

不同贮藏温度与包装方式对油麦菜保鲜效果的影响

郑丽静¹, 韦强^{1*}, 叶孟亮², 武冬雪¹

(1. 北京市农业技术推广站, 北京 100029; 2. 中国农业科学院农产品加工研究所, 北京 100193)

摘要 [目的] 研究不同贮藏温度与包装方式对油麦菜保鲜效果的影响。[方法] 以油麦菜为试材, 分别采用微孔保鲜袋与聚乙烯(PE)保鲜袋包装后, 分别置于4.0℃和常温(22.5℃)下测定O₂浓度、CO₂浓度、失重率、黄化率、叶绿素含量、维生素C含量等指标, 并进行感官评价。[结果] 低温(4.0℃)下油麦菜的保鲜效果更好, PE保鲜袋与微孔保鲜袋对油麦菜的保鲜效果均优于对照组, 二者均能有效延长油麦菜的贮藏期, 常温下(22.5℃)可延长油麦菜贮藏期至5d左右, 低温下可延长至15d左右。微孔保鲜袋和PE保鲜袋均可以降低油麦菜的失水率, 延缓腐烂现象的发生。其中, PE保鲜袋能有效降低油麦菜腐烂率、失水率及黄化率, 并控制叶绿素含量的下降; 微孔保鲜袋能有效维持油麦菜的适宜贮藏气体环境, 控制V_c含量的下降, 延缓黄化现象的发生。[结论] PE保鲜袋与微孔保鲜袋对油麦菜均具有良好的保鲜效果, 为生产上油麦菜的贮藏保鲜提供了有效参考。

关键词 微孔保鲜袋; 聚乙烯保鲜袋; 贮藏温度; 油麦菜; 保鲜效果

中图分类号 TS 255.3 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2019)14-0192-05

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2019.14.057



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Effects of Different Storage Temperatures and Packaging Methods on the Preservation of *Lactuca sativa* L.

ZHENG Li-jing¹, WEI Qiang¹, YE Meng-liang² et al (1. Beijing Extension Station of Agricultural Technology, Beijing 100029; 2. Institute of Food Science and Technology, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193)

Abstract [Objective] To study the preservation effect of different storage temperatures and packing methods on *Lactuca sativa* L. [Method] Taking *Lactuca sativa* L. as test materials, they were packaged with micro-porous film and polyethylene (PE) film at 4℃ and room temperature (22.5℃) respectively. The concentration of O₂ and CO₂, weight loss rate, etiolation rate, chlorophyll content, vitamin C content were determined, and the sensory evaluation was made. [Result] The preservation effect of *L. sativa* was better at low temperature (4.0℃). The preservation effect of PE film and micro-porous film on *L. sativa* was better than that of control group. Two packing methods could effectively prolong the storage period of *L. sativa*, the storage period of *L. sativa* at 22.5℃ and 4.0℃ was prolonged to 5 and 15 days respectively. Two kinds of bags could reduce water loss rate and delay the rotting phenomenon of *L. sativa*. PE film could effectively decrease the rotting rate, water loss rate and etiolation rate, and control the decrease of chlorophyll content. Micro-porous film could effectively maintain a suitable gas storage environment of *L. sativa*, control the decrease of V_c content, and delay the etiolation. [Conclusion] PE film and microporous film had good preservation effect on *L. sativa*. The research provided effective reference for the storage and preservation of *L. sativa*.

Key words Micro-porous preservation film; Polyethylene preservation film; Storage temperature; *Lactuca sativa* L.; Preservation effect

油麦菜, 别名莴苣菜, 又称苦菜、生菜, 属菊科、莴苣属植物, 是以嫩梢、嫩叶为产品的尖叶型叶用莴苣, 色泽淡绿、质地脆嫩, 口感极为鲜嫩、清香, 具有独特风味, 含有大量维生素和钙、铁、硒等营养成分, 是生食蔬菜中的上品, 颇受消费者的青睐^[1-3]。作为净菜加工企业的热销产品, 油麦菜的贮藏保鲜问题尤为重要。油麦菜采后极不耐贮藏, 常温贮藏时间为2d左右, 0~1℃条件下可贮藏14~28d^[4-5]。因此, 做好油麦菜的贮藏保鲜, 减少损耗, 对于增加农民收入与企业经济效益至关重要。

