

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2019.06.001

不同包装材料对瓢儿菜贮运保鲜效果的影响^①

曾顺德, 高伦江, 曾小峰,
程 杨, 商 桑, 尹旭敏

重庆市农业科学院, 重庆 401329

摘要: 以瓢儿菜为试材, 研究 4 ℃ 冷藏下普通 PE 袋、4 孔 OPP 自粘袋、微孔气调保鲜袋对瓢儿菜保鲜效果的影响。结果表明, 微孔气调保鲜袋与散装对照相比感官评分高 96.68%, 呼吸强度低 30.97%, 抗坏血酸(Vc)高 31.33%, ΔE 值低 10.83%, MDA 累积程度低 21.05%, SOD 酶活性高 47.27%; 微孔气调保鲜袋的保鲜效果优于 PE 袋和 4 孔 OPP 自粘袋, 可作为优选包装材料用于瓢儿菜保鲜。

关键词: 包装材料; 瓢儿菜; 保鲜

中图分类号: S609⁺.3

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2019)06-0001-07

叶菜类蔬菜营养丰富, 含有多种有机物和人体必需的矿物质及维生素, 备受消费者青睐。但叶菜类蔬菜如上海青^[1-2]、小白菜^[3]、生菜^[4]等由于比表面积和气孔大、含水量高, 组织柔嫩, 生理代谢旺盛, 采后贮运过程中极易褪绿黄化、失水萎蔫和霉变腐烂。包装可有效抑制失水, 调节气体成分, 延缓衰老、延长保鲜期^[5], 对生鲜果蔬保持鲜活品质, 满足消费保鲜需求至关重要。如聚乙烯(PE)^[6-7]、聚丙烯(OPP)已被广泛应用于果蔬或者食品包装行业, 聚氯乙烯膜(PVC)^[8]、乙烯-乙酸乙烯共聚物(EVA)^[9]、BOPP膜^[10]、高压低密度聚乙烯(LDPE)、低压高密度聚乙烯(HDPE)^[11]、纳米包装材料等^[12]也有不同程度的应用。研究显示上述包装材料能较好地抑制果蔬的呼吸强度和水分散失, 延缓乙烯释放和次生代谢产物 MDA 累积, 抑制衰老相关酶如多酚氧化酶(PPO)、多聚半乳糖醛酸酶(PG)等活性和保持相关抗性酶如超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)和过氧化物酶(POD)等活性, 从而保持生鲜果蔬鲜活品质。

瓢儿菜是一种十字花科芸薹属叶菜, 碧绿鲜嫩、叶片肥厚, 可炒食、烧汤, 色美味鲜, 营养丰富, 富含维生素和抗氧化物质, 是调剂春节前后的“冬缺”和“春淡”的理想蔬菜, 但极易失水或受机械损伤加速衰败, 常温储藏 3~4 d 就会黄化萎蔫, 采后损失严重。郭玉花等^[3]研究发现包装产生的水雾会加速小白菜的腐烂; 吴子龙等^[13]采用精油熏蒸处理小白菜可达到抑菌保鲜目的; 赵昕等^[14]通过喷洒精油保鲜液处理可将小白菜的失重率、叶绿素质量分数和 Vc 质量分数的损失率降到最低, 保存效果最理想; 马涌航等^[11]研究发现适宜阻隔性的包装材料可降低生菜水分流失, 保持细胞活性, 减缓叶绿素的降解, 有效延长生菜的贮藏时间; 周婧等^[4]研究发现高密度聚乙烯(HDPE)包装材料较好地保持了叶用生菜的叶绿素质量分数和感官品质, 延缓了呼吸高峰的出现, 抑制 PPO 酶活性。高建晓等^[15]研究发现 6-BA 浸泡处理可延缓上海青贮藏品质的下降。但针对重庆市地产蔬菜瓢儿菜短期贮运保鲜特别是包装材料缺乏系统研究, 目前该市瓢儿菜短期贮运保鲜大多采用塑料筐、泡沫箱散装, 不同程度地造成腐损, 也影响了品质和商品性。本文针对瓢儿菜短期贮运保鲜开展不同包装材料、4 ℃ 贮藏条件下品质和生理生化相关指标变化分析, 目的是筛

① 收稿日期: 2018-08-02

基金项目: 重庆市科技支撑示范工程项目(cstc2014fzktjcsf80017); 重庆市社会民生科技创新专项(cstc2015shmszx80004)。

作者简介: 曾顺德(1968-), 男, 研究员, 主要从事农产品贮藏与加工的研究。

通信作者: 程 杨, 助理研究员。

选适宜的瓢儿菜包装材料, 满足精品蔬菜配送需求.

