

不同包装材料对乌龙头贮藏品质的影响

陈 柏^{1,2}, 颀敏华^{1,2*}, 吴小华^{1,2}, 王学喜^{1,2}, 王彦淳^{1,2}

1. 甘肃省农业科学院农产品贮藏加工研究所, 兰州 730070;
2. 甘肃省果蔬贮藏加工技术创新中心, 兰州 730070

摘要: **目的** 研究不同包装材料对乌龙头贮藏品质的影响。**方法** 以‘长白’品种乌龙头为材料, 采用不同包装材料[普通聚乙烯(polyethylene, PE)食品袋(对照)、PE气调保鲜袋、聚氯乙烯(polyvinyl chloride, PVC)保鲜袋、PVC硅窗保鲜袋]对乌龙头进行贮藏, (1±1)°C下贮藏15 d, 研究包装材料对乌龙头感官品质、腐烂指数、呼吸强度、失重率、叶绿素含量、维生素C(vitamin C, VC)含量、粗纤维含量、丙二醛(malonaldehyde, MDA)含量、过氧化物酶(peroxidase, POD)活性和多酚氧化酶(polyphenol oxidase, PPO)活性等相关生理指标的影响。**结果** 3种保鲜袋均可以显著延长乌龙头贮藏期, 其中PVC硅窗保鲜袋的保鲜效果最佳, 与对照(PE食品袋)相比, 呼吸高峰出现推迟3 d。贮藏至12 d时, PVC硅窗保鲜袋的叶绿素含量和维生素C含量分别是对照的2.1倍和1.9倍, 与对照相比, 感官评分提高29.1%, 腐烂指数、失重率、粗纤维含量和MDA含量分别下降86.4%、50.3%、45.8%和42.4%, POD和PPO含量分别下降了37.5%和52.7%。**结论** PVC硅窗保鲜袋可显著抑制乌龙头贮藏期间感官品质和叶绿素含量的下降, 抑制其腐烂, 贮藏期延长3 d。

关键词: 乌龙头; 包装材料; 贮藏品质

Effects of different packaging materials on the storage quality of *Aralia chinensis*

CHEN Bai^{1,2}, XIE Min-Hua^{1,2*}, WU Xiao-Hua^{1,2}, WANG Xue-Xi^{1,2}, WANG Yan-Chun^{1,2}

1. Agricultural Product Storage and Processing Research Institute, Gansu Academy of Agricultural Science, Lanzhou 730070, China;
2. Gansu Innovation Center of Fruit and Vegetable Storage and Processing, Lanzhou 730070, China)

ABSTRACT: Objective To study the effects of different packaging materials on the storage quality of *Aralia chinensis*. **Methods** The ‘Changbai’ *Aralia chinensis* were treated with different packaging materials [polyethylene (PE) food bag (control), PE modified atmosphere preservation bag, polyvinyl chloride (PVC) preservation bag, PVC silicone window preservation bag] and stored at (1±1)°C for 15 days. The effects of packaging materials on quality index such as sensory quality, decay index, respiratory intensity, weight loss rate, chlorophyll content, vitamin C (VC) content, crude fiber content, malondialdehyde (MDA) content, peroxidase (POD) activity and polyphenol oxidase (PPO) activity were studied. **Results** The 3 types of preservation bags could significantly prolong the storage period of *Aralia chinensis*, among which the PVC silicone window preservation bag had the best fresh-keeping effect. Compared with the control, the respiratory peak was delayed by 3 days. On the 12th day of

基金项目: 甘肃省农业科学院农业科技创新专项(2020GAAS50)、甘肃省引导科技创新发展专项资金项目(2019GAAS03)

Fund: Supported by the Gansu Academy of Agricultural Sciences Agricultural Science and Technology Innovation Special Project (2020GAAS50), and the Gansu Province Guiding Science and Technology Innovation Development Special Fund Project (2019GAAS03)

*通信作者: 颀敏华, 博士, 研究员, 主要研究方向为果蔬贮藏保鲜。E-mail: xieminhuags@126.com

*Corresponding author: XIE Min-Hua, Ph.D, Professor, Agricultural Product Storage and Processing Research Institute, Gansu Academy of Agricultural Science, Lanzhou 730070, China. E-mail: xieminhuags@126.com

storage, the chlorophyll content and VC content of the PVC silicone window preservation bag were 2.1 and 1.9 times higher than the control, respectively. Compared with the control, the sensory score improved by 29.1%, and the decay index, weight loss rate, crude fiber content, and MDA content decreased by 86.4%, 50.3%, 45.8% and 42.4%, respectively. The POD activity and PPO activity decreased by 37.5% and 52.7%, respectively. **Conclusion** PVC silicone window preservation bag can significantly inhibit the decrease in sensory quality and chlorophyll content of *Aralia chinensis* during storage, inhibit its decay, and extend the storage period by 3 days.

KEY WORDS: *Aralia chinensis*; packaging materials; storage quality

0 引言

乌龙头(*Aralia chinensis*)又名刺嫩芽,广泛分布于我国吉林、辽宁、陕西、甘肃等地区,是山林地区所产名贵野菜。因其风味浓郁、营养丰富、保健作用高,而深受消费者喜爱,市场前景广阔^[1-4]。近年来,人工栽培乌龙头的产业规模越来越大,对山林地区的经济发展起到了重要作用^[5]。且由于乌龙头的采收季节性强,嫩芽代谢旺盛,贮藏期间易发生失水萎蔫、枝叶腐烂的现象,严重影响其销售和食用^[6]。通过速冻、腌制等方式,虽可以延长贮存期,但已失去其原有的风味。因此,探寻安全、有效的保鲜方式是乌龙头产业发展的必然需要。现有研究表明保鲜剂、涂膜、气调等处理方法能够保持乌龙头品质,延长其贮藏期^[7-10]。