目前关于油麦菜的包装保鲜研究较少, 普遍认为油麦菜对CO₂有一定的忍耐性。Aharoni等^[6]报道, 油麦菜贮藏的适宜O₂浓度为2%~14%, CO₂浓度为2%~7%。Lipton^[7]研究发现油麦菜对CO₂的忍耐性与温度密切相关。微孔保鲜袋是果蔬自发气调保鲜的一种类型, 具有高透气性与保水性, 对呼吸强度大或对CO₂敏感果蔬的气调保鲜效果独特^[8], 有利于耐CO₂果蔬的贮藏保鲜^[9-11]。纪淑娟等^[12]研

究发现微孔保鲜膜能有效降低袋内CO₂浓度, 降低鸭梨果实褐变的发生, 减少鸭梨失重和果皮皱缩。陈玉成等^[13]研究发现微孔保鲜膜对常温青椒的贮藏效果较好。吉宁等^[14]研究表明, 微孔保鲜膜耦合1-MCP处理低温贮藏能有效抑制猕猴桃果实采后呼吸强度增加, 推迟呼吸跃变峰及乙烯跃变峰的出现, 抑制果实硬度、V_c含量下降, 延缓可溶性固形物和还原糖含量的上升速度, 对猕猴桃有良好的保鲜效果。

目前, 将微孔保鲜袋用于油麦菜的包装研究很少。笔者结合企业实际生产, 以油麦菜为试材, 采用微孔保鲜袋包装与PE保鲜袋包装, 通过测定不同贮藏温度下不同包装O₂浓度、CO₂浓度、失重率、黄化率、腐烂率、叶绿素、维生素C等指标, 探讨不同包装方式对油麦菜保鲜效果的影响, 以期为企业贮运保鲜和叶类蔬菜的包装开发提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

1.1.1 材料与试剂。油麦菜采自北京高天顺蔬果产销专业合作社, 清晨采收后1h内运回北京市农业技术推广站, 剔除有病虫害、萎蔫黄化的叶片或个体, 选择新鲜度、整齐度均匀一致的油麦菜用于试验。

微孔保鲜袋是在普通PE膜上制备微孔, 平均孔径为5~10μm, 大小为70cm×85cm, 厚度为0.02mm, 购自天津国嘉农产品保鲜生产力促进有限公司; PE保鲜袋, 大小规

基金项目 北京市农业技术推广站2018年科技新星培养项目(PXM2018_036204_000053)。

作者简介 郑丽静(1987—), 女, 河北石家庄人, 农艺师, 硕士, 从事农产品贮藏加工技术研究示范与推广工作。*通讯作者, 高级农艺师, 硕士, 从事农产品贮藏加工技术研究示范与推广工作。

收稿日期 2019-01-22; **修回日期** 2019-03-04

格 30 cm×40 cm,厚度为 0.16 mm,购自北京吉安奥德生物科技有限公司。

草酸、硝酸、偏磷酸、抗坏血酸、钼酸铵、石英砂、碳酸钙,均购自天津市光复科技发展有限公司;硫酸、盐酸、醋酸,购自北京化工厂;乙醇,购自天津市永大化学试剂有限公司。

1.1.2 仪器与设备。紫外分光光度计 UV8000A 型,为上海元析仪器科技有限公司产品;赛多利斯电子天平 QUINTIX224-1CN,为赛多利斯科学仪器(北京)有限公司产品;奥豪斯电子秤 AR2202CN,为奥豪斯仪器(上海)有限公司产品;顶空气体检测仪 Checkmate3 290352,为济南兰光机电技术有限公司产品;温湿度巡检仪 L92-1,为上海发泰精密仪器仪表有限公司产品。

1.2 试验方法 油麦菜采收后,立即分别采用微孔保鲜袋和 PE 保鲜袋扎口包装,分别置于 4 ℃冷库与常温库 2 种条件下贮藏,以未包装处理作为对照,每个处理 3 次平行,每个平行 1 kg 样品,共计 90 kg。使用温湿度巡检仪 L92-1,实时监测贮藏库温度,并取温度的平均值作为库温。每隔 1 d 固定时间取样,测定相关指标。