1 材料和方法

1.1 材料及处理

由重庆市武隆区重庆渝蔬农业发展有限公司位于木根的生产基地采后立即运回实验室, 挑选大小相近, 外观完好、无折断, 新鲜翠绿的瓢儿菜立即用普通 PE 袋(佛山市东合众包装制品有限公司, 厚度 5 丝)、4 孔 OPP 自粘袋(上海仁物包装材料有限公司, 厚度 6 丝)、微孔气调保鲜袋(山东新沅生态农业发展有限公司, 厚度 4 丝)进行包装处理, 每包质量控制在 (250 ± 5) g, 每个处理重复 3 次, 包装后立即贮藏于 4 °C 冷库内.

仪器: CM-2300d 型分光测色计, SPAD-502 型叶绿素测定仪, 柯尼卡美能达(中国)投资有限公司; 754E 型紫外可见分光光度计, 上海光学仪器厂; MIC-500-CO₂-IR 型二氧化碳测定仪, 深圳逸云天电子有限公司.

1.2 实验方法

1.2.1 感官评价

参照谢品等^[1]制定的上海青感官评价标准(表 1)对瓢儿菜贮藏期间的感官属性进行评价, 按照 7 级评分制(1 为极不好, 2 为非常不好, 3 为不好, 4 为一般, 5 为好, 6 为非常好, 7 为极好), 对其评分求平均值, 3.5 分以下为不被接受的切分点.

表 1 瓢儿菜感官评价标准

颜色	形态	气味	质地	分值(分)
鲜绿明亮, 有光泽	叶片及茎部平整、水分充足	典型新鲜菜味	组织鲜嫩、饱满	7
绿色, 光泽稍弱	叶片边微卷, 茎部平整	新鲜菜味减弱, 无异味	较鲜嫩, 稍失水软化	6
绿色, 小部分外层叶片泛黄	叶片边微卷, 茎部微萎焉	稍有异味	失水, 软化	5
叶片开始黄好, 黄化率小于 1/3	叶片开始老化, 外层叶梗开始脱落	稍有腐烂或发酵味道	萎焉率小于 1/3	4
黄化率大于等于 1/3, 几乎无光泽	叶片老化加重, 腐烂比例增大	腐烂味加重	腐烂、萎焉率大于等于 1/3	3

1.2.2 呼吸强度测定

参照刘亭等^[16]方法. 选择体积合适的真空干燥器, 顶部磨口塞换成橡胶塞, 在橡胶塞上打两个小圆孔, 分别插入玻璃管, 其中一根需插到罐底, 另一根插在罐口处, 再在玻璃管上套上橡皮管, 用两个铁夹夹住. 把所需测定的蔬菜取适当质量放入密闭真空干燥器中, 密封. 打开二氧化碳测定仪, 预热 5 min, 把仪器进气管和出气管分别接到真空干燥器上, 在蔬菜放入干燥器中后 10, 20, 30 min 时间点记录仪器读数(t), 呼吸强度计算公式:

$$\text{呼吸强度} / (\text{mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}) = \frac{(C_2 - C_1) \times V \times M \times 1\,000}{V_0 \times m \times \frac{(t_2 - t_1)}{60}}$$

式中, C_1 为 t_1 时刻密闭容器中 CO₂ 浓度, %; C_2 为 t_2 时刻密闭容器中 CO₂ 浓度, %; V 为密闭容器的容积, L; M 为 CO₂ 的摩尔质量, g/mol; V_0 为 CO₂ 的摩尔体积, g/mol; m 为测定用蔬菜的质量, kg.

1.2.3 失重率测定

采用称重法, 重复 3 次, 取平均值, 失重率计算公式:

$$\text{失重率} = \frac{\text{贮藏前质量} - \text{贮藏后质量}}{\text{贮藏前质量}} \times 100\%$$

1.2.4 Vc 质量分数测定

采用 2, 6-二氯酚靛酚法^[17]测定瓢儿菜 Vc 质量分数.

1.2.5 相对叶绿素质量分数测定

采用便携式叶绿素测定仪 SPAD-502 进行测定, 选取部位为瓢儿菜叶片中脉右上部位, 每组测量 30 片样品, 每次测试挑选具有代表整体特质的叶片.

1.2.6 总色差(ΔE)的测定

色差计 CM-2300d 经白板校准后,测定瓢儿菜叶片中脉右上部位,每组测量 30 片样品,每次测试挑选具有代表整体特质的叶片.测试采用国际标准 CIE-L * a * b * 品质系统^[18],得到 ΔE 总色差参数.