包装材料可通过调节贮藏环境中 O₂ 浓度、CO₂ 浓度和湿度等条件,有效提高蔬菜的贮藏品质。成培芳等^[11]发现自发气调包装可减缓菠菜失水失重,有效保持叶绿素,抑制丙二醛(malondialdehyde, MDA)积累,延缓衰老。郑丽静等^[12]发现微孔保鲜袋和普通聚乙烯(polyethylene, PE)保鲜袋可有效抑制油菜菜失水,减轻腐烂。王颖荣等^[13]认为 0℃下自发气调包装贮藏的鸡毛菜感官品质最高,可延缓维生素 C (vitamin C, VC)降解和叶绿素下降。普红梅等^[14]研究发现,FM 保鲜袋处理的生菜,贮藏期间 VC 含量和含水量最高,商品性最好。目前针对乌龙头贮藏包装材料的研究仍较少,前期预实验研究发现, (1±1)℃ 温度下使用聚氯乙烯(polyvinyl chloride, PVC)保鲜袋可显著抑制乌龙头腐烂,延长贮藏期,但低温条件下,不同包装材料对乌龙头贮藏品质的影响。本研究以甘肃天水地区人工栽培的‘长白’乌龙头为研究对象,研究不同包装材料[普通聚乙烯(polyethylene, PE)食品袋、PE 气调保鲜袋、PVC 保鲜袋和 PVC 硅窗保鲜袋]对乌龙头低温贮藏期间感官品质和营养品质的影响,以期筛选出适宜乌龙头贮藏的包装材料,延长乌龙头贮藏期,提高贮藏品质,为乌龙头保鲜提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

‘太白’乌龙头采自甘肃省天水市绿野种养殖农民专业合作社基地,选取大小均匀、无损伤、无病虫害的新鲜乌龙头,采收后用冷藏车运输至甘肃农科院冷库待用。

PE 食品袋(购于市场,作为对照); PE 气调保鲜袋[国家农产品保鲜工程技术研究中心(天津)]; PVC 保鲜袋、PVC 硅窗保鲜袋(锦锐保鲜包装有限公司)。

95%乙醇、硫酸、氢氧化钾(分析纯,西陇科学股份有限公司); 三氯乙酸、硫代巴比妥酸(分析纯,国药集团化学试剂有限公司); 过氧化物酶、多酚氧化酶活力测定试剂盒[生工生物工程(上海)股份有限公司]。

1.2 仪器与设备

CA-10 型呼吸代谢测量系统(美国 Sable Systems 公司); Cary-100 型紫外分光光度计(美国瓦里安技术中国有限公司); TGL-16LM 型冷冻离心机(湖南星科科学仪器有限公司); BSA2202S 型电子天平(精度 0.01 g,北京赛多利斯集团有限公司)。

1.3 实验方法

将乌龙头依次装入 PE 食品袋(对照)、PE 气调保鲜袋、PVC 保鲜袋和 PVC 硅窗保鲜袋中,扎紧袋口,置于在 (1±1)℃ 贮藏。每处理每袋 1.0 kg, 每个处理 24 袋,其中 6 袋固定,分别用于测量呼吸强度和失重率,其余 18 袋分别于贮藏 0、3、6、9、12、15 d 时,随机抽选 3 袋用于测定其他各项品质指标。

1.4 测定指标

1.4.1 感官评分

参照陈柏等^[6]的方法,分别于贮藏 0、3、6、9、12、15 d 时,对乌龙头感官品质进行评分,按照表 1 评分标准计算,每处理随机抽取 3 袋,统计 30 棵乌龙头,取平均值。

1.4.2 腐烂指数

参照陈柏等^[6]的方法,分别于贮藏 0、3、6、9、12、15 d 时对乌龙头腐烂程度进行评价,每处理随机抽取 3 袋,统计 30 棵乌龙头,按照表 2 的分级标准进行分级,计算方法如公式(1)。

腐烂指数 = Σ 腐烂级别 × 腐烂颗数 / 总颗数 × 最高级数 (1)

1.4.3 呼吸速率

将乌龙头样品置于密闭容器中 2 h,注射器取 1 mL 气体,于 CA-10 型呼吸代谢测量系统中测定,采用气流法,气体流速 600 mL/min^[15]。

1.4.4 失重率

采用称重法测量,计算方法如公式(2)。

失重率/% = (初始重量 - 贮后重量) / 初始重量 × 100% (2)

表 1 感官品质的评分标准
Table 1 Criteria for sensory quality

评价指标	90~100	80~89	70~79	60~69	<60
色泽	叶片呈紫色, 中部根部呈绿色	叶片呈深紫色, 中部根部呈绿色	叶片呈深紫色, 中部根部呈墨绿色	叶片呈黑色, 中部根部呈墨绿色	叶片呈黑色, 中部根部呈墨绿色, 有褐斑
气味	有香味, 无异味	气味变淡	无异味	有异味	异味严重

表 2 腐烂指数的分级标准
Table 2 Classification standard of decay index

等级	腐烂指数
0 级	无腐烂
1 级	腐烂面积<10%
2 级	10%<腐烂面积<20%
3 级	20%<腐烂面积<30%
4 级	30%<腐烂面积

1.4.5 叶绿素含量

取 1 g 混匀后的乌龙头样品, 于研钵中加入 5 mL 95% 的乙醇和少量石英砂, 研磨后静止, 转移至 50 mL 棕色容量瓶, 95%乙醇定容。紫外分光光度计在 663、645 nm 波长处检测吸光值^[6]。

1.4.6 VC 含量

采用 2, 6-二氯酚酚滴定法测定 VC 含量^[16]。

1.4.7 粗纤维

粗纤维含量的测定参照 GB/T 5009.10—2003《植物类食品中粗纤维的测定》中的酸碱洗涤法。

1.4.8 MDA 含量

MDA 含量采用硫代巴比妥酸比色法测定^[10]。

1.4.9 过氧化物酶活力和多酚氧化酶

取 2 g 样品低温研磨, 测定样品酶活力。过氧化物酶活力(peroxidase, POD)和多酚氧化酶(polyphenol oxidase, PPO)采用酶测定试剂盒测定。

