

保鲜方式对鲜切马铃薯品质的影响

魏心怡^{1,2} 刘树滔^{1,2} 方榕辉¹

(1. 福州大学至诚学院, 福建 福州 350002; 2. 福州大学生物科学与工程学院, 福建 福州 350002)

摘要: [目的] 获得鲜切马铃薯最佳保鲜工艺。[方法] 以荷兰 15 号马铃薯为研究对象, 通过测定质量损失率、硬度及外观色泽变化等参数, 评价了真空包装 (VP) 和常压 PET 包装的鲜切马铃薯分别在 4、20 °C 下贮藏 72 h 后的品质。研究了不同质量浓度抗坏血酸 (ascorbic acid, AsA) 浸泡处理对鲜切马铃薯的保鲜效果。最后采用 VP 与 0.5 g/100 mL AsA 协同处理, 评估二者联合作用对鲜切马铃薯的保鲜效果。[结果] VP 结合 4 °C 贮藏能较好地维持鲜切马铃薯的硬度, 延缓亮度值和总色差的下降, 降低贮藏期间的质量损失率。0.5 g/100 mL AsA 处理对延缓鲜切马铃薯褐变的效果显著。VP 协同 0.5 g/100 mL AsA 处理的鲜切马铃薯在 4 °C 下贮藏时, 质量损失率最低且色泽保持最佳。[结论] 鲜切马铃薯最佳保鲜工艺为 0.5 g/100 mL AsA 协同真空包装 (VP-AsA) 处理后置于 4 °C 下贮藏。

关键词: 鲜切马铃薯; 真空包装; 常压包装; 抗坏血酸; 贮藏温度; 质量损失; 硬度; 色泽

Effect of preservation methods on the quality of fresh-cut potatoes

WEI Xinyi^{1,2} LIU Shutao^{1,2} FANG Ronghui¹

(1. Zhicheng College, Fuzhou University, Fuzhou, Fujian 350002, China; 2. College of Biological Science and Engineering, Fuzhou University, Fuzhou, Fujian 350002, China)

Abstract: [Objective] To obtain the best preservation technology of fresh-cut potatoes. [Methods] 'Dutch 15' potatoes were taken as the research object. The quality of fresh-cut potatoes under vacuum packaging (VP) and atmospheric PET packaging is evaluated after 72 hours of storage at 4 and 20 °C. Parameters such as mass loss rate and hardness and changes in appearance and color are measured. The effects of immersion treatments with different concentrations of ascorbic acid (AsA) on the preservation of fresh-cut potatoes are investigated. Finally, the synergistic preservation effect of VP and 0.5 g/100 mL AsA on fresh-cut potatoes is evaluated. [Results] The combination of VP and 4 °C storage better maintains the hardness of fresh-cut potatoes, slows down the decline in brightness and total color difference, and reduces the mass loss rate during storage. The 0.5 g/100 mL AsA treatment significantly delays the browning of fresh-cut potatoes. When VP is combined with 0.5 g/100 mL AsA treatment under 4 °C storage conditions, fresh-cut potatoes exhibit the lowest mass loss rate and the best color retention. [Conclusion] The best preservation conditions for fresh-cut potatoes are 0.5 g/100 mL AsA treatment plus VP and subsequent storage at 4 °C.

Keywords: fresh-cut potatoes; vacuum packaging; atmospheric packaging; ascorbic acid; storage temperature; mass loss; hardness; color

马铃薯 (*Solanum tuberosum* L.) 为茄科植物, 是全球第四大粮食作物, 仅次于小麦、稻谷和玉米, 也是中国的五大主粮之一^[1]。随着人们消费观念和饮食方式的转变, 鲜切食品受到消费者的青睐, 鲜切马铃薯是其中典型代表之一。然而, 切割加速了鲜切马铃薯贮藏过程中水分和营养物质的流失, 同时由于破坏了马铃薯的细胞结构, 泄露的酚酶催化下酚类化合物被氧化形成褐色产物, 引起保鲜过

程中的褐变, 进而导致鲜切马铃薯品质劣变^[2-3], 显著缩短了产品货架期。因此, 如何有效延缓鲜切马铃薯的品质劣变, 提高其贮藏性能, 成为当前研究的重点。

抗坏血酸 (ascorbic acid, AsA) 作为天然抗氧化剂, 是果蔬的重要化学保鲜剂。它不仅具有抗氧化作用, 同时也参与了正常条件/非生物胁迫条件下的应激感知、氧化还原稳态的保持、氧化应激以及植物生理生化反应的调

基金项目: 福建省科技计划项目 (编号: 2023N0001); 福州大学至诚学院科教创新群体培育项目 (编号: ZCKC23015)

通信作者: 方榕辉 (1980—), 男, 福州大学至诚学院高级工程师, 硕士。E-mail: fanglonghui1@163.com

收稿日期: 2024-10-25 **改回日期:** 2025-08-17

引用格式: 魏心怡, 刘树滔, 方榕辉. 保鲜方式对鲜切马铃薯品质的影响[J]. 食品与机械, 2025, 41(8): 93-99.

Citation: WEI Xinyi, LIU Shutao, FANG Ronghui. Effect of preservation methods on the quality of fresh-cut potatoes[J]. Food & Machinery, 2025, 41(8): 93-99.

