降低腐烂率,并能抑制果实贮藏过程中的呼吸强度和MDA含量的积累,同时还可以诱导PAL活性的升高,增强果实的抗病性。

4 结语

质量分数为1%的壳聚糖和质量分数为1%的植酸复合涂膜能够降低黄岩蜜橘贮藏期的腐烂率和质量损失率,维持POD和PPO活性,抑制可滴定酸含量的下降,维持口感,还能减少果实中MDA的积累,减少对果实细胞膜和细胞器的伤害,抑制有害微生物的侵染,其效果优于壳聚糖(质量分数为1%)和植酸(质量分数为1%)单独涂膜处理。

参考文献:

- [1] 盛丽,安淑英,吴琛.黄岩蜜桔的挥发性成分分析[J].食品安全导刊,2017(21):141—143.
SHENG Li, AN Shu-Ying, WU Chen. Chemical Constituents from HuangYan Mandarin[J]. China Food Safety Magazine, 2017(21): 141—143.
- [2] MARTINEZ-CAMACHO A P, CORTEZ-ROCHA M O, EZQUERRA-BRAUER J M, et al. Chitosan Composite Films: Thermal, Structural, Mechanical and Antifungal Properties[J]. Carbohydrate Polymers, 2010, 82(2): 305—315.
- [3] 曹琳,张琪,张琦,等.壳聚糖涂膜结合不同包装方式对鲜剥大蒜的保鲜效果[J].食品科技,2018,43(1): 37—42.
CAO Lin, ZHANG Qi, ZHANG Qi, et al. Preservation Effect of Chitosan Coating Combined with Different Packing Methods on Freshly Peeled Garlic[J]. Food Science and Technology, 2018, 43(1): 37—42.
- [4] GIANFRANCO ROMANAZZI, OZGUR A KARABULUT, JOSEPH L SMILANICK. Combination of Chitosan and Ethanol to Control Postharvest Gray Mold of Table Grapes[J]. Postharvest Biology and Technology, 2007(45): 134—140.
- [5] 辛松林,秦文,李慧妍,等.不同贮藏温度和保鲜处理对黄秋葵贮藏品质及生理的影响[J].保鲜与加工, 2019, 19(5): 59—65.
XIN Song-Lin, QIN Wen, LI Hui-Yan, et al. Effects of Different Storage Temperature and Preservative on Storage Quality and Physiology of Okra[J]. Storage and Process, 2019, 19(5): 59—65.
- [6] 贺艳娥,周会玲,刘焕,等.猕猴桃贮藏保鲜技术研究进展[J].农学学报,2019,9(10): 33—37.
HE Yan-e, ZHOU Hui-ling, LIU Huan, et al. Research Advances on Storage Technique of Kiwifruit[J]. Journal of Agriculture, 2019, 9(10): 33—37.
- [7] 姚军,耿新丽,再吐娜·买买提,等.不同保鲜膜、保鲜剂处理对甜瓜贮藏品质的影响[J].中国农学通报, 2019, 35(19): 58—63.
YAO Jun, GENG Xin-li, ZAITUNA Mai-maiti, et al. Fresh-keeping Film and Preservatives: Effects on Muskmelon Storage Quality[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2019, 35(19): 58—63.
- [8] ROMANAZZI G, KARABULUT O A, SMILANICK J L. Combination of Chitosan and Ethanol to Control Postharvest Gray Mold of Table Grapes[J]. Postharvest Biology and Technology, 2017, 45(1): 134—140.
- [9] STODOLAK B, STARZYNSKA A, CZYSZCZON M, et al. The Effect of Phytic Acid on Oxidative Stability of Raw and Cooked Meat[J]. Food Chemistry, 2017, 101(3): 1041—1045.
- [10] 韩梦凡,蒋思睿,钟舒睿,等.臭氧联合植酸处理对鲜切水果甘蓝品质的影响[J].食品科学,2019,40(3): 266—272.
HAN Meng-fan, JIANG Si-rui, ZHONG Shu-rui, et al. Effect of Combined Ozone and Phytic Acid Treatment on Storage Quality of Fresh-cut Fruit Cabbage[J]. Food Science, 2019, 40(3): 266—272.
- [11] 张介驰,李媛,韩冰,等.植酸与Vc复配保鲜剂对滑菇保鲜效果的影响[J].保鲜与加工,2016,16(1): 40—43.
ZHANG Jie-chi, LI Yuan, HAN Bing, et al. Preservation Effects of Composite Preservative of Phytic Acid and Vc on Pholiotanameko[J]. Storage and Process, 2016, 16(1): 40—43.
- [12] 陈玉环,彭旋,陈楚英,等.三颗针提取液与壳聚糖复合膜对“新余”蜜橘贮藏保鲜效果的研究[J].北方园艺,2016(9): 140—145.
CHEN Yu-huan, PENG Xuan, CHEN Chu-ying, et al. Study on Preservation Effect of Barberry Root Extracts Combined With Chitosan Coating on 'Xinyu' Tangerine[J]. Northern Horticulture, 2016(9): 140—145.
- [13] 韩舒睿.采收期、贮藏温度及壳聚糖处理对南丰蜜橘贮藏效果的影响[D].南昌:江西农业大学,2014: 10—15.
HAN Shu-rui. Effects of Chitosan Treatment and Storage Temperature in the Storage and Harvesting Time of Nanfeng Tangerine[D]. Nanchang: Jiangxi Agricultural University, 2014: 10—15.
- [14] 袁德保.鲜食核桃冷藏技术及采后生理研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2007: 8—12.
YUAN De-bao. Fresh Walnut Storage Technology and