1.5 数据处理

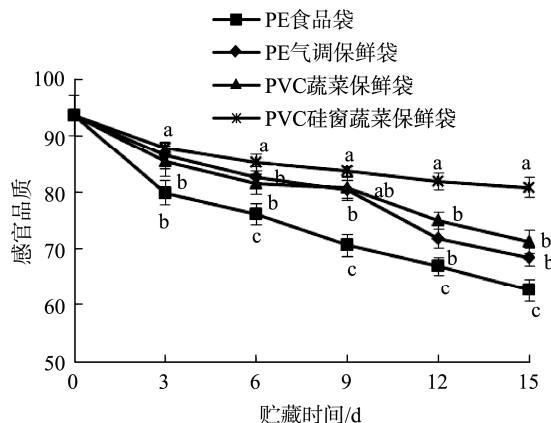
实验重复 3 次测定, 采用 Excel 2010 软件进行数据分析与制图, 采用 SPSS 22.0 软件进行差异性分析。

2 结果与分析

2.1 不同包装材料对乌龙头感官评分的影响

感官评分直接反映乌龙头新鲜度^[6]。由图 1 可知, 贮藏至 12 d 时, PE 食品袋感官评分下降为 66.8, 叶片墨绿色并产生异味, 已失去商品性。贮藏至 15 d 时, PE 气调保鲜袋感官评分下降为 68.5, 失去价值, 而 PVC 保鲜袋和 PVC 硅窗保鲜袋感官评分分别为 71.2 和 80.8, 仍具有商品性。其中, PVC 硅窗保鲜袋对乌龙头感官评分保持效果最好, 与 PE 食品袋、PE 气调保鲜袋和 PVC 保鲜袋相比, 感官评分分别提升 29.1%、17.9%和 13.5%, 差异均显著($P<0.05$)。有研究表明, 硅窗具有较大的 CO₂ 和 O₂ 透气比, 可以调节包装袋内气体成分, 提升蔬菜感官评分, 延缓衰老^[17-19]。

本研究中硅窗蔬菜保鲜袋对乌龙头贮藏品质的变化和气体环境的变化相关有待进一步研究。



注: 不同字母表示同一贮藏时间组间差异显著, $P<0.05$, 下同。

图 1 不同包装材料对乌龙头感官评分的影响

Fig.1 Effects of different packaging materials on sensory quality of *Aralia chinensis*

2.2 不同包装材料对乌龙头腐烂指数的影响

腐烂指数是反映果蔬贮藏品质的重要指标, 随贮藏时间延长, 腐烂加重。如图 2 所示, PE 食品袋于贮藏 6 d 开始出现腐烂, 且贮藏期间腐烂指数高于其他包装材料。PE 气调保鲜袋、PVC 保鲜袋和 PVC 硅窗保鲜袋与 PE 食品袋相比, 出现腐烂的时间分别延长了 3、6 和 9 d。贮藏

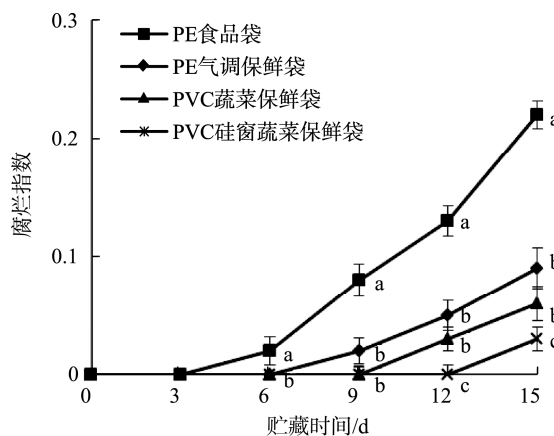


图 2 不同包装材料对乌龙头腐烂指数的影响

Fig.2 Effects of different packaging materials on rot index of *Aralia chinensis*

15 d 时, PE 食品袋、PE 气调保鲜袋、PVC 保鲜袋和 PVC 硅窗保鲜袋的腐烂指数分别为 0.22、0.09、0.06 和 0.03。PVC 硅窗保鲜袋与 PE 食品袋、PE 气调保鲜袋和 PVC 保鲜袋相比, 腐烂指数分别下降 86.4%、66.7%和 50.0%, 差异均显著($P < 0.05$)。PVC 硅窗保鲜袋可以显著抑制乌龙头腐烂程度, 可能与其可调节袋内气体环境, 避免乌龙头厌氧呼吸, 从而减轻腐烂有关。

2.3 不同包装材料对乌龙头失重率的影响

失重率也是反映乌龙头贮藏品质的重要指标。随着贮藏期延长, 乌龙头叶片萎蔫, 失重率升高^[7]。由图 3 可知, 各处理贮藏期间失重率均呈上升趋势, 其中 PE 食品袋贮藏期间失重率快速上升, 高于其他包装材料。至贮藏 15 d 时, PE 食品袋、PE 气调保鲜袋和 PVC 保鲜袋与 PVC 硅窗保鲜袋的失重率分别为 13.3%、8.98%、6.45%和 6.44%; 与 PE 食品袋相比, PE 气调保鲜袋和 PVC 保鲜袋与 PVC 硅窗保鲜袋失重率分别降低 32.6%、51.6%和 50.3%, 差异显著($P < 0.05$), PVC 保鲜袋与 PVC 硅窗保鲜袋之间, 差异不显著($P > 0.05$), 两者均可以显著延缓萎蔫, 降低质量损失。另一方面, 也说明硅窗透气性好, 透湿性差, 可以抑制乌龙头贮藏期间水分的丢失。