节^[4]。真空包装(vacuum packing, VP)通过隔绝氧气,可抑制鲜切马铃薯的自身代谢和褐变,短时间内维持鲜切马铃薯的贮藏品质。但真空包装相比于其他包装方式(如 PP 保鲜盒等),会加速鲜切马铃薯代谢及无氧呼吸,贮藏后期易导致鲜切马铃薯不良风味的产生,同时也更易使鲜切马铃薯腐败^[5]。贮藏温度是鲜切马铃薯品质变化的另一显著影响因素^[6],刘程惠等^[7]研究了鲜切马铃薯不同贮藏温度下的生理生化变化,表明贮藏温度越高,产品品质下降越快,贮藏期越短。尽管如此,现有研究多集中于单一因素的影响,对多种因素(如包装方式、贮藏温度和抗氧化剂)的协同作用研究仍显不足。

目前鲜切马铃薯在市场流通时,主要采用抗氧化剂结合低温真空包装或低温常压包装的保鲜方法,这两种方法在长期贮藏过程中,难以有效维持马铃薯色泽和质地。研究拟考察包装方式、贮藏温度及 AsA 处理对鲜切马铃薯贮藏期间品质变化的影响,以期开发一种高效、稳定的保鲜方法。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料与试剂

马铃薯:荷兰 15 号,山东省枣庄市滕州市青岛金满地种业有限公司;

真空包装袋:材质为尼龙 7 层共挤膜,东光县鑫鑫塑料有限公司;

聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)盒:鲜元包装有限公司;

抗坏血酸:食品级,黑龙江新和成生物科技有限公司。

1.1.2 仪器与设备

果蔬脱水器:A57390 型,台州市黄岩叙美塑料厂;

电子分析天平:YP-1002 型,北京赛多利斯仪器系统有限公司;

电冰箱:BCD-571WDPF 型,青岛海尔股份有限公司;

超纯水机:WP-UP-LH-10 型,四川沃特尔特水处理有限公司;

全自动测色色差计:ADCI-60-C 型,北京辰泰克仪器技术有限公司;

质构仪:TA-XT Plus 型,北京微讯超技仪器技术有限公司;

真空包装机:DZ-400/2SK 型,上海青葩食品包装机械有限公司。

1.2 方法

1.2.1 马铃薯样品预处理 马铃薯采收后置于 4℃冰箱贮藏备用。试验时从冰箱取出马铃薯,置于暗处回温 24 h 后,清洗,沥干,于 0.2 mL/L 的次氯酸钠溶液中浸泡 5 min,用纱布擦干,去皮,切成 3 mm×3 mm 细丝,置于去

离子水中漂洗,去除表面的淀粉,备用。使用前用 0.2 mL/L 的次氯酸钠溶液浸泡 5 min 后,用去离子水冲洗干净。

1.2.2 包装方式和贮藏温度筛选 取马铃薯丝用去离子水浸泡 5 min 后,置于脱水器中离心 10 s 以去除表面水分,分成两组,一组真空包装(VP 组),一组用 PET 盒常压包装(PET 组),每份样品(30±1) g。包装后的样品分别置于 4, 20℃下贮藏,分别于 0, 6, 12, 24, 48, 72 h 时取样,观察颜色变化并拍照,同时测定质量损失率、硬度及色差。样品按包装方式和贮藏条件,分别记为 4℃VP、20℃VP、4℃PET、20℃PET。

1.2.3 抗坏血酸浸泡质量浓度筛选 取马铃薯丝用不同质量浓度(0.5, 1.0, 3.0, 5.0 g/100 mL)的抗坏血酸溶液浸泡 5 min 后,置于脱水器中离心 10 s,用 PET 盒常压包装,每份样品(30±1) g,置于 4℃冰箱贮藏,分别于 0, 6, 12, 24, 48, 72 h 时取样,观察颜色变化并拍照,同时测定质量损失率、硬度及色差。

1.2.4 鲜切马铃薯真空包装及协同抗坏血酸处理 取马铃薯丝分成两组,分别用去离子水和 0.5 g/100 mL 抗坏血酸溶液浸泡 5 min 后,置于脱水器中离心 10 s,分别装入真空包装袋中,每份样品(30±1) g。单独真空包装的鲜切马铃薯样品记为 VP 组,真空包装协同 0.5 g/100 mL 抗坏血酸处理的鲜切马铃薯样品记为 VP-AsA。制备好的样品置于 4℃下贮藏,分别于 0, 3, 6, 9, 12, 15 d 时取样,观察颜色变化并拍照,同时测定质量损失率、色差。

1.2.5 质量损失率测定 参照文献[8],按式(1)计算质量损失率。

$$c = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100\%, \quad (1)$$

式中:

c ——质量损失率,%;

m_1 ——样品贮藏前的质量,g;

m_2 ——取样时样品的质量,g。

1.2.6 硬度测定 根据文献[9]修改如下:使用 TA.XT 质构仪测定,选择 P/36R 探头,测前速度 5 mm/s,测中速度 5 mm/s,测后速度 5 mm/s,下压深度 90%,触发力 0.05 N,每个处理重复测定 9 次。

1.2.7 色差测定 根据文献[10]用色差计进行测定。每个处理重复测定 9 次,每个样本测定 4 个值。按式(2)计算总色差。

$$\Delta E = \left[(L^* - L_0)^2 + (a^* - a_0)^2 + (b^* - b_0)^2 \right]^{\frac{1}{2}}, \quad (2)$$