1.2.7 丙二醛(MDA)质量分数测定

采用郝再彬等^[19]方法称取瓢儿菜叶片 0.5 g,加入 2 mL 质量分数为 10% 的三乙酸(TCA)和少量石英砂,研磨至匀浆,再后转置 10 mL 的容量瓶中.在 4 000 r/min 离心 10 min,上清液即为样品提取液.吸取离心的上清液 2 mL(对照加 2 mL 蒸馏水),加入 2 mL 质量分数为 0.6% 的硫代巴比妥酸(TBA)溶液,混匀,将混合液于沸水上反应 15 min,迅速冷却后再 4 000 r/min 离心 10 min,取上清液测定 450,532 和 600 nm 波长下的吸光度值,以 0.6% 的硫代巴比妥酸(TBA)为空白.按公式计算 MDA 质量分数(C_{MDA}).

$$C_{MDA}/(\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}) = 6.45(A_{532} - A_{600}) - 0.56A_{450}$$

式中, A_{600} , A_{532} 和 A_{450} 分别代表 600,532 和 450 nm 波长下吸光度值.

1.2.8 超氧化物歧化酶(SOD)活性测定方法

SOD 酶活性测定采用孙群等^[20]的方法,称 1 g 瓢儿菜叶片于预冷的研钵中,加 2 mL 经预冷处理 0.1 mol/L,pH 值为 7.8 的磷酸缓冲液在冰浴中研磨均匀,再采用上述磷酸缓冲液定容至 10 mL 的容量瓶中.取 5 mL 提取液于 4 °C 下 12 000 r/min 离心 20 min,上清液为 SOD 酶粗提取液.取 0.1 mL SOD 酶粗提液于具塞刻度试管中,依次加入 50 mmol/L,pH 值为 7.8 的磷酸缓冲液 1.5 mL 溶液,130 mmol/L 甲硫氨酸(Met)溶液 0.3 mL,750 $\mu\text{mol/L}$ 氯化硝基四氮唑蓝(NBT)溶液 0.3 mL,20 $\mu\text{mol/L}$ 核黄素溶液 0.3 mL,100 $\mu\text{mol/L}$ 乙二胺四乙酸二钠(EDTA-2Na)溶液 0.3 mL,蒸馏水 0.5 mL,光下对照组加入 0.1 mL 的蒸馏水,暗中对照组的试管也加入 0.1 mL 的蒸馏水,并用双层黑色纸套遮盖.全部试剂加完后摇匀,将所有试管置于 4 只荧光灯(约 2 500~3 000 lx)显色,反应 30 min.反应结束后用黑布遮盖试管终止反应.以暗中对照管做空白(调零).在 560 nm 下测定吸光度值,记录测定数据.按公式计算酶活性(A_{SOD})如下:

$$A_{SOD}/(\mu\text{g}^{-1} \cdot \text{FW} \cdot \text{h}^{-1}) = \frac{(A_0 - A_s) \times V_t \times 60}{A_0 \times 0.5 \times \text{FW} \times V_s \times t}$$

式中, A_0 为光下对照管的吸光度; A_s 为样品测定管吸光度; V_t 为样品提取液总体积; V_s 为测定时粗酶液量(mL); t 为显色反应时间(min);FW 为样品的鲜质量(g).

1.3 数据处理

所有数据均平行测定 3 次,取平均值,显著性采用 SPSS 18.0 软件进行分析($p < 0.05$).

2 结果与分析

2.1 不同包装材料对瓢儿菜感观品质的影响

感官品质是果蔬贮运保鲜最重要的商品品质^[21].图 1 感官评分结果显示:不同包装瓢儿菜在贮运期间感官评分均呈下降趋势,但包装感官评分下降趋缓,散装下降明显.贮运 1 d 后 PE 袋、4 孔 OPP 自粘袋、微孔气调保鲜袋感官评分与散装对照相比分别高 6.70%,10.78%和 13.56%;贮运 3 d 分别高 10.10%,15.85%和 19.51%;贮运 5 d 分别高 13.96%,23.33%和 29.45%;贮运 7 d 分别高 14.32%,43.95%和 57.78%;贮运 9 d 分别高 23.26%,68.77%和 96.68%,PE 袋与散装对照差异有统计学意义($p < 0.05$),4 孔 OPP 自粘袋和微孔气调保鲜袋与散装对照相比差异有统计学意义($p < 0.01$),其中微孔气调保鲜袋保鲜效果特别明显,贮运 9 d 相当于散装对照前 3 d 的感官品质.