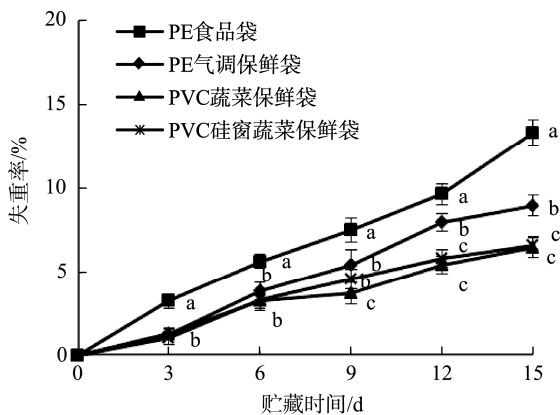


图 3 不同包装材料对乌龙头失重率的影响

Fig.3 Effects of different packaging materials on weight loss rate of *Aralia chinensis*

2.4 不同包装材料对乌龙头粗纤维含量的影响

粗纤维含量越高, 乌龙头的老化程度越重^[20]。如图 4 所示, 除 PE 食品袋外, 其他 3 种包装材料贮藏期间整体上升趋势较平缓。贮藏 9 d 时, PE 食品袋粗纤维含量快速上升, 达 1.62%, 与其他处理差异显著($P < 0.05$)。至贮藏 15 d 时, 与 PVC 硅窗保鲜袋的粗纤维含量为 1.19%, 与 PE 食品袋、PE 气调保鲜袋和 PVC 保鲜袋处理相比, 粗纤维含量分别下降了 45.8%、12.8 和 19.1%, 差异均显著($P < 0.05$), PE 气调保鲜袋和 PVC 保鲜袋之间, 差异不显著($P > 0.05$)。与对照相比, 各保鲜袋处理均可以显著抑制乌龙头采后粗纤维含量的增加, 可能是由于其能降低水分丢失, 抑制细胞

次生壁加厚, 进而延缓其老化进程^[21]。

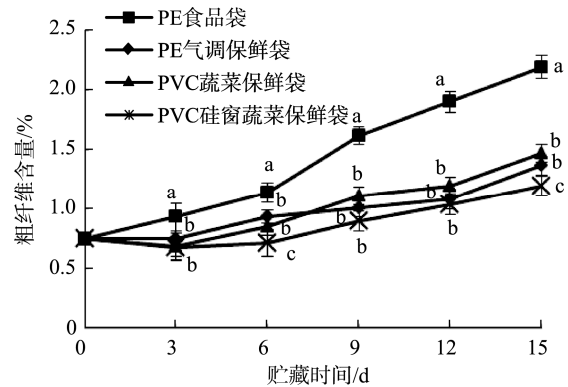


图 4 不同包装材料处理对乌龙头粗纤维含量的影响

Fig.4 Effects of different packaging materials on the crude fiber content of *Aralia chinensis*

2.5 不同包装材料对乌龙头叶绿素含量的影响

叶绿素含量可以代表乌龙头的外观品质, 可作为衡量果蔬绿色程度的指标^[22-24]。由图 5 可知, 贮藏期间各处理乌龙头叶绿素含量均呈下降趋势, PE 食品袋的叶绿素含量一直低于其他处理组。贮藏 15 d 时, PVC 硅窗保鲜袋的叶绿素含量为 4.1 mg/g, 是 PE 食品袋、PE 气调保鲜袋和 PVC 保鲜袋叶绿素含量的 2.1 倍、1.2 倍和 1.3 倍, 差异显著($P < 0.05$), PE 气调保鲜袋和 PVC 保鲜袋之间差异不显著($P > 0.05$)。上述结果表明, 保鲜袋均可以延缓乌龙头叶绿素含量下降, 硅窗蔬菜保鲜袋效果更好, 说明其可以一定程度的抑制乌龙头生理代谢, 延缓叶绿素含量下降。

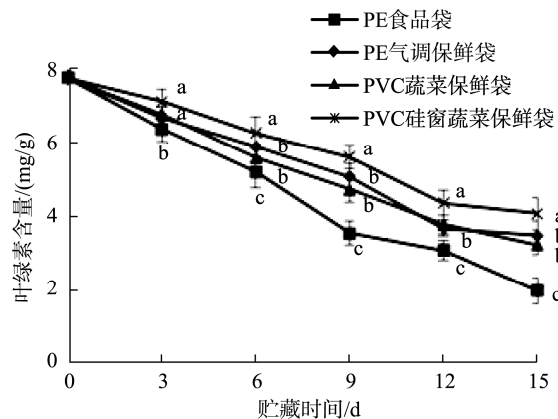


图 5 不同包装材料对乌龙头叶绿素含量的影响

Fig.5 Effects of different packaging materials on the chlorophyll content of *Aralia chinensis*

2.6 不同包装材料对乌龙头 VC 含量的影响

VC 是果蔬的一种重要营养物质, 具有一定的抗氧化作用。由图 6 可知, 所有处理的乌龙头 VC 含量贮藏期间均呈下降趋势。贮藏 3 d 时, 各保鲜袋处理直接差异不显著($P > 0.05$)。至贮藏 15 d 时, PE 食品袋、PE 气调保鲜袋、

PVC 保鲜袋和 PVC 硅窗保鲜袋的 VC 含量分别为 2.8、3.6、4.1、5.4 mg/100 g, 其中 PVC 硅窗保鲜袋保鲜效果最好, 是 PE 食品袋、PE 气调保鲜袋和 PVC 保鲜袋的 1.9 倍、1.5 倍和 1.3 倍。说明保鲜袋处理可以显著保持乌龙头 VC 含量, 维持贮藏期间的营养品质。