式中:

ΔE ——贮藏试验组与贮藏前样品的总色差;

L^* 、 a^* 、 b^* ——贮藏试验组颜色参数;

L_0 、 a_0 、 b_0 ——贮藏前样品的颜色参数。

1.3 数据分析

试验数据使用Excel和SPSS 18.0软件进行作图和分析。采用单因素方差分析(ANOVA)及Duncan多重比较检验,以显著性水平 $\alpha=0.05$ 评估各处理组间的显著性差异,每个处理重复3次。

2 结果与分析

2.1 包装方式和贮藏温度对鲜切马铃薯品质的影响

2.1.1 对鲜切马铃薯质量损失和硬度的影响 如图1(a)所示,质量损失由大到小分别为 $20^{\circ}\text{C VP} > 4^{\circ}\text{C VP} > 20^{\circ}\text{C PET} > 4^{\circ}\text{C PET}$ 。 20°C VP 贮藏给袋内的厌氧微生物提供了适宜的生长条件,微生物的繁殖加速了鲜切马铃薯的腐败,造成了鲜切马铃薯大量失水^[11],贮藏72 h后质量损失高达22.29%,显著高于其他处理条件;而 4°C VP 贮藏条件可以有效减轻鲜切马铃薯的质量损失,质量损失率在贮藏72 h内为5.57%,约为前者的1/4,推测由于低温环境抑制了鲜切马铃薯自身的代谢活动以及微生物的繁殖^[12]。不同温度条件下,PET盒包装的鲜切马铃薯样品在贮藏期间的质量损失率均小于VP,分别为1.70%和2.67%。这是由于PET盒包装未隔离空气,鲜切马铃薯的表面会快速形成愈伤组织,因而水分流失减少。但是

愈伤组织的形成会造成鲜切马铃薯的质地硬化^[13],影响口感,对货架期造成不利影响。Liu等^[14]研究表明,果蔬经切割后如暴露在空气中,将造成细胞结构丧失与细胞间结合力下降,进而导致鲜切马铃薯品质劣变,质地软化。如图1(b)所示,由于失水过多, 20°C VP 样品硬度大幅度下降,贮藏48 h后硬度由 $6.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ 下降至 $5.21 \times 10^5 \text{ Pa}$ 。此外,PET盒包装的鲜切马铃薯硬度在两种贮藏温度下均有所上升,贮藏72 h时硬度分别为 6.95×10^5 , $6.92 \times 10^5 \text{ Pa}$ 。造成该现象的原因是马铃薯组织中的水分蒸发迅速,并且与空气接触,导致了愈伤组织的形成^[15]。与其他保鲜条件相比, 4°C VP 样品的质地得到改善,贮藏期间的硬度仅有轻微下降。综上,真空包装贮藏 4°C ,既可减少腐败减缓质量损失,又可避免马铃薯硬化,是较佳的贮藏条件。

2.1.2 对鲜切马铃薯色泽的影响 如图2所示,相比于PET盒包装,VP包装的鲜切马铃薯样品表现出更高的亮度,并同时观察到较低 a^* 和 ΔE 。相比于PET盒包装,VP包装能较好地隔绝氧气,防止氧气与马铃薯接触,延缓褐变^[16]。虽然不同温度条件下的真空包装方式对鲜切马铃薯色差影响不大,贮藏72 h时, 4°C VP 和 20°C VP 的 ΔE

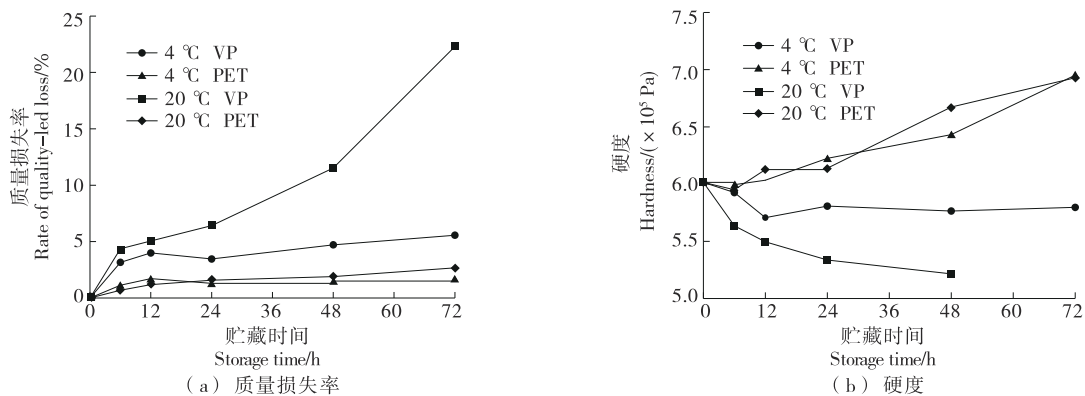


图1 包装方式和贮藏温度对鲜切马铃薯贮藏期间质量损失率、硬度的影响

Figure 1 Effects of different packaging methods and storage temperatures on mass loss rate and hardness of fresh-cut potatoes during storage