1.3 测定指标与方法

1.3.1 O₂、CO₂ 浓度(V/V)的测定。使用顶空气体检测仪 Checkmate 3 290352 测定 O₂ 和 CO₂ 浓度。

1.3.2 失重率、黄化率、腐烂率的测定。失重率参考彭凌等^[15]的方法进行测定。按照以下公式计算失重率、黄化率和腐烂率。

$$\text{失重率} = \frac{\text{贮藏前的质量} - \text{贮藏后的质量}}{\text{贮藏前的质量}} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{腐烂率} = \frac{\text{腐烂的油麦草重量}}{\text{油麦菜总重}} \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{黄化率} = \frac{\text{黄化的油麦草重量}}{\text{油麦菜总重}} \times 100\% \quad (3)$$

1.3.3 叶绿素含量的测定。参考王学奎^[16]的方法进行叶绿素含量的测定。

1.3.4 维生素 C(Vitamin C, V_C)含量的测定。采用钼蓝比色法^[17]测定维生素 C 的含量。

1.3.5 感官评价。以色泽、质地、气味、腐烂、萎蔫等感官品质指标为标准,参照表 1 中标准进行评分,取平均值。

表 1 油麦菜的感官评分标准

Table 1 The sensory evaluation standard of *L.sativa*

分值 Score	变色 Color change	光泽 Lustre	萎蔫 Wilting	腐烂 Rot	气味 Smell	综合 Comprehensive quality
9~10	完全鲜绿色	鲜亮	叶片硬挺新鲜	无腐烂	油麦菜特有的香味	新鲜硬挺
7~8	浅绿,变黄<10%	较鲜亮	微现萎蔫	腐烂率<10%	气味减弱	微现皱缩,开始腐烂
5~6	10%≤变黄<30%	较暗淡	叶片卷曲褶皱	10%≤腐烂率<30%	无香味	商业拒绝点
3~4	30%≤变黄<100%	暗淡	边缘出现干化	30%≤腐烂率<100%	有异味	食用拒绝点
1~2	几乎完全变黄	无光泽	叶片完全干枯	几乎全部腐烂	异味严重	完全腐烂

1.4 数据统计与分析 采用 Excel 2013 软件与 SPSS 20.0 统计软件对试验数据进行统计与分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理条件下油麦菜的感官评价 经实时监测常温库温度,测得其平均值(常温)为 22.5 ℃。由感官评价结果(表 2)可知,常温(22.5 ℃)条件下,贮藏至第 5 天 2 种保鲜袋内的油麦菜的感官评分均已达到商业拒绝点,贮藏至第 7 天达到食用拒绝点;4.0 ℃条件下,微孔保鲜袋内的油麦菜在

贮藏至第 11 天达到商业拒绝点,PE 保鲜袋中的油麦菜在第 13 天达到商业拒绝点,且至贮藏第 15 天 2 种保鲜袋内油麦菜均可食用。对照组未包装处理的油麦菜,低温下第 5 天重度萎蔫、黄化,常温下第 3 天出现重度萎蔫,失去商品性与可食用性。这表明常温条件下 2 种保鲜袋包装均可延长油麦菜贮藏期至 5 d 左右;4.0 ℃条件下,2 种保鲜袋包装均可延长油麦菜贮藏期至 15 d 左右。

表 2 不同处理条件下油麦菜的感官评分

Table 2 Sensory evaluation score of *L.sativa* under different treatment conditions

温度 Temperature//℃	处理 Treatment	贮藏时间 Storage time//d							
		1	3	5	7	9	11	13	15
4.0	微孔保鲜袋	10	9.5	9.0	8.0	7.0	6.0	5.5	5.0
	PE 保鲜袋	10	9.5	8.0	7.8	7.5	7.0	6.0	5.5
	对照	10	6.0	3.0	—	—	—	—	—
22.5	微孔保鲜袋	10	9.0	5.5	3.0	1.0	—	—	—
	PE 保鲜袋	10	9.0	6.0	4.0	2.0	—	—	—
	对照	10	3.0	—	—	—	—	—	—

2.2 不同处理条件下保鲜袋内气体成分浓度的变化 由图 1、2 可知,不同贮藏温度下不同保鲜袋内 O₂ 和 CO₂ 浓度随时间的变化趋势基本相同,随着贮藏时间的延长,O₂ 浓度逐