2.2 不同包装材料对瓢儿菜呼吸强度的影响

呼吸强度是果蔬贮藏过程中反映贮运保鲜效果的重要指标之一^[22].过于旺盛的呼吸强度会使得果蔬营养物质消耗,导致质量减少、失水、品质下降和衰老.因此,采后贮藏过程中应尽量减小呼吸消耗.图 2 呼吸强度变化情况显示:随着贮运保鲜时间的延长,呼吸强度呈逐渐下降趋势.贮运 1 d 后 PE 袋、4 孔 OPP 自粘袋、微孔气调保鲜袋呼吸强度与散装对照相比分别低 15.17%,39.59%和 33.28%;贮运 3 d 与散装对照相比分别低 17.25%,8.15%,28.66%;贮运 5 d 与散装对照相比分别低 17.69%,17.91%和 33.81%;

贮运 7 d 与散装对照比分别低 20.44%, 9.25% 和 27.64%; 贮运 9 d 与散装对照比分别低 26.83%, 29.81% 和 30.97%, PE 袋、4 孔 OPP 自粘袋和微孔气调保鲜袋与散装对照呼吸强度相比差异有统计学意义 ($p < 0.01$), 尤以微孔气调保鲜袋抑制呼吸强度的效果最佳. 3 种包装材料瓢儿菜呼吸强度始终维持在相对较低的水平, 这对延长瓢儿菜货架期十分有利.

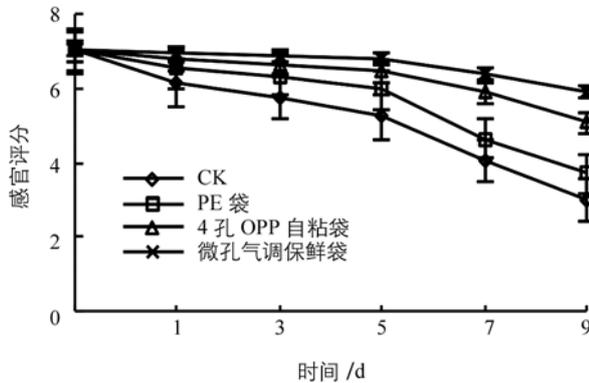


图 1 不同包装材料瓢儿菜感官评分变化

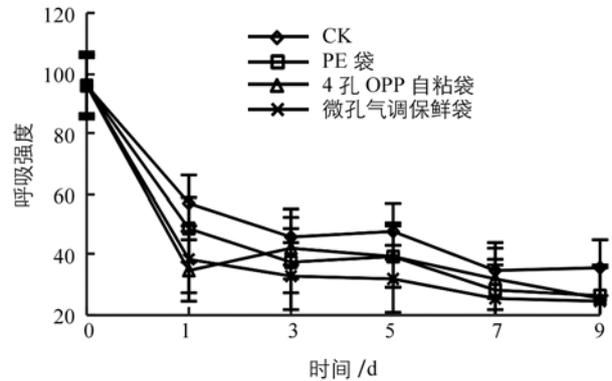


图 2 不同包装材料瓢儿菜呼吸强度变化

2.3 不同包装材料对瓢儿菜失重率的影响

水分是维持蔬菜细胞正常生理机能、保持细胞膨压及新鲜品质的必要条件. 一般蔬菜失水达 5% 时, 即表现出疲软、皱缩、萎蔫, 甚至变质. 失质量主要由果蔬呼吸作用和蒸腾作用导致, 与果蔬新鲜度和色泽相关^[23]. 尤其是含水量高的叶菜, 叶片表面积大、气孔多, 极易散失水分, 加之呼吸消耗更加剧失质量萎蔫, 因此失重率可以作为衡量瓢儿菜贮藏品质的重要指标. 从图 3 可以看出, 包装与散装对照组失重率均呈上升趋势. 散装贮运 3 d 即表面出明显萎蔫, 而经过包装的瓢儿菜贮运 9 d 仍失水不明显. PE 袋、4 孔 OPP 自粘袋和微孔气调保鲜袋与散装对照失质量相比差异有统计学意义 ($p < 0.01$). 整个贮运过程 PE 袋失质量最少、微孔气调保鲜袋次之、4 孔 OPP 自粘袋轻微失质量, 但完全能满足贮运保鲜的需求.

2.4 不同包装材料对瓢儿菜 Vc 质量分数的影响

抗坏血酸(Vc)是植物体内的抗氧化物质, 具有一定的还原性, 可清除果蔬体内因氧化作用产生的自由基, 可抑制果蔬体内非酶促褐变, 也有研究表明还原型抗坏血酸可以与酶促褐变的中间产物反应, 从而阻止褐色素的形成, 这些变化可以有效减缓果蔬的衰老进程. Vc 不仅作为维持人体正常生理代谢不可缺少的主要维生素之一, 而且在果蔬营养品质分析方面具有重要位置, 常作为评价果蔬贮藏、流通、加工等方面的重要指标. 图 4 结果显示, 贮运 1 d 后 PE 袋、4 孔 OPP 自粘袋、微孔气调保鲜袋 Vc 质量分数与散装对照相比分别高 2.29%, 2.72% 和 9.68%; 贮运 3 d 与散装对照相比分别高 10.53%, 12.12% 和 5.67%; 贮运 5 d 与散装对照相比分别高 12.60%, 3.96% 和 16.65%; 贮运 7 d 与散装对照相比分别高 -6.81%, -3.31% 和 -1.75%; 贮运 9 d 与散装对照相比分别高 18.48%, 8.79% 和 31.33%, PE 袋和微孔气调保鲜袋与散装对照相比差异有统计学意义 ($p < 0.01$), 4 孔 OPP 自粘袋与散装对照相比差异无统计学意义.