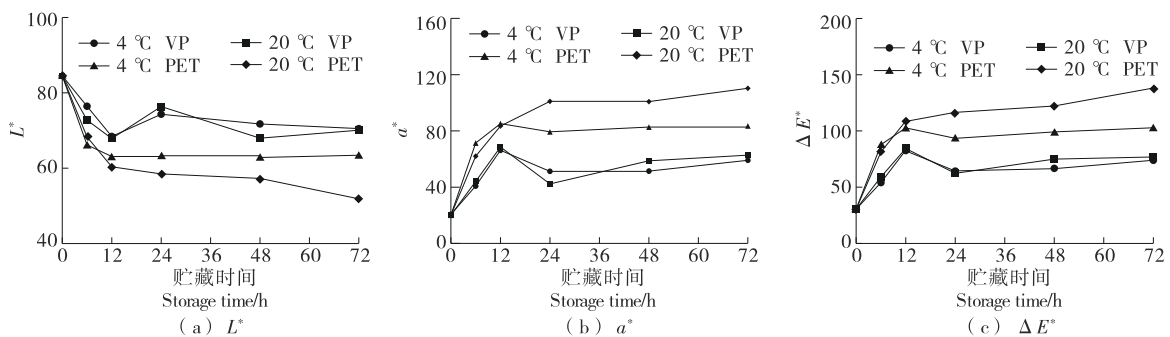


图2 包装方式和贮藏温度对鲜切马铃薯贮藏期间色泽的影响

Figure 2 Effects of different packaging methods and storage temperatures on the color of fresh-cut potatoes during storage

分别为 73.92 和 76.93, 但 20 °C VP 的样品此时已严重胀袋。因此, 真空包装 4 °C 贮藏的效果较佳。

2.2 抗坏血酸质量浓度对鲜切马铃薯品质的影响

2.2.1 对鲜切马铃薯质量损失和硬度的影响 如图 3 所示, 低浓度 AsA 处理的鲜切马铃薯表现出更低的质量损失, 0.5 g/100 mL AsA 组和 1.0 g/100 mL AsA 组在贮藏 72 h 时的质量损失率分别为 1.57%, 1.68%。VP 组、3.0 g/100 mL AsA 组及 5.0 g/100 mL AsA 组在贮藏 72 h 时的质量损失率分别为 2.41%, 2.76%, 2.30%。因此, 低浓度 AsA 处理可更有效地减少鲜切马铃薯贮藏期间的水分流失, 而高浓度 AsA 处理会对鲜切马铃薯品质造成不利影响。此外, 不同浓度 AsA 处理的样品的硬度在贮藏期间均有不同程度的上升, 这是由于马铃薯块茎受到机械损

伤产生愈伤组织所致^[17]。0.5 g/100 mL AsA 处理的鲜切马铃薯样品在贮藏期间硬度从 1.103×10^6 Pa 上升至 1.299×10^6 Pa, 相比于其他条件, 硬度变化程度更小, 且贮藏 72 h 后质量损失最小, 表明 0.5 g/100 mL AsA 处理可有效延缓鲜切马铃薯愈伤组织的形成, 与 Zhou 等^[18]的研究结果一致。

2.2.2 抗坏血酸质量浓度对鲜切马铃薯色泽的影响 如图 4 所示, 在整个贮藏期间, 马铃薯样品的 L^* 值均呈下降趋势, 而 a^* 值和 ΔE 呈上升趋势, 说明随着贮藏时间的延长鲜切马铃薯的色泽变暗, 各处理下的样品均呈现不同程度的褐变。相比于 VP 组、0.5 g/100 mL AsA 组和 1.0 g/100 mL AsA 组, 3.0 g/100 mL AsA 组、5.0 g/100 mL AsA 组的褐变程度更大。贮藏 72 h 时, 3.0 g/100 mL AsA

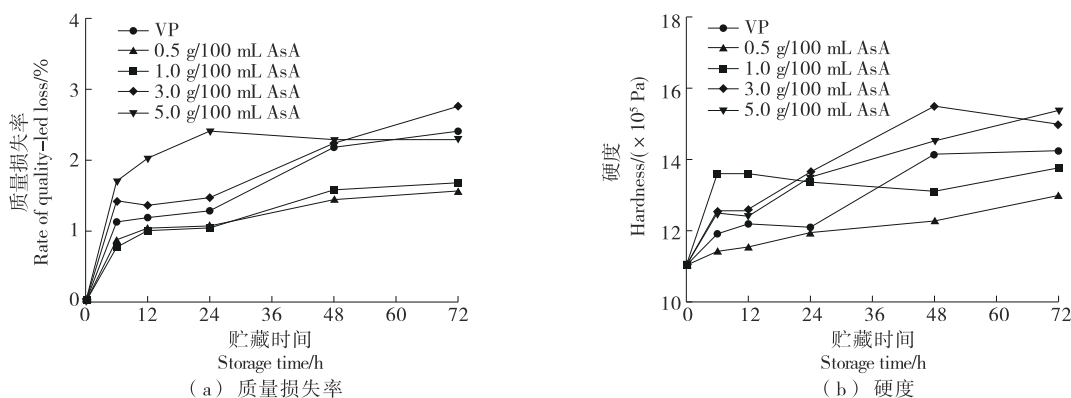


图 3 抗坏血酸质量浓度对鲜切马铃薯贮藏期间质量损失率、硬度的影响

Figure 3 Effects of different concentrations of ascorbic acid on the mass loss rate and hardness of fresh-cut potatoes during storage