- Postharvest Physiology[D]. Yangling: Northwest A & F University, 2007: 8—12.
- [15] CANG Liang, SHI Chao, SHAO Ya-wei, et al. Effect of Phytic Acid Conversion Film on Corrosion Resistance of Epoxy Varnish Coating[J]. Journal of Chinese Society for Corrosion and Protection, 2018, 58(2): 122—127.
- [16] AIDER M. Chitosan Application for Active Bio-based Films Production and Potential in the Food Industry: Review[J]. LWT-food Science and Technology, 2010, 43(6): 837—842.
- [17] 曾荣, 张阿珊, 陈金印. CMC与抑菌草制剂复合涂膜对冷藏南丰蜜桔的保鲜效果[J]. 农业工程学报, 2012, 28(12): 281—287.
- ZENG Rong, ZHANG A-shan, CHEN Jin-yin. Effects of Carboxymethyl Cellulose Coating Enriched with Bacteriostatic Preparation on Cold Preservation of Nanfeng Mandarin[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2012, 28(12): 281—287.
- [18] 王昕. 番茄常温可食涂膜保鲜的理论与方法[D]. 长春: 吉林大学, 2004: 22—24.
- WANG Xin. The Preservation Theory and Methods of Tomato Coated with an Edible Film at Ambient Temperature[D]. Changchun: Jilin University, 2004: 22—24.
- [19] 胡文忠, 姜爱丽, 杨宏, 等. 茉莉酸甲酯对鲜切苹果生理生化变化的影响[J]. 食品工业科技, 2012, 33(16): 338—346.
- HU Wen-zhong, JIANG Ai-li, YANG Hong, et al. Effects of Jasmonic Acid Methyl Ester Treatment on the Physiological and Biochemical Reactions of Fresh Cut Apple[J]. Science and Technology of Food Industry, 2012, 33(16): 338—346.
- [20] CHIEN P J, SHEU F, YANG F H. Effects of Edible Chitosan Coating on Quality and Shelf Life of Sliced Mango Fruit[J]. Journal of Food Engineering, 2016, 78(1): 225—229.
- [21] FANG Zong-Xiang, HU Yu-Xia, LIU Dong-Hong, et al. Changes of Phenolic Acids and Antioxidant Activities During Potherb Mustard (*Brassica Juncea*, Coss) Pickling[J]. Food Chemistry, 2015, 108(3): 811.
- [22] CAJUSTE J F, LAFUENTE M T. Ethylene-induced Tolerance to Non-chilling Peel Pitting as Related to Phenolic Metabolism and Lignin Content in 'Navelate' Fruit[J]. Postharvest Biology and Technology, 2017, 45(2): 193—203.
- [23] PRUSKY D, MCEVOY J L, SAFTNER R, et al. Relationship between Host Acidification and Virulence of *Penicillium* Spp on Apple and Citrus Fruit[J]. Phytopathology, 2014, 94(1): 44—51.