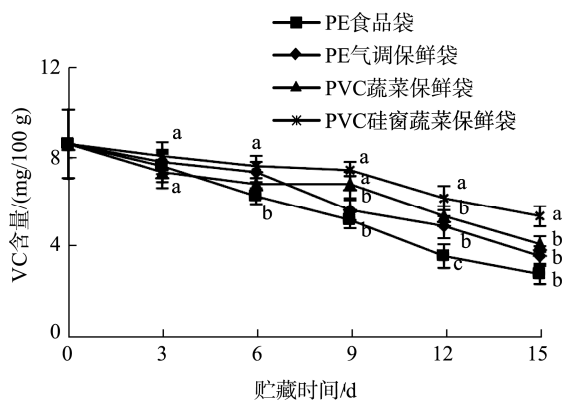


图 6 不同包装材料对乌龙头 VC 含量的影响
Fig.6 Effects of different packaging materials on VC content of *Aralia chinensis*

2.7 不同包装材料对乌龙头呼吸速率的影响

呼吸消耗是引起果蔬贮藏期间失重的重要因素, 呼吸强度越高, 衰老速度越快。乌龙头采后的呼吸作用会产生呼吸热, 加快生理生化变化, 降低贮藏品质^[9]。前人研究发现, 包装材料可显著降低蔬菜的采后呼吸强度, 提升贮藏品质^[25-28]。由图 3 可知, PE 食品袋、于贮藏 9 d 出现呼吸高峰, 呼吸速率为 $166.5 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, 随后开始下降。PE 气调保鲜袋、PVC 保鲜袋和 PVC 硅窗保鲜袋于贮藏 12 d 出现呼吸高峰, 峰值分别为 137.2 、 132.5 和 $121.2 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, 与 PE 食品袋相比, 呼吸速率峰值下降 17.6%、20.4% 和 27.2%。3 个保鲜袋处理均可以抑制乌龙头的呼吸作用, 降低其呼吸峰值, 呼吸高峰出现推迟 3 d, 从而维持较好的贮藏品质。

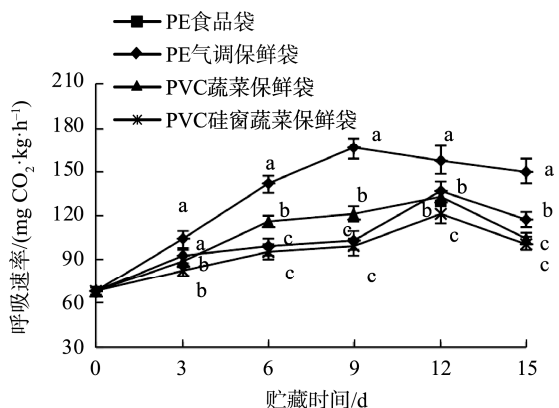


图 7 不同包装材料对乌龙头呼吸速率的影响
Fig.7 Effects of different packaging materials on respiration rate of *Aralia chinensis*

2.8 不同包装材料对乌龙头 MDA 含量的影响

MDA 可以反映乌龙头贮藏期间膜脂过氧化程度, MDA 含量越高, 说明乌龙头的细胞损伤程度越重^[7]。由图 8 可知, 各处理 MDA 含量贮藏期间均呈上升趋势。贮藏 9 d 时, PE 食品袋快速上升, MDA 含量 $6.1 \mu\text{mol/g}$, 与其他处理组差异显著 ($P < 0.05$)。至贮藏 15 d 时, PE 食品袋、PE 气调保鲜袋、PVC 保鲜袋和 PVC 硅窗保鲜袋的 MDA 含量分别为 8.5 、 6.1 、 5.3 和 $4.9 \mu\text{mol/g}$, 3 个保鲜袋与 PE 食品袋相比, MDA 含量分别下降 28.2%、37.7% 和 42.4%, 差异显著 ($P < 0.05$), PVC 保鲜袋和 PVC 硅窗保鲜袋之间差异不显著 ($P > 0.05$)。PVC 保鲜袋和 PVC 硅窗保鲜袋效果更好, 可能是 PVC 材料对膜脂过氧化作用的抑制效果更好, 可以降低 MDA 含量的增加, 提高贮藏品质。

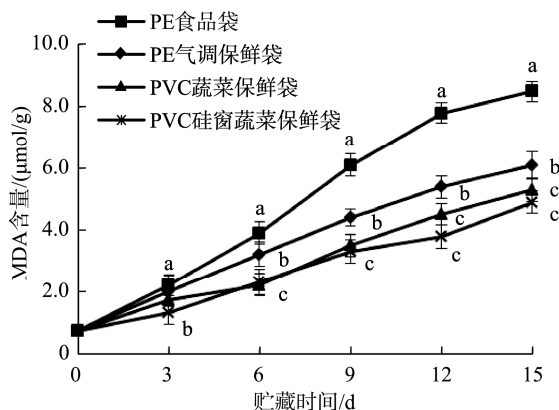


图 8 不同包装材料对乌龙头 MDA 含量的影响
Fig.8 Effects of different packaging materials on MDA content of *Aralia chinensis*

2.9 不同包装材料对乌龙头 POD 含量的影响

POD 是果蔬清除活性氧的关键酶指标, 可以评价乌龙头衰老程度。随着贮藏期延长, 各处理乌龙头的 POD 含量呈缓慢上升趋势, 贮藏期间 PE 食品袋的 POD 含量最高。

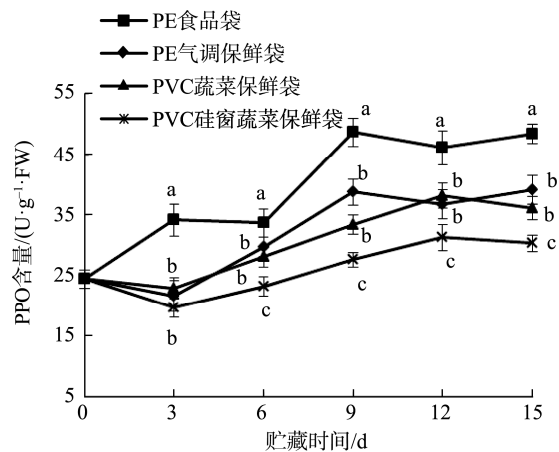


图 9 不同包装材料对乌龙头 POD 含量的影响
Fig.9 Effects of different packaging materials on POD content of *Aralia chinensis*