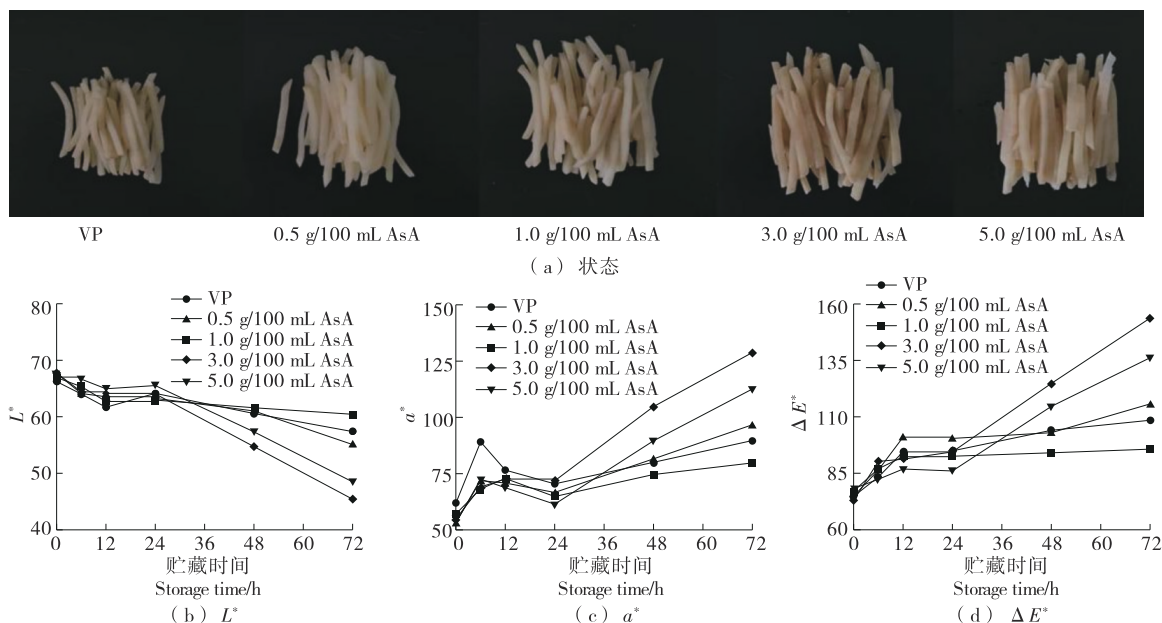


图 4 抗坏血酸质量浓度对鲜切马铃薯贮藏期间色泽的影响

Figure 4 Effect of ascorbic acid concentration on the color of fresh-cut potatoes during storage

组和 5.0 g/100 mL AsA 组样品的 a^* 值分别为 128.79 和 112.60, 而 0.5 g/100 mL AsA 组样品的 a^* 值仅为 79.76。此外, 3.0 g/100 mL AsA 组和 5.0 g/100 mL AsA 组样品的 L^* 值下降程度和 ΔE 上升程度高于 VP 组、0.5 g/100 mL AsA 组和 1.0 g/100 mL AsA 组的。结果表明, 相比于高浓度 AsA 处理组, VP 组和低浓度 AsA 处理组可获得更好的褐变抑制效果。进一步分析表明, 0.5 g/100 mL AsA 处理较 1.0 g/100 mL AsA 处理表现出更高的 L^* 值、更低的 a^* 值和 ΔE 。因此, 选择 0.5 g/100 mL AsA 结合真空包装进一步评估其对鲜切马铃薯的保鲜效果。

2.3 真空包装协同抗坏血酸对鲜切马铃薯质量损失的影响

如图 5 所示, 不同处理下的鲜切马铃薯质量损失率在整个贮藏期间内均呈上升趋势, 这是由于切割后马铃薯的呼吸作用加剧所引起的^[19-20]。单独真空包装 (VP 组) 和 VP-AsA 组在贮藏前 9 d 的质量损失均相差不大, 9 d 后 VP 组的质量损失率显著上升 ($P < 0.05$), 贮藏第 15 天 VP 组的鲜切马铃薯样品质量损失率为 19.05%, 是 VP-AsA 组 (9.71%) 的 1.96 倍 ($P < 0.05$)。结果表明, 与 VP 组相比, VP-AsA 组可以更好地维持鲜切马铃薯贮藏期间 15 d 内的水分含量, 减少营养物质流失, 同时能够有效保持贮藏 12 d 内鲜切马铃薯的质量, 这与邓钦予等^[21]的研究报道相似。

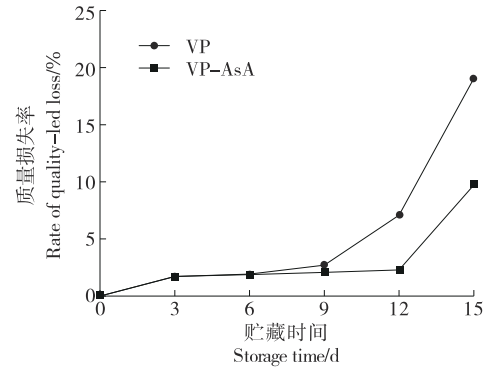


图 5 真空包装及其协同抗坏血酸对鲜切马铃薯贮藏期间质量损失的影响

Figure 5 Effects of vacuum packaging and vacuum packaging combined with ascorbic acid on the mass loss rate of fresh-cut potatoes during storage