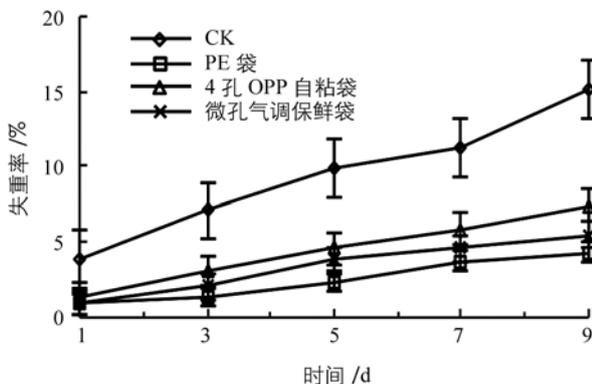


图 3 不同包装材料瓢儿菜失质量变化

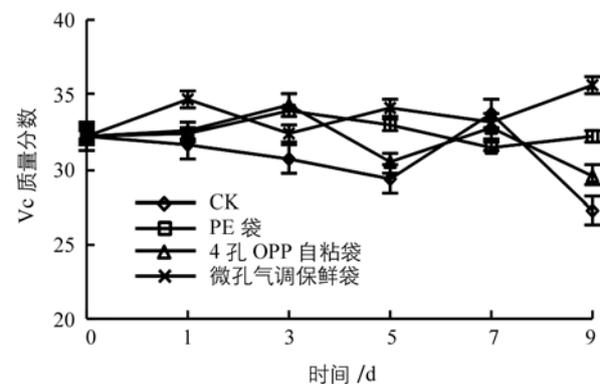


图 4 不同包装材料瓢儿菜 Vc 质量分数变化

2.5 不同包装材料对瓢儿菜叶绿素 SPAD 值及色差的影响

叶绿素是植物生理活动的最重要指标之一。叶绿素不但影响到植物光合作用, 而且对绿叶菜保鲜效果及其生产销售具有重大意义^[24]。随着贮藏时间延长, 叶菜无法进行光合作用, 叶绿素会逐渐分解而使绿色消退, 鲜嫩度下降从而导致菜叶的黄色化, 叶绿素质量分数是体现叶菜贮藏品质的重要指标^[25]。包装后的生菜因水分损失减少, 叶绿素降解的速度也相应降低^[26]。图 5 结果显示: 随着贮运保鲜时间的延长, 瓢儿菜相对叶绿素 SPAD 值变化趋势不明显。贮运 1 d 后 PE 袋、4 孔 OPP 自粘袋、微孔气调保鲜袋 SPAD 值与散装对照相比分别高 4.77%, 1.67% 和 4.44%; 贮运 3 d 与散装对照相比分别高 4.51%, 1.60% 和 3.52%; 贮运 5 d 与散装对照相比分别高 4.55%, 2.62% 和 4.29%; 贮运 7 d 与散装对照相比分别高 4.06%, 1.90% 和 4.84%; 贮运 9 d 与散装对照相比分别高 3.03%, 1.86% 和 4.92%, PE 袋、4 孔 OPP 自粘袋和微孔气调保鲜袋与散装对照 SPAD 值相比差异无统计学意义 ($p > 0.05$)。相比而言, PE 袋和微孔气调保鲜袋效果较好。

总色差 ΔE 反映了叶片因叶绿素降解而黄化的情况^[27], 图 6 结果显示: 贮运 1 d 后 PE 袋、4 孔 OPP 自粘袋、微孔气调保鲜袋 ΔE 值与散装对照相比分别低 0.53%, -3.96% 和 2.58%; 贮运 3 d 与散装对照相比分别低 0.52%, 2.35% 和 7.11%; 贮运 5 d 与散装对照相比分别低 7.15%, 3.93% 和 9.26%; 贮运 7 d 与散装对照相比分别低 5.99%, 2.12% 和 7.64%; 贮运 9 d 与散装对照相比分别低 6.54%, 2.19% 和 10.83%。4 孔 OPP 自粘袋与散装对照相比差异无统计学意义 ($p > 0.05$)。PE 袋与散装对照相比差异有统计学意义 ($p < 0.05$)。微孔气调保鲜袋与散装对照相比差异有统计学意义 ($p < 0.01$), 有利于瓢儿菜色泽的保持。比较相对叶绿素 SPAD 值和总色差 ΔE 值显示两者具有一定关联性, 但总色差 ΔE 更能有效反映色泽的变化。