渐下降,CO₂ 浓度逐渐上升。PE 保鲜袋较微孔保鲜袋内 O₂ 浓度下降快,CO₂ 浓度上升快;其中,4.0 ℃条件下微孔保鲜袋内 O₂、CO₂ 浓度下降或上升,第 7 天起基本趋于稳定;PE

保鲜袋内 O_2 、 CO_2 浓度直至贮藏第 15 天仍分别处于下降、上升趋势。常温条件下,在油麦菜贮藏的第 7~9 天微孔保鲜袋内的 O_2 浓度降至 10% 以下,PE 保鲜袋内 O_2 浓度降至 5% 以下,此时 2 种保鲜袋内的油麦菜均已失去商品性。这表明低温下微孔保鲜袋能有效降低 CO_2 的浓度,并使其趋于稳定,自发维持较稳定的气体环境达 14 d 左右。

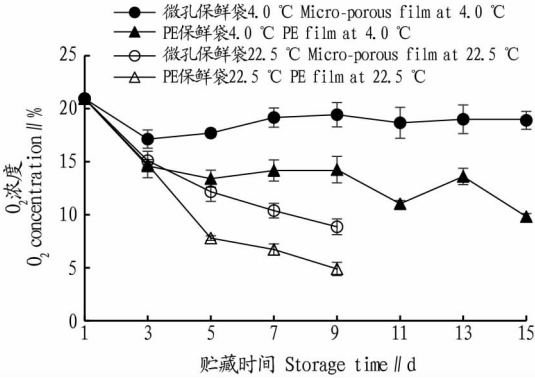


图 1 不同处理条件下保鲜袋内 O_2 浓度的变化

Fig.1 Changes of O_2 concentration in film under different treatment conditions

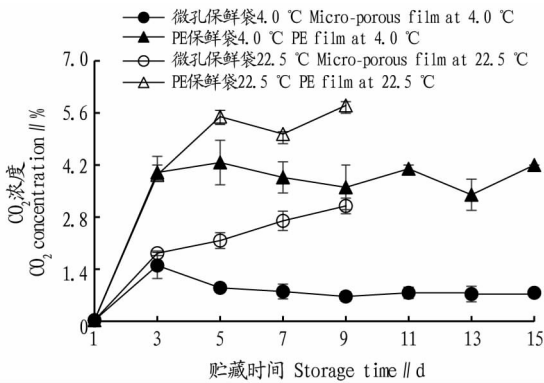


图 2 不同处理条件下保鲜袋内 CO_2 浓度的变化

Fig.2 Changes of CO_2 concentration in film under different treatment conditions

2.3 不同保鲜袋对油麦菜失重率的影响 由图 3 可知,不同处理下油麦菜的失重率均随贮藏时间的延长而增大。常温贮藏 5 d 后,4 °C 贮藏 3 d 后 2 种保鲜袋内油麦菜的失重率存在极显著差异 ($P < 0.01$),且微孔保鲜袋内的油麦菜失重率显著高于 PE 保鲜袋 ($P < 0.05$)。这表明 PE 保鲜袋较微孔保鲜袋能有效降低油麦菜的失重率。

2.4 不同保鲜袋对油麦菜黄化率的影响 由图 4 可知,4 °C 条件下微孔袋内油麦菜在第 7 天出现黄化,其他处理均在第 3 天出现黄化。不同条件下油麦菜的黄化率均随贮藏时间的延长而增加。常温下,2 种包装袋内油麦菜的黄化率差异明显 ($P < 0.01$);低温 4.0 °C 下,贮藏前期 2 种保鲜袋包装的油麦菜黄化率差异不显著 ($P < 0.05$);贮藏后期 (7 d 后)微孔保鲜袋内油麦菜的黄化率均高于 PE 保鲜袋 ($P < 0.05$)。这表明采用微孔保鲜袋包装可以延缓油麦菜黄化现象的发生,而采用 PE 保鲜袋包装可以降低油麦菜的黄化率。

2.5 不同保鲜袋对油麦菜腐烂率的影响 由图 5 可知,常温

下 2 种保鲜袋内的油麦菜均在第 5 天出现腐烂现象。4.0 °C 条件下 2 种保鲜袋内的油麦菜均在第 7 天出现腐烂,但仅限个别叶片,腐烂率仅 0.1% 左右。贮藏至第 15 天微孔保鲜袋内油麦菜的腐烂率达 15.94%,PE 保鲜袋内油麦菜的腐烂率低于 9.5%。这表明 2 种保鲜袋包装均可延缓油麦菜腐烂现象的发生。低温条件下 2 种保鲜袋的延缓效果更为明显,且 PE 保鲜袋内油麦菜的腐烂率较低。