2.4 真空包装协同抗坏血酸对鲜切马铃薯外观品质的影响

如图 6 所示, 两组鲜切马铃薯在贮藏期间肉眼观察色泽变化均不明显。这归因于真空包装能够隔绝氧气, 防止氧气与鲜切马铃薯接触, 从而达到抑制褐变的效果^[22]。因此该结果表明氧化是导致果蔬褐变的主要因素, 真空包装在抑制褐变方面起着主效作用。另一方面, 真空包装存在

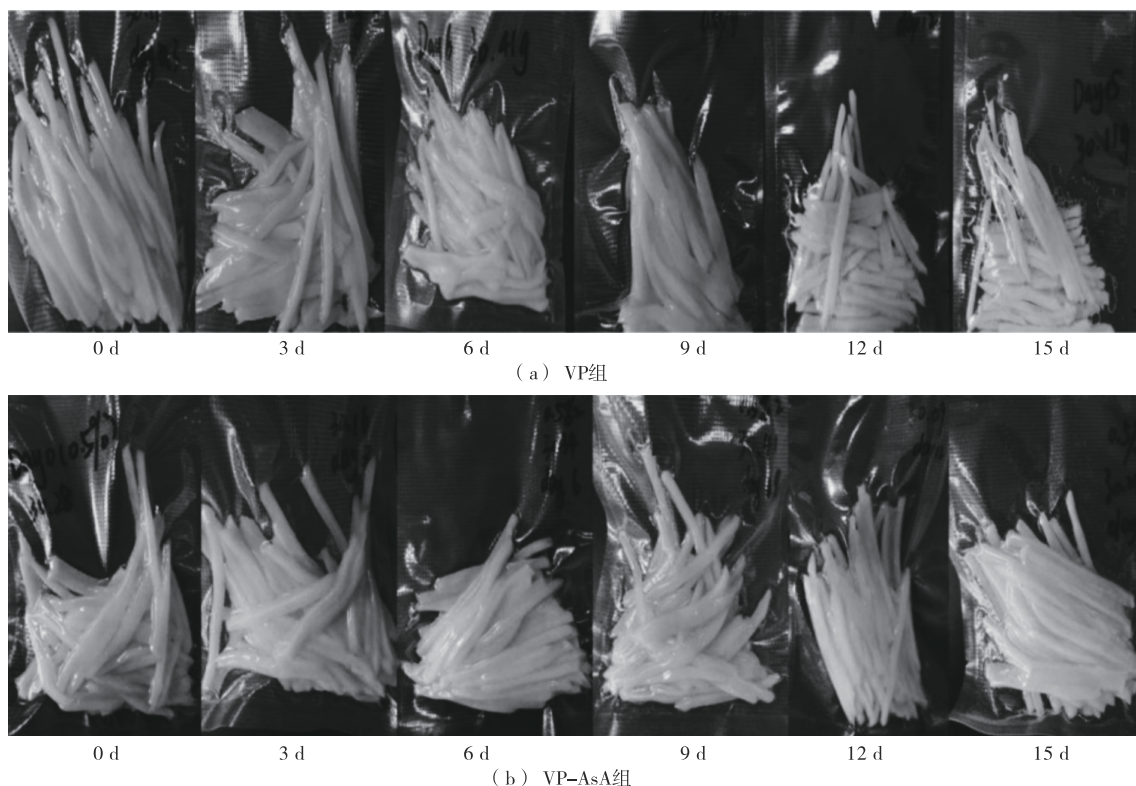


图 6 真空包装及其协同抗坏血酸处理对鲜切马铃薯贮藏期间外观品质的影响

Figure 6 Effects of vacuum packaging and vacuum packaging combined with ascorbic acid on the appearance quality of fresh-cut potatoes during storage

易胀袋的问题,这是由于切后果蔬的生理代谢旺盛以及呼吸作用导致,贮藏后期可能会加速腐败、失水等现象的产生^[14]。VP 组和 VP-AsA 组分别于贮藏 12, 15 d 时出现气泡及析水现象。此现象的产生表明马铃薯组织已失水。

L^* 值和 ΔE 值适用于褐变主导的色泽变化。如图 7 所示,贮藏期间不同处理的鲜切马铃薯 L^* 值呈下降趋势, ΔE 值呈上升趋势,说明真空包装和抗坏血酸虽都能起到抑制褐变的效果,但仍然只能减轻,无法完全抑制马铃薯组

织褐变衰老。VP 组和 VP-AsA 组鲜切马铃薯的 L^* 值和 ΔE 值分别在贮藏 6, 3 d 时开始发生显著变化 ($P < 0.05$), VP-AsA 组相对于 VP 组表现出更高的 L^* 值和更低的 ΔE 值,表明真空包装与抗坏血酸抑制褐变的效果可叠加。真空包装通过营造低氧环境来预防果蔬组织接触氧气,减少褐变^[23];同时,抗坏血酸作为抗氧化剂,可进一步减少氧化损伤^[24],两者协同作用相比于单独真空包装,可以更好地维持鲜切马铃薯贮藏期间的色泽。