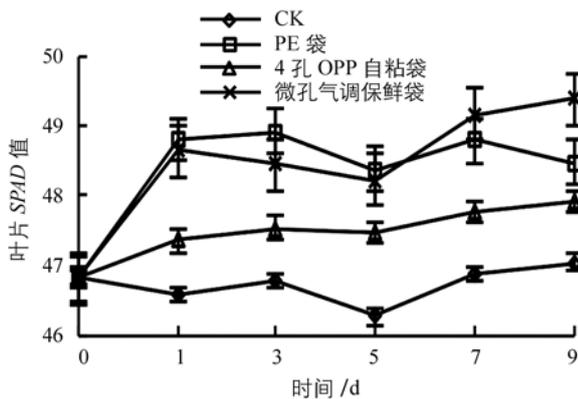


图 5 不同包装材料瓢儿菜 SPAD 值变化

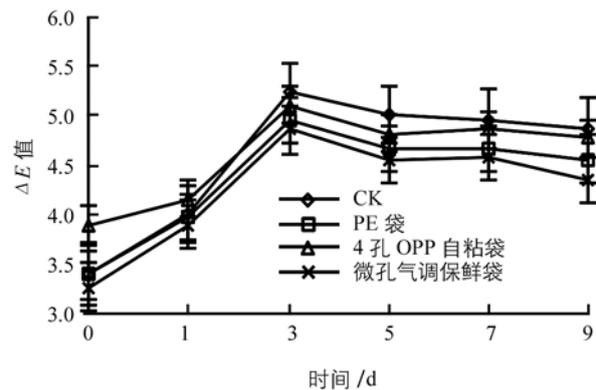


图 6 不同包装材料瓢儿菜 ΔE 变化

2.6 不同包装材料对瓢儿菜丙二醛(MDA)质量分数的影响

丙二醛(MDA)是细胞膜脂质过氧化的产物, 与细胞膜的完整性密切相关。已被证明来自不饱和脂肪酸的降解, 对细胞有直接毒害作用, 能加剧细胞膜的损伤, 同时也是细胞衰老的一种标志^[28]。因此, 在植物衰老生理和抗性生理研究中 MDA 质量分数是一个常用指标, 可通过 MDA 质量分数反映膜脂过氧化程度, 间接测定膜系统受损程度以及植物的抗逆性。MDA 值越大, 表示电解质的渗漏量越多, 细胞膜受损害程度越重。图 7 结果显示: 贮运 1 d 后 PE 袋、4 孔 OPP 自粘袋、微孔气调保鲜袋 MDA 质量分数与散装对照相比分别低 5.56%, 9.26% 和 10.58%; 贮运 3 d 与散装对照相比分别低 1.69%, 14.22% 和 16.15%; 贮运 5 d 与散装对照相比分别低 4.68%, 15.81% 和 21.83%; 贮运 7 d 与散装对照相比分别低 3.97%, 12.34% 和 22.80%; 贮运 9 d 与散装对照相比分别低 6.63%, 14.62% 和 21.05%。微孔气调保鲜袋、PE 袋抑制 MDA 累积的效果明显优于散装对照 ($p < 0.01$), 而 PE 袋效果不明显 ($p > 0.05$)。相比而言, 微孔气调保鲜袋延缓 MDA 积累水平更优于 4 孔 OPP 自粘袋。

2.7 不同包装材料对瓢儿菜 SOD 酶活性的影响

SOD 是植物体内重要的抗氧化酶, 在植物细胞内通过歧化超氧阴离子 O_2^- 生成 H_2O_2 和 O_2 , 从而降低细胞内活性氧水平^[29], 可保护细胞膜结构, 使植物抗逆性、抗病性加强, 对逆境胁迫忍受度增加。

图 8 结果显示: 贮运 1 d 后 PE 袋、4 孔 OPP 自粘袋、微孔气调保鲜袋 SOD 值与散装对照相比分别高 0.36%, 11.40% 和 23.40%; 贮运 3 d 与散装对照相比分别高 2.33%, 18.56% 和 20.47%; 贮运 5 d 与散装对照相比分别高 6.30%, 31.48% 和 41.73%; 贮运 7 d 与散装对照相比分别高 11.05%, 30.60% 和 32.92%; 贮运 9 d 与散装对照相比分别高 28.66%, 41.35% 和 47.27%。前期 PE 袋与散装对照相比差异无统计学意义 ($p > 0.05$), 而 7~9 d 后差异有统计学意义 ($p < 0.01$); 微孔气调保鲜袋、4 孔 OPP 自粘袋与散装对照 SOD 值相比差异有统计学意义 ($p < 0.01$), 能显著提高瓢儿菜 SOD 酶活性水平, 延缓衰老。