PE 气调保鲜袋、PVC 保鲜袋和 PVC 硅窗保鲜袋于贮藏 3 d 时 POD 活性下降, 随后上升。贮藏至 9 d 时, PE 食品袋的 POD 含量达到最高, 为 $48.8 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{FW}$ 。贮藏至 15 d 时, PVC 硅窗保鲜袋 POD 含量为 $30.3 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{FW}$, 与 PE 食品袋、PE 气调保鲜袋和 PVC 保鲜袋相比, 分别下降了 37.5%、22.7% 和 16.3%, 差异均显著 ($P < 0.05$), PE 气调保鲜袋和 PVC 保鲜袋之间差异不显著 ($P > 0.05$)。说明 PVC 硅窗保鲜袋可以显著抑制 POD 的活性, 抑制膜脂过氧化物的积累, 从而延长其贮藏期, 这也与张丹等^[21]关于 1-MCP 处理抑制刺嫩芽 POD 活性的研究一致。

2.10 不同包装材料对乌龙头 PPO 含量的影响

PPO 会催化乌龙头中酚类物质氧化为醌, 并过聚合反应导致组织褐变^[9]。不同保鲜剂处理对乌龙头 PPO 含量的影响如图 10 所示。随着贮藏期延长, 各处理乌龙头的 PPO 含量呈先降后升趋势, 如图 9。贮藏至 15 d 时, 各处理 PPO 含量达到最高, 其中 PVC 硅窗保鲜袋的 PPO 含量最低, 为 $14.6 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{FW}$ 。与 PE 食品袋、PE 气调保鲜袋和 PVC 保鲜袋相比, PPO 含量分别下降了 52.7%、34.9% 和 28.8%, 差异均显著 ($P < 0.05$)。由此可见, PVC 硅窗保鲜袋处理可以抑制乌龙头的 PPO 活力, 减缓酚类物质氧化变色, 效果优于其他保鲜袋。

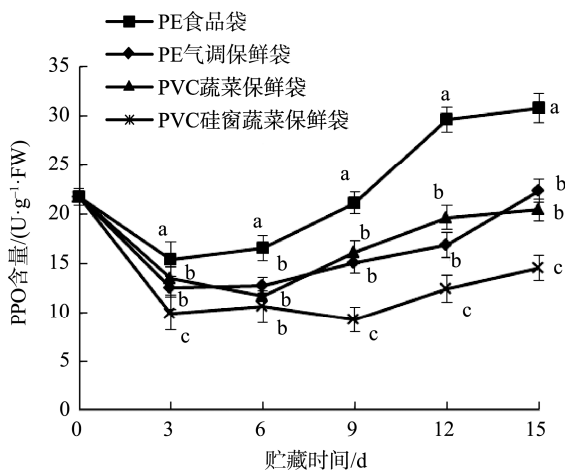


图 10 不同包装材料对乌龙头 PPO 含量的影响

Fig.10 Effects of different packaging materials on PPO content of *Aralia chinensis*

3 结论

贮藏中使用保鲜袋, 可减缓果蔬失水褐变, 有效降低蔬菜贮藏期间的生理代谢, 延缓果蔬衰老^[29-32]。本研究探讨了不同包装材料对乌龙头贮藏品质的影响, 结果表明, 与 PE 食品袋相比, PE 气调保鲜袋, PVC 保鲜袋和 PVC 硅窗保鲜袋均可以显著提升乌龙头的感官评分, 降

低腐烂率, 和提升叶绿素含量, 降低 POD 和 PPO 活性, 提高乌龙头贮藏品质。其中, PVC 硅窗保鲜袋的效果最好, 对乌龙头感官品质保持、抑制腐烂和 POD、PPO 活性方面的效果优于其他保鲜袋处理, 贮藏品质最佳。由于气候条件、管理水平可能存在差异, 本研究中筛选出的包装材料在其他地区乌龙头和‘太白’等其他不同品种上的保鲜效果, 以及袋内气体环境与乌龙头生理代谢活动的相互作用机制有待进一步研究。

参考文献

- [1] ZHANG Y, HAN FY, WU J, *et al.* Triterpene saponins with α -glucosidase and PTP1B inhibitory activities from the leaves of *Aralia elata* [J]. *Photochem Lett*, 2018, 26: 179-183.
- [2] 刘欢, 赵焱羽, 叶露露, 等. 高氧气调包装对鲜切刺嫩芽保鲜效果的影响[J]. *食品与机械*, 2022, 38(7): 153-158.
LIU H, ZHAO HY, YE LL, *et al.* Effects of high-oxygen modified atmosphere packaging of the quality of fresh-cut *Aralia elata* [J]. *Food Mach*, 2022, 38(7): 153-158.
- [3] 黄文魁, 周晓芳, 徐辉, 等. 基于 GIS 的甘肃张家川县耕地种植乌龙头适宜性评价研究[J]. *中国煤炭地质*, 2022, 34(5): 66-71.
HUANG WK, ZHOU XF, XU H, *et al.* Assessment and study on farmland wulongtou (*Aralia chinensis*) planting suitability based on GIS in Zhangjiachuan County, Gansu [J]. *Coal Geol China*, 2022, 34(5): 66-71.
- [4] 王韵仪, 王峥鉴, 陈志红, 等. 茶多酚-川陈皮素-羧甲基纤维素钠复合涂膜剂对刺嫩芽的保鲜效果[J]. *食品工业科技*, 2019, 40(23): 272-277.
WANG YY, WANG ZJ, CHEN ZH, *et al.* Fresh-keeping effect of tea polyphenols and nobility and sodium carboxymethyl cellulose composite coating agent on *Aralia elata* (Miq.) Seem [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2019, 40(23): 272-277.
- [5] 许国权. 张家川县刘堡镇乌龙头产业发展优势及建议[J]. *农业科技与信息*, 2018, (20): 60-61, 63.
XU GQ. Advantages and suggestions for the development of aralia elata industry in Liubao town, Zhangjiachuan County [J]. *Agric Sci-Technol Inf*, 2018, (20): 60-61, 63.
- [6] 陈柏, 顾敏华, 杨发荣, 等. 贮藏温度对乌龙头品质的影响[J]. *甘肃农业科技*, 2020, (10): 68-72.
CHEN B, XIE MH, YANG FR, *et al.* Effect of storage temperature on quality of *Aralia elata* [J]. *Gansu Agric Sci Technol*, 2020, (10): 68-72.
- [7] 吴淑清, 段红梅, 王顺余, 等. 复合保鲜液对长白楸木嫩芽护色保鲜效果的研究[J]. *中国调味品*, 2020, 45(10): 17-23.
WU SQ, DUAN HM, WANG SY, *et al.* Study on the effect of compound preservation liquid on color protection and preservation of *Aralia continentalis kitagawa* sprouts [J]. *China Cond*, 2020, 45(10): 17-23.
- [8] 段红梅, 何建新, 王丹丹, 等. 壳聚糖-魔芋粉复合涂膜对长白楸木嫩芽保鲜效果的研究[J]. *食品科技*, 2019, 44(12): 42-47.
DUAN HM, HE JX, WANG DD, *et al.* Fresh-keeping of *Aralia continentalis kitagawa* sprouts with chitosan combined with konjak powder [J].