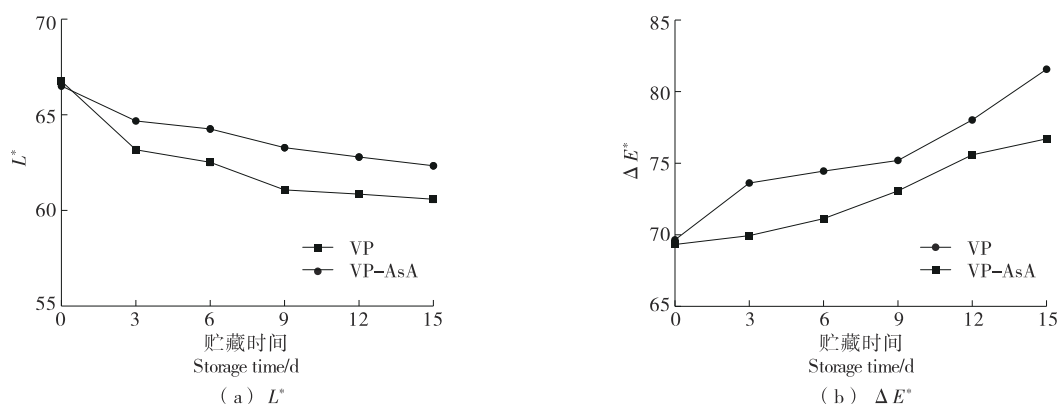


图 7 真空包装及其协同抗坏血酸处理对鲜切马铃薯贮藏期间色泽的影响

Figure 7 Effects of vacuum packaging and vacuum packaging combined with ascorbic acid on the color of fresh-cut potatoes during storage

3 结论

(1) 真空包装可高效抑制鲜切马铃薯在贮藏期间的褐变产生;在真空条件下,贮藏温度对鲜切马铃薯的褐变影响不大,但在质量损失方面,4℃贮藏较20℃贮藏能有效延缓质量损失;而且真空包装4℃贮藏较PET包装4, 20℃贮藏能更好维持样品硬度,延缓质量损失及褐变。

(2) 高浓度抗坏血酸并不能起到更好的抗氧化效果, 3, 5 g/100 mL 抗坏血酸处理时鲜切马铃薯褐变和质量损失更严重,同时会引起鲜切马铃薯硬度上升。0.5 g/100 mL 抗坏血酸处理下的鲜切马铃薯品质最佳。

(3) 0.5 g/100 mL 抗坏血酸协同真空包装比单独真空包装能更好地维持鲜切马铃薯品质。二者协同机制源于低氧环境与抗坏血酸的双重调控:真空包装通过抑制多酚氧化酶(PPO)的氧依赖性活性延缓褐变,而0.5 g/100 mL 抗坏血酸不仅清除自由基,还能抑制氧化酶活性。

参考文献

[1] 许慧娇. 鲜切马铃薯保鲜技术研究进展[J]. 农产品加工, 2021 (10): 70-72.
XU H J. The research progress of fresh-cut potato preservation technology[J]. Farm Products Processing, 2021(10): 70-72.

[2] 石钰琢, 杨松, 黄栋, 等. 鲜切果蔬物理保鲜技术研究进展[J]. 食品科技, 2023, 48(7): 37-42.
SHI Y Z, YANG S, HUANG D, et al. Advances on physical preservation technology of fresh-cut fruits and vegetables[J]. Food Science and Technology, 2023, 48(7): 37-42.
[3] 李彩云, 李洁, 严守雷, 等. 果蔬酶促褐变机理的研究进展[J]. 食品科学, 2021, 42(9): 283-292.
LI C Y, LI J, YAN S L, et al. Progress in research on the mechanism of enzymatic browning in fruits and vegetables[J]. Food Science, 2021, 42(9): 283-292.
[4] AKRAM N A, SHAFIQ F, ASHRAF M. Ascorbic acid-a potential oxidant scavenger and its role in plant development and abiotic stress tolerance[J]. Frontiers in Plant Science, 2017, 8: 613.
[5] 刘鑫洋. 甜玉米真空包装技术及货架期预测模型研究[D]. 无锡: 江南大学, 2022: 7-8.
LIU X Y. Study on vacuum packaging technology and shelf life prediction model of sweet corn[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2022: 7-8.
[6] 巩玉芬. 不同温度贮藏对鲜切蔬菜品质变化的影响及其货架期预测模型的建立[D]. 天津: 天津商业大学, 2014: 5.
GONG Y F. Effect of temperature on the quality characters of fresh-cut vegetables and the predictive model construction of the shelf-life[D]. Tianjin: Tianjin University of Commerce, 2014: 5.