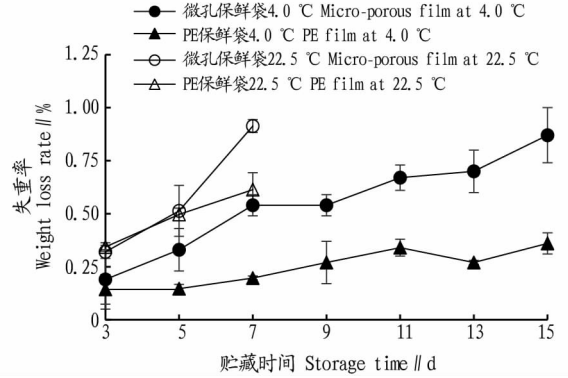


图 3 不同处理对油麦菜失重率的影响

Fig.3 Effects of different treatments on the weight loss rate of *L. sativa*

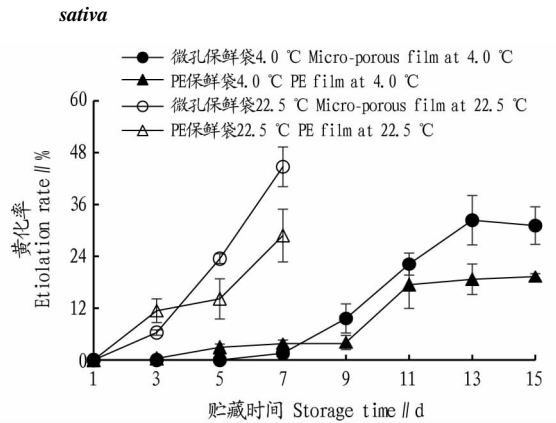


图 4 不同处理对油麦菜黄化率的影响

Fig.4 Effects of different treatments on the etiolation rate of *L. sativa*

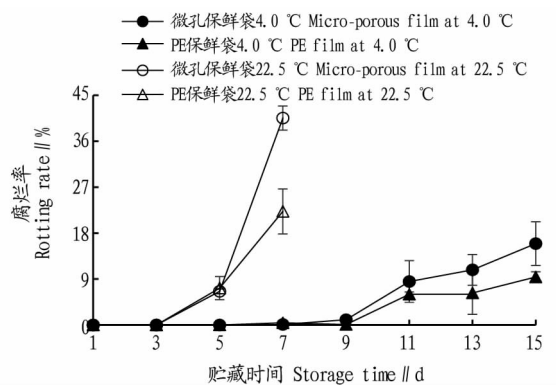


图 5 不同处理对油麦菜腐烂率的影响

Fig.5 Effects of different treatments on the rotting rate of *L. sativa*

2.6 不同保鲜袋对油麦菜叶绿素含量的影响 蔬菜在贮藏过程中其叶片颜色会逐渐发黄、变黑,因此可以通过叶绿素

含量的变化来判断蔬菜的品质。由图 6 可知,不同处理条件下,随着贮藏时间的延长,2 种保鲜袋内油麦菜的叶绿素含量总体上呈下降趋势,但 4.0 °C 贮藏较常温贮藏的保鲜效果好,叶绿素含量下降较为缓慢。其中,4.0 °C 条件下 2 种保鲜袋内叶绿素含量与贮藏时间呈极显著负相关,相关系数分别为 0.958 2 与 0.961 8,即叶绿素含量随时间的延长而逐渐下降且 PE 保鲜袋内叶绿素下降较微孔保鲜袋内稍缓慢(图 7)。这表明低温较常温、PE 保鲜袋较微孔保鲜袋,均更能有效抑制油麦菜叶绿素含量的下降。

2.7 不同保鲜袋对油麦菜 V_c 含量的影响 由图 8 可知,不同处理条件下,随着贮藏时间的延长,2 种保鲜袋内油麦菜 V_c 含量总体上呈下降趋势,但 4.0 °C 贮藏较常温贮藏的保鲜效果好, V_c 含量下降较为缓慢。其中,4.0 °C 条件下 PE 保鲜袋和微孔保鲜袋内油麦菜 V_c 含量与贮藏时间呈极显著负相关,相关系数分别为 0.971 9 与 0.987 3,即 V_c 含量随贮藏时间的延长而逐渐下降,但微孔保鲜袋内 V_c 含量下降较 PE 保鲜袋更为缓慢(图 9)。这表明低温较常温、微孔保鲜袋较