- Food Sci Technol, 2019, 44(12): 42–47.
- [9] 冯磊, 么宏伟, 谢晨阳, 等. 刺嫩芽、刺五加嫩茎叶采用低温气调及等离子保鲜技术的研究[J]. 中国林副特产, 2014, (1): 26–29.
- FENG L, YAO HW, XIE CY, *et al.* Study on low temperature controlled atmosphere and plasma fresh-keeping technology for tender shoots and tender stems and leaves of *Acanthopanax senticosus* [J]. Forest By-Prod Spec China, 2014, (1): 26–29.
- [10] 刘欢, 王冰玉, 潘美伊, 等. 真空预冷处理对刺嫩芽贮藏期间保鲜效果的影响[J]. 食品科技, 2016, 41(7): 44–48.
- LIU H, WANG BY, PAN MY, *et al.* Effect of vacuum pre-cooling treatment on preservation of *Aralia elata* seem during storage [J]. Food Sci Technol, 2016, 41(7): 44–48.
- [11] 成培芳, 董同力嘎, 春艳, 等. 聚己内酯自发热气调包装薄膜对菠菜贮藏品质的影响[J]. 食品与机械, 2018, 34(2): 133–137.
- CHENG PF, DONG TLG, CHUN Y, *et al.* Effect of poly (*ε*-caprolactone) modified atmosphere packaging film on postharvest quality of spinach [J]. Food Mach, 2018, 34(2): 133–137.
- [12] 郑丽静, 韦强, 叶孟亮, 等. 不同贮藏温度与包装方式对油麦菜保鲜效果的影响[J]. 安徽农业科学, 2019, 47(14): 192–196.
- ZHENG LJ, WEI Q, YE ML, *et al.* Effects of different storage temperatures and packaging methods on the preservation of *Lactuca sativa* L [J]. J Anhui Agric Sci, 2019, 47(14): 192–196.
- [13] 王颖荣, 谢晶, 陶佳佳, 等. 低温对自发热气调包装鸡毛菜保鲜效果的影响[J]. 食品工业科技, 2015, 36(20): 331–334.
- WANG YR, XIE J, TAO JJ, *et al.* Effect of storage temperature on quality of modified atmosphere package on Chinese little greens [J]. Sci Technol Food Ind, 2015, 36(20): 331–334.
- [14] 普红梅, 杨芳, 张绍智, 等. 不同保鲜袋对意大利生菜的保鲜效果[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(12): 3880–3886.
- PU HM, YANG F, ZHANG SZ, *et al.* Fresh keeping feecet of diffrernt fresh packing bags on Italian lettuce [J]. J Food Saf Qual, 2020, 11(12): 3880–3886.
- [15] 苟赏菊, 颀敏华, 吴小华, 等. 1-MCP 复合杀菌剂处理对低温贮藏‘金红宝’甜瓜品质的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2020, 55(5): 66–72.
- GOU SJ, JIE MH, WU XH, *et al.* Effects of 1-MCP compound fungicide treatment on the quality of ‘Jinhongbao’ melon stored at low temperature [J]. J Gansu Agric Univ, 2019, 55(5): 66–72.
- [16] 吴春岩. 龙芽楸木采收后处理及贮藏效果的研究[D]. 长春: 吉林农业大学, 2007.
- WU CY. Research on effect of postharvest treatments on storability of *Aralia elata* [D]. Changchun: Jilin Agricultural University, 2020.
- [17] 郭媛丽. 硅窗气调膜结合不同保鲜剂对鲜蒜贮藏期间品质的影响[D]. 晋中: 山西农业大学, 2019.
- GUO YL. Effects of silicon window air conditioning film combination with different preservatives on the quality of fresh garlic during storage [D]. Jinzhong: Shanxi Agricultural University, 2019.
- [18] 魏丽娟, 冯毓琴, 李翠红, 等. 基于温度条件的西兰花硅窗自发热气调硅窗面积的筛选及验证[J]. 食品科学, 2022, 43(15): 236–244.
- WEI LJ, FENG YQ, LI CH, *et al.* Screening and verification of silicon gum film window area for modified atmosphere packaging of broccoli based on temperature conditions [J]. Food Sci, 2022, 43(15): 236–244.
- [19] 董朝贤, 张慙, 高中学, 等. 4 种船载蔬菜硅窗与普通保鲜袋混装贮藏的环境气体与营养品质变化比较研究[J]. 食品与生物技术学报, 2015, 34(9): 978–985.
- DONG CX, ZHANG M, GAO ZX, *et al.* Comparative study on gas changes and nutritional quality of four kinds of shipped vegetables mixed storage with silicone window and common fresh-keeping bags [J]. J Food Sci Biotechnol, 2015, 34(9): 978–985.
- [20] 李振, 张秀玲, 张文涛, 等. 1-甲基环丙烯熏蒸结合茶多酚涂膜处理对蕨菜保鲜效果的影响[J]. 食品科学, 2021, 42(19): 218–225.
- LI Z, ZHANG XL, ZHANG WT, *et al.* Effects of 1-methylcyclopropene fumigation combined with tea polyphenol coating treatment on quality preservation of *pteridium aquilinum var. latiusculum* [J]. Food Sci, 2021, 42(19): 218–225.
- [21] 李宣林, 邢亚阁, 税玉儒, 等. 贮藏温度对笋竹笋采后品质的影响[J]. 西华大学学报(自然科学版), 2021, 40(6): 89–96.
- LI XL, XING YG, SHUI YR, *et al.* Effects of storage temperature on postharvest quality of qiongqiao bamboo [J]. J Xihua Univ (Nat Sci Ed), 2021, 40(6): 89–96.
- [22] 张丹, 赵焱羽, 周飘飘, 等. 1-MCP 对鲜切刺嫩芽保鲜效果的影响[J]. 食品工业, 2022, 43(5): 167–172.
- ZHANG D, ZHAO HY, ZHOU PP, *et al.* Effects of 1-methylcyclopropene treatment on quality of fresh-cut *aralia elata* seem [J]. Food Ind, 2022, 43(5): 167–172.
- [23] 朱雁青, 凌红妹. 微波加热下菠菜叶叶绿素含量与绿色色度的相关性[J]. 现代食品, 2019, (1): 137–140.
- ZHU YQ, LING HM. Analysis of the correlation between chlorophyll content and green color of spinach leaves under microwave heating [J]. Mod Food, 2019, (1): 137–140.
- [24] 贾晓昱, 康丹丹, 张鹏, 等. 1-MCP 处理对相温贮藏西兰花品质的影响[J]. 保鲜与加工, 2021, 21(12): 25–30.
- JIA XY, KANG DD, ZHANG P, *et al.* Effect of 1-MCP treatment on quality of broccoli stored at phase temperature [J]. Storage Process, 2021, 21(12): 25–30.
- [25] 李江阔, 李雪, 薛友林, 等. 不同薄膜包装对黄花菜冷藏品质的影响[J]. 食品科技, 2021, 46(9): 40–46.
- LI JK, LI X, XUE YL, *et al.* Effect of different film packaging on cold storage quality of daylily [J]. Food Sci Technol, 2021, 46(9): 40–46.
- [26] 钱井, 满杰, 郑丽静, 等. 不同包装材料对鲜切芹菜保鲜效果的影响[J]. 现代农业科技, 2020, (21): 224–227.
- QIAN J, MAN J, ZHENG LJ, *et al.* Effects of different packaging materials on preservation of fresh-cut celery [J]. Mod Agric Sci Technol,