- [7] 刘程惠, 胡文忠, 姜爱丽, 等. 不同贮藏温度下鲜切马铃薯的生理生化变化[J]. 食品与机械, 2008, 24(2): 38-42.
LIU C H, HU W Z, JIANG A L, et al. Physio-biochemical changes of fresh-cut potato at different storage temperatures[J]. Food & Machinery, 2008, 24(2): 38-42.
- [8] MENG X Y, ZHANG M, ADHIKARI B. Extending shelf-life of fresh-cut green peppers using pressurized argon treatment[J]. Postharvest Biology and Technology, 2012, 71: 13-20.
- [9] 索慧敏, 黄欢, 王杰, 等. 氯化钙对超高压处理的鲜切马铃薯硬度改善效果的研究[J]. 中国粮油学报, 2021, 36(10): 29-34.
SUO H M, HUANG H, WANG J, et al. Effect of calcium chloride in the improvement of the hardness of fresh-cut potato treated by ultra-high pressure[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2021, 36(10): 29-34.
- [10] SHEN X, ZHANG M, FAN K, et al. Effects of ϵ -polylysine/chitosan composite coating and pressurized argon in combination with MAP on quality and microorganisms of fresh-cut potatoes[J]. Food and Bioprocess Technology, 2020, 13(1): 145-158.
- [11] 刘欢, 赵焱羽, 周飘飘, 等. 1-MCP 和短波紫外线照射处理结合真空包装对鲜切莴笋保鲜效果的影响[J]. 食品研究与开发, 2022, 43(15): 78-86.
LIU H, ZHAO H Y, ZHOU P P, et al. Combination treatment of fresh-cut asparagus lettuce by 1-methylcyclopropene, short-wave ultraviolet radiation and vacuum packaging[J]. Food Research and Development, 2022, 43(15): 78-86.
- [12] 方宗壮, 段宙位, 窦志浩, 等. 真空包装结合低温处理对鲜切菠萝贮藏品质的影响[J]. 食品工业科技, 2018, 39(6): 259-264.
FANG Z Z, DUAN Z W, DOU Z H, et al. Effects of different vacuum packaging treatment with low temperature on storage quality of fresh-cut pineapple[J]. Science and Technology of Food Industry, 2018, 39(6): 259-264.
- [13] 徐冬颖, 周福慧, 蒋海峰, 等. 真空包装结合避光处理对鲜切马铃薯的品质影响[J]. 食品科学, 2020, 41(13): 184-192.
XU D Y, ZHOU F H, JIANG H F, et al. Effect of vacuum combined with light-proof packaging on quality of fresh-cut potatoes[J]. Food Science, 2020, 41(13): 184-192.
- [14] LIU C H, CHEN C, JIANG A L, et al. Effects of plasma-activated water on microbial growth and storage quality of fresh-cut apple[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2020, 59: 102256.
- [15] 刘程惠, 李雯, 姜爱丽, 等. 不同真空包装材料对鲜切甘薯品质的影响[J]. 包装工程, 2023, 44(9): 62-70.
LIU C H, LI W, JIANG A L, et al. Effects of different vacuum packaging materials on quality of fresh-cut sweet potatoes[J]. Packaging Engineering, 2023, 44(9): 62-70.
- [16] 王莉, 姜微波, 冯双庆. 贮藏温度与包装方式对切割生菜品质的影响[J]. 食品科学, 2004, 25(1): 177-179.
WANG L, JIANG W B, FENG S Q. Effects of temperature and packaging method on storing quality of shredded iceberg lettuce (*Lactuca sativa* L.) [J]. Food Science, 2004, 25(1): 177-179.
- [17] WOOLFSON K N, ZHUROV V, WU T, et al. Transcriptomic analysis of woundhealing in *Solanum tuberosum* (potato) tubers: evidence for a stepwise induction of suberin-associated genes[J]. Phytochemistry, 2023, 206: 113529.
- [18] ZHOU F H, XU D Y, LIU C H, et al. Ascorbic acid treatment inhibits wound healing of fresh-cut potato strips by controlling phenylpropanoid metabolism[J]. Postharvest Biology and Technology, 2021, 181: 111644.
- [19] 王艳, 汤卫东, 张亮. 壳聚糖+植酸复合涂膜对鲜切哈密瓜保鲜效果的影响[J]. 食品科技, 2022, 47(4): 48-53.
WANG Y, TANG W D, ZHANG L. Preservation effect of natural film with chitosan combining phytic acids on fresh-cutting cantaloupe[J]. Food Science and Technology, 2022, 47(4): 48-53.
- [20] 胡盼盼. 不同预涂膜方式对鲜切马铃薯贮藏品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(24): 135-140.
HU P P. Effects of different precoating methods on quality of stored fresh-cut potatoes[J]. Food Research and Development, 2021, 42(24): 135-140.
- [21] 邓钦予, 张杨涛, 郑果, 等. 外源抗坏血酸对鲜切竹根姜保鲜特性的影响[J]. 中国食品添加剂, 2023, 34(5): 176-183.
DENG Q Y, ZHANG Y T, ZHENG G, et al. Effects of exogenous ascorbic acid on fresh-keeping characteristics of fresh-cut Zhugen ginger[J]. China Food Additives, 2023, 34(5): 176-183.
- [22] MANJU S, JOSE L, SRINIVASA GOPAL T K, et al. Effects of sodium acetate dip treatment and vacuum-packaging on chemical, microbiological, textural and sensory changes of Pearlsplot (*Etroplus suratensis*) during chill storage[J]. Food Chemistry, 2007, 102(1): 27-35.
- [23] 张智宏, 杨逸凡, 韩新阳, 等. 预制菜包装技术的研究进展[J]. 包装工程, 2023, 44(9): 1-9.
ZHANG Z H, YANG Y F, HAN X Y, et al. Research progress on packaging technology of prepared food[J]. Packaging Engineering, 2023, 44(9): 1-9.
- [24] XU D Y, ZUO J H, LI P Y, et al. Effect of methyl jasmonate on the quality of harvested broccoli after simulated transport[J]. Food Chemistry, 2020, 319: 126561.