PE 保鲜袋,能更有效抑制油麦菜 V_c 含量的下降。

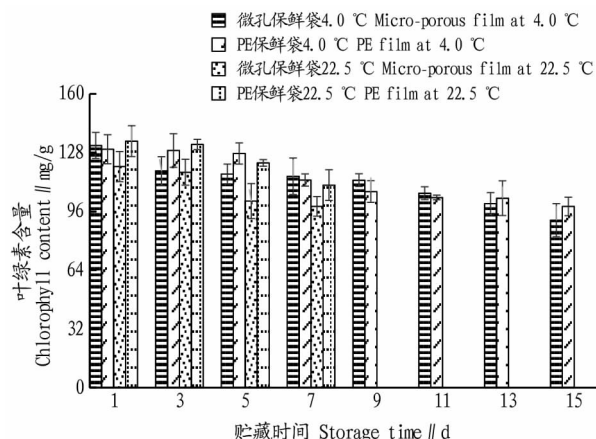
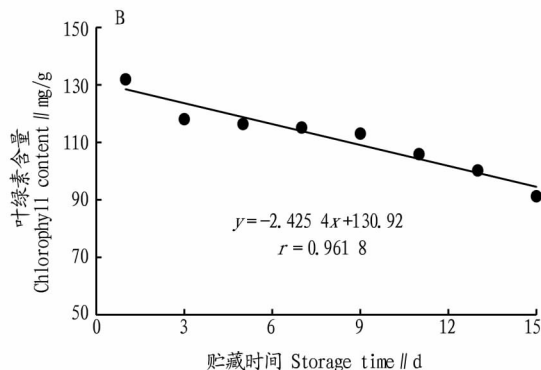
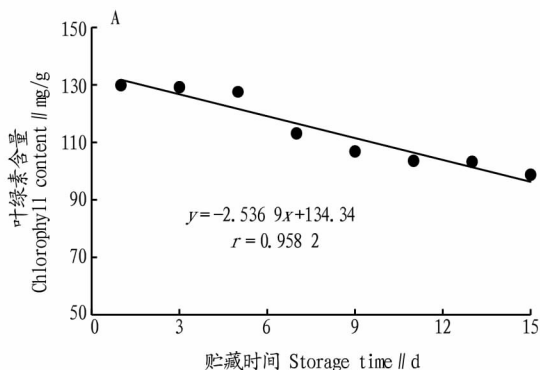


图 6 不同处理对油麦菜的叶绿素含量的影响

Fig.6 Effects of different treatments on chlorophyll content of *L. sativa*

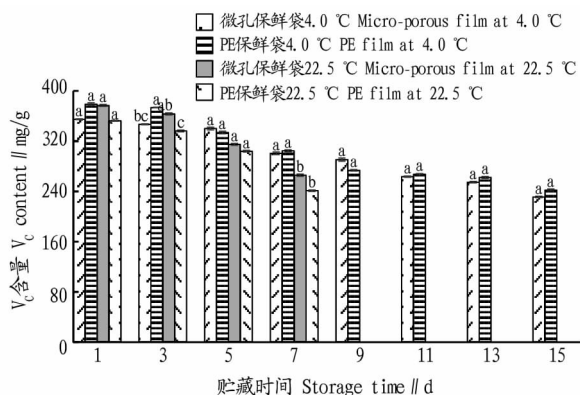


注:A.PE 保鲜袋;B.微孔保鲜袋

Note:A. PE film;B. Micro-porous film

图 7 4.0 °C 下 2 种保鲜袋内油麦菜叶绿素含量随时间的变化曲线

Fig.7 The change curve of chlorophyll content of *L. sativa* with two kinds of packages at 4.0 °C with storage time



注:同一时间不同处理间标有不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)

Note: Different small letters among different treatments at the same time indicated significant differences ($P < 0.05$)