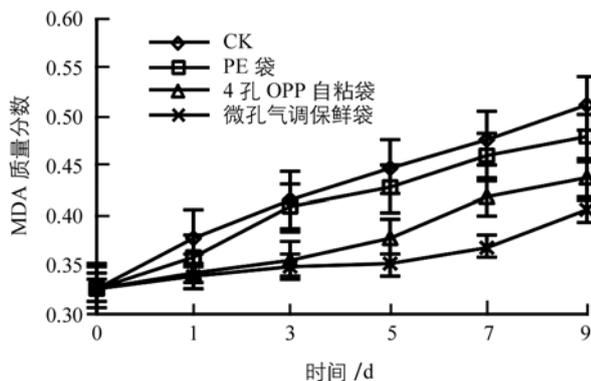


图 7 不同包装材料瓢儿菜 MDA 质量分数变化

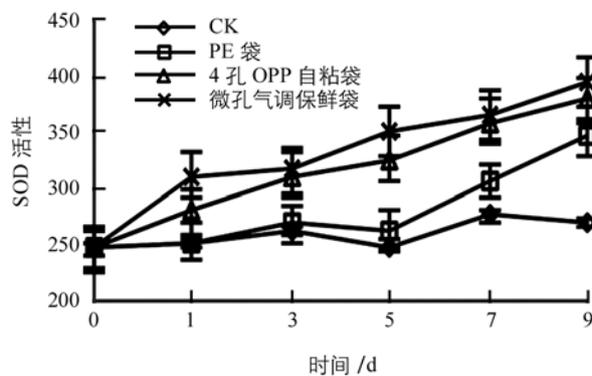


图 8 不同包装材料瓢儿菜 SOD 活性变化

3 结 论

1) PE 袋、4 孔 OPP 自粘袋与微孔气调保鲜袋对瓢儿菜感官、色泽、失重率、呼吸强度、Vc、膜脂过氧化产物 MDA 及抗衰老酶 SOD 活性均有不同程度的影响, 尤以微孔气调保鲜袋效果最佳。研究表明, 微孔气调保鲜袋可有效保持贮运货架期内瓢儿菜的感官和色泽, 抑制其呼吸强度, 减少其失质量, 维持其相对较高的 Vc 质量分数, 抑制其膜脂过氧化产物 MDA 的累积和保持较高的 SOD 酶活性, 从而有利于瓢儿菜商品性的保持和延缓其品质劣变。

2) 分析 SOD 酶活性变化趋势和衰老特征指标 MDA 积累情况和感官评分发现, 微孔气调保鲜袋包装的瓢儿菜可维持相对较高的抗氧化酶活性, MDA 累积程度最低, 感官评分也最高, 说明 SOD 酶活性、MDA 质量分数、瓢儿菜商品性三者之间具有相关性。

3) 通过色差计测定总色差 ΔE 和叶绿素测定仪测得的 SPAD 值比较发现, 两者均可用于叶菜货架期评价指标。SPAD 值简便, 基本能反映绿色蔬菜叶片黄化情况, 但总色差 ΔE 更精确。

参考文献:

- [1] 谢 晶, 张利平, 苏 辉, 等. 上海青蔬菜的品质变化动力学模型及货架期预测 [J]. 农业工程学报, 2013, 29(15): 271-278.
- [2] 郭 鑫, 崔政伟. 青菜气调贮藏保鲜的工艺优化研究 [J]. 食品工业科技, 2013, 34(6): 344-348.
- [3] 郭玉花, 滕立军, 黄 震, 等. PE/CaCO₃ 保鲜膜研制及其在小白菜保鲜中的应用 [J]. 食品科技, 2006, 31(5): 120-123.
- [4] 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(11): 61-66.
- [5] WANG Y, SUGAR D. Ripening Behavior and Quality of Modified Atmosphere Packed 'Doyenne du Comice' Pears during Cold Storage and Simulated Transit [J]. Postharvest Biology and Technology, 2013, 81: 51-59.
- [6] 谢丽源, 郑林用, 彭卫红, 等. 不同包装膜对杏鲍菇冷藏品质和贮藏效果的影响 [J]. 食品科学, 2015, 36(22): 197-202.
- [7] 陈杭君, 王翠红, 郜海燕, 等. 不同包装方法对蓝莓采后贮藏品质和抗氧化活性的影响 [J]. 中国农业科学, 2013, 46(6): 1230-1236.
- [8] 史君彦, 高丽朴, 左进华, 等. 不同保鲜膜包装对青椒保鲜效果的影响 [J]. 北方园艺, 2016(18): 131-135.
- [9] 董文明, 田素梅, 何莲君. 1-MCP 和膜袋处理对丽江雪桃低温贮藏抗褐变效果的研究 [J]. 现代食品科技, 2013,

29(8): 1796-1799.