- 2020, (21): 224–227.
- [27] 曾顺德, 高伦江, 曾小峰, 等. 不同包装材料对瓢儿菜贮运保鲜效果的影响[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2019, 41(6): 1–7.
- ZENG SD, GAO LJ, ZENG XF, *et al.* Effect of packaging materials on preservation of tatsoi (*Brassica narinosa* Bailey) during storage and transportation [J]. *J Southwest Univ (Nat Sci Ed)*, 2019, 41(6): 1–7.
- [28] 周婧, 韩涛, 陈湘宁, 等. 不同包装材料对生菜采后生理及保鲜效果的影响[J]. 蔬菜, 2017, 323(11): 61–66.
- ZHOU J, HAN T, CHEN XN, *et al.* The influence of different packaging materials on the postharvest physiology and fresh-keeping effect of the lettuce [J]. *Vegetables*, 2017, 323(11): 61–66.
- [29] 陈颖, 孙玉芃, 郭衍银, 等. 采后不同时间包装对西兰花贮藏品质的影响[J]. 中国果菜, 2023, 43(2): 30–36.
- CHEN Y, SUI YP, GUO YY, *et al.* Effects of different packing time after harvest on storage quality of broccoli [J]. *China Fruit Veg*, 2023, 43(2): 30–36.
- [30] 王玲, 戴凡炜, 吴继军, 等. 自发气调包装对芥蓝采后叶绿素降解及品质保持的影响[J]. 食品科学技术学报, 2023, 41(1): 163–174.
- WANG L, DAI FW, WU JJ, *et al.* Effects of modified atmosphere packaging on chlorophyll degradation and quality maintenance of Chinese kale after harvest [J]. *J Food Sci Technol*, 2023, 41(1): 163–174.
- [31] 赵洁, 梁水连, 刘雯雯, 等. 不同保鲜包装方式对菜心品质的影响[J]. 食品工业科技, 2023, 44(7): 343–351.
- ZHAO J, LIANG SL, LIU WW, *et al.* Effects of different packaging methods for preservation on the quality of Chinese flowering cabbages [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2023, 44(7): 343–351.
- [32] 黄雯, 尹德兴, 申舒心, 等. 薄膜包装对迷你黄瓜贮藏品质的影响[J]. 中国果菜, 2022, 42(6): 1–5, 19.
- HUANG W, YIN DX, SHEN SX, *et al.* Effect of film packaging on the quality of mini-cucumber during storage [J]. *China Fruit Veg*, 2022, 42(6): 1–5, 19.

(责任编辑: 韩晓红 张晓寒)

作者简介



陈 柏, 硕士, 助理研究员, 主要研究方向为果蔬贮藏保鲜。
E-mail: chenbai19861114@163.com



颜敏华, 博士, 研究员, 主要研究方向为果蔬贮藏保鲜。
E-mail: xieminhuags@126.com