图 8 不同处理对油麦菜的 V_c 含量的影响

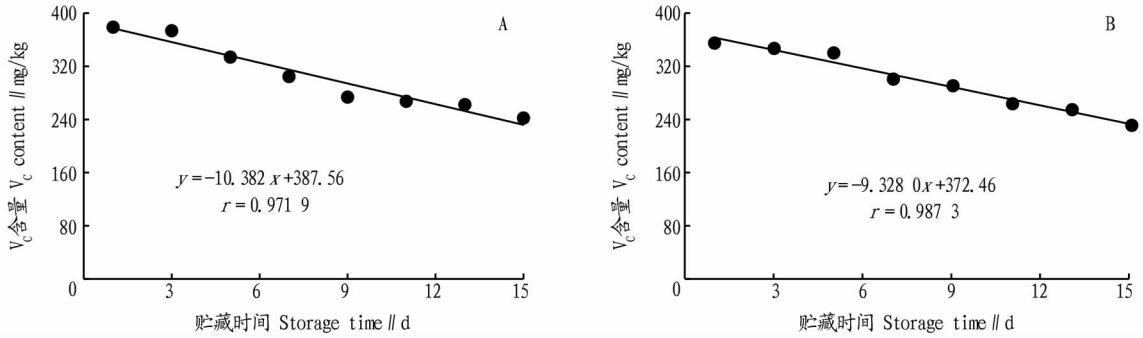
Fig.8 Effects of different treatments on V_c content of *L. sativa*

3 结论与讨论

综上所述,低温(4.0 °C)较常温(22.5 °C)对油麦菜的保

鲜效果较好,PE 保鲜袋与微孔保鲜袋对油麦菜的保鲜效果均优于对照组,二者均能有效延长油麦菜的贮藏期至 14 d 左右。微孔保鲜袋能有效降低油麦菜的呼吸速率,延缓油麦菜黄化现象的发生,PE 保鲜袋能有效降低油麦菜的黄化率。二者均能有效降低油麦菜的失水率,延缓腐烂现象的发生,但 PE 保鲜袋能显著降低腐烂率与失水率;微孔保鲜袋能有效控制 V_c 含量的下降,PE 保鲜袋能有效控制叶绿素含量的下降。

油麦菜属于呼吸强度高的果蔬,用普通聚乙烯保鲜膜包装,袋内 CO_2 浓度会迅速升高, O_2 浓度迅速下降,有时会因 CO_2 浓度过高或 O_2 浓度过低而导致 CO_2 气体伤害或低 O_2 伤害。有些对 CO_2 较为敏感的果蔬(如大枣、鸭梨等),少量 CO_2 也会对其产生伤害。因此,在进行自发气调保鲜时,最好采用微孔保鲜袋包装。微孔保鲜袋的透气性很高,其 O_2 和 CO_2 渗透率是常规聚乙烯保鲜膜的几万倍,能够降低保鲜袋内 CO_2 浓度,但不能维持袋内低氧环境。微孔保鲜袋内 O_2 浓度一般均在 15%~18%,远高于普通果蔬气调贮藏对 O_2



注:A.PE 保鲜袋;B.微孔保鲜袋

Note:A.PE film;B.Micro-porous film

图9 4.0 °C条件下2种包装袋内油麦菜V_C含量随时间的变化曲线

Fig.9 The change curve of V_C content in *L.satva* with two kinds of packages at 4.0 °C with storage time

浓度(低于5%)的要求^[8]。因此,研发成本较低、应用方便、适合大宗果蔬包装的CO₂高渗透性、O₂低渗透性(高CO₂/O₂渗透比)的保鲜膜更具实践应用价值。

参考文献

- [1] 穆金艳,赵兰枝,王振宇.不同浓度光合细菌对水培油麦菜产量及品质的影响[J].北方园艺,2017(15):56-60.
- [2] 邵伟,赵焱.贮藏条件对油麦菜保鲜效果的影响研究[J].长江蔬菜,2009(18):40-42.
- [3] 王晓芸,罗帅,孝培培,等.微孔包装对油麦菜贮藏品质的影响[J].北方园艺,2014(24):119-123.
- [4] 李喜宏,陈丽,关文强,等.果蔬薄膜保鲜技术[M].天津:天津科学技术出版社,2003:275-277.
- [5] 高凯,张娜,杨秀茹,等.蓄冷剂在油麦菜保鲜中的应用研究[J].保鲜与加工,2010,10(3):30-32.
- [6] AHARONI N, BEN-YEHOSHUA S. Delaying deterioration of romaine lettuce by vacuum cooling and modified atmosphere produced in polyethylene packages [J]. Journal of the American society for horticultural science, 1973, 98(5): 464-468.
- [7] LIPTON W J. Carbon dioxide-induced injury of romaine lettuce stored in controlled atmospheres [J]. Hortscience, 1987, 22(3): 461-463.
- [8] 李家政.微孔保鲜膜制备方法与应用[J].保鲜与加工,2007,7(3):25-27.