- [10] 敖静,张昭其,黄雪梅. 不同薄膜自发气调包装对西兰花的保鲜效果 [J]. 广东农业科学, 2015, 42(2): 77-81, 88.
- [11] 马涌航,刘建新,陈湘宁,等. 不同阻隔性包装材料对生菜保鲜效果的影响 [J]. 食品与机械, 2017, 33(8): 122-125.
- [12] 蔡金龙,王欲翠,周学成,等. 微孔膜果蔬气调保鲜研究进展 [J]. 食品工业科技, 2017, 38(16): 318-323, 329.
- [13] 吴子龙,赵昕,耿霄,等. 连翘精油对小白菜保鲜效果的影响 [J]. 食品科技, 2017, 42(8): 49-53.
- [14] 赵昕,吴子龙,王鑫昕,等. 橘皮精油对小白菜保鲜效果的影响 [J]. 食品科技, 2017, 42(11): 45-49.
- [15] 高建晓,刘丹,古荣鑫,等. 6-苜氨基嘌呤处理对上海青贮藏品质的影响 [J]. 食品科学, 2015, 36(4): 247-253.
- [16] 刘亭,钱正江,屈红霞,等. 利用 LI-6262 CO₂/H₂O 分析仪测定果蔬呼吸强度 [J]. 保鲜与加工, 2010, 10(4): 55-56.
- [17] 徐玮,汪东风. 食品化学实验和习题 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2008.
- [18] GIANNAKOUROU M C, TAOUKIS P S. Kinetic Modelling of Vitamin C Loss in Frozen Green Vegetables under Variable Storage Conditions [J]. Food Chemistry, 2003, 83(1): 33-41.
- [19] 郝再彬,苍晶,徐仲. 植物生理实验 [M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2004.
- [20] 孙群,胡景江. 植物生理学研究技术 [M]. 杨凌: 西北农林科技大学出版社, 2006.
- [21] 王明钦,尹明安. 聚乙烯薄膜小包装对黄瓜保鲜效果及其机制 [J]. 西北农业学报, 2011, 20(3): 144-149.
- [22] 许俊齐,童斌,王瑞,等. 不同预冷方式对采后黄秋葵保鲜效果的影响 [J]. 食品工业科技, 2014, 35(9): 312-315.
- [23] WU S J, LU M S, WANG S J. Effect of Oligosaccharides Derived from Laminaria Japonica-incorporated Pullulan Coating on Preservation of Cherry Tomatoes [J]. Food Chemistry, 2016, 199: 296-300.
- [24] 胡云峰,陈君然,肖娟,等. 臭氧处理对切分青椒贮藏品质的影响 [J]. 农业工程学报, 2012, 28(16): 259-263.
- [25] 曹娜,杜传来,张心怡,等. 加工和贮藏期间鲜切生菜品质变化研究 [J]. 食品安全质量检测学报, 2015, 6(7): 2516-2523.
- [26] 焦莉,王大平. 赤霉素对生菜保鲜的品质影响研究 [J]. 安徽农业科学, 2013, 41(1): 324-325.
- [27] 乔勇进,张辉,唐坚,等. 采后小白菜叶绿体色素含量变化及其叶绿素降解动力学研究 [J]. 食品安全质量检测学报, 2013, 4(6): 1692-1698.
- [28] 陈欢欢,邓玉璞,冯建华,等. 青椒 MAP 保鲜效果的研究 [J]. 食品科技, 2013, 38(10): 36-39.
- [29] MUTLU S, ATICI O, NALBANTOGLU B. Effects of Salicylic Acid and Salinity on Apoplastic Antioxidant Enzymes in Two Wheat Cultivars Differing in Salt Tolerance [J]. Biol Plantarum, 2009, 53(2): 334-338.

Effect of Packaging Materials on Preservation of Tatsoi (*Brassica narinosa* Bailey) During Storage and Transportation

ZENG Shun-de, GAO Lun-jiang, ZENG Xiao-feng,
CHENG Yang, SHANG Sang, YIN Xu-min

Chongqing Academy of Agricultural Sciences, Chongqing 401329, China

Abstract: In this study, tatsoi (*Brassica narinosa* Bailey) was taken as the experiment material to find out the effects of normal PE bags, OPP adhesive 4-hole bags and microporous air bags on the preservation of this vegetable stored at 4 °C. The results indicated that compared with the bulk control, the microporous air bags increased the sensory scores, Vc and SOD of tatsoi by 96.68%, 31.33% and 47.27% and decreased its respiration intensity, ΔE and MDA accumulation by 30.97%, 10.83% and 21.25%, respectively. The preservation effect of microporous air bags was better than that of PE bags and OPP adhesive 4-hole bags and, therefore, is recommended as the best packaging material for preserving tatsoi.

Key words: packaging material; tatsoi (*Brassica narinosa* Bailey); preservation

责任编辑 周仁惠