- [9] SANZ C, PEREZ A G, OLIAS R, et al. Quality of strawberries packed with perforated polypropylene [J]. Journal of food science, 1999, 64(4): 748-752.
- [10] STEWART O P, RAGHAVAN G S V, GOLDEN K D, et al. MA storage of Cavendish bananas using silicone membrane and diffusion channel systems [J]. Postharvest biology and technology, 2005, 35(3): 309-317.
- [11] RIVERA M C V, MARTÍN A, DE HERRERA S R M S, et al. Effect of modified atmosphere packaging on the antioxidant activity and total phenolic content in 'Albacor' figs [J]. Acta horticulturae, 2015, 1079(1079): 573-579.
- [12] 纪淑娟,关莹,李家政,等.微孔保鲜膜对鸭梨冷藏保鲜效果的影响[J].保鲜与加工,2008,8(6):35-38.
- [13] 陈玉成,王琛,张锐,等.包装与运输方式对常温贮藏青椒品质的影响[J].保鲜与加工,2015,15(6):7-12.
- [14] 吉宁,王瑞,马立志,等.微孔保鲜膜耦合1-MCP对'贵长'猕猴桃保鲜效果研究[J].食品研究与开发,2016,37(9):200-206.
- [15] 彭凌,张猛,王卫东.涂膜青椒的常温保鲜效果研究[J].食品科学,2009,30(18):371-375.
- [16] 王学奎.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2006:134-136.
- [17] 李军.钼蓝比色法测定还原型维生素C[J].食品科学,2000,21(8):42-45.

(上接第180页)

- [12] 陈龙,李文峰,令博,等.金耳、银耳、木耳多酚提取及其抗氧化活性[J].食品科学,2011,32(20):52-56.
- [13] 周达,罗成,鲁晓翔.玫瑰花总黄酮微波辅助提取及其抗氧化研究[J].食品工业科技,2010,31(4):269-272,276.
- [14] 蹇宇,赵欣,李银聪,等.青藏高原自然发酵牦牛酸奶中乳酸菌的抗氧化能力的研究[J].食品工业科技,2014,35(3):119-122.
- [15] 王宏雨,谢宝贵,邓优锦,等.45种食用菌液体发酵产物的抗氧化活性[J].福建农林大学学报(自然科学版),2010,39(1):84-89.
- [16] DIPLOCK A T, CHARLEUX J L, CROZIER-WILLI G, et al. Functional food science and defence against reactive oxidative species [J]. Brit J Nut, 1998, 80(S1): 77-112.
- [17] ROBAK J, GRYGLEWSKI R J. Flavonoids are scavengers of superoxide anions [J]. Biochem Pharmacol, 1988, 37(5): 837-841.

- [18] HU J P, CALOMME M, LASURE A, et al. Structure-activity relationship of flavonoids with superoxide scavenging activity [J]. Biol Trace Element Res, 1995, 47(1/2/3): 327-331.
- [19] TAKAHAMA U. Inhibition of lipoxygenase-dependent lipid peroxidation by quercetin: Mechanism of antioxidative function [J]. Phytochemistry, 1985, 24(7): 1443-1446.
- [20] HUSAIN S R, CILLARD J, CILLARD P, et al. Hydroxyl radical-scavenging activity of flavonoids [J]. Phytochemistry, 1987, 26(9): 2489-2491.
- [21] 俞慧红,竺巧玲,戴飞,等.多糖抗氧化作用的研究现状[J].食品研究与开发,2008,29(3):172-175.
- [22] PRIOR R L, WU X, SCHAICH K. Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements [J]. J Agric Food Chem, 2005, 53(10): 4290-4302.
- [23] ROGINSKY V, LISSI E A. Review of methods to determine chainbreaking antioxidant activity in food [J]. Food Chem, 2005, 92(2): 235-254.