

PLA 和 PE 包装袋对西兰花贮藏品质的影响

罗毅诚, 李亚娜, 罗瑞芬
(武汉轻工大学, 武汉 430023)

摘要: **目的** 考察聚乳酸 (PLA) 与聚乙烯 (PE) 袋对西兰花贮藏品质的影响。**方法** 利用透氧仪和透湿仪对市售的 PLA 和 PE 膜进行阻隔性测试, 并采用该 PLA 和 PE 袋包装西兰花, 利用色度计和顶空分析仪研究室温和冷藏条件下 2 种包装袋对西兰花保鲜效果的影响。**结果** PLA 膜的透湿系数和透氧系数分别为 $1.241 \times 10^{-13} \text{ g} \cdot \text{cm}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa})$ 和 $5.07 \times 10^{-10} \text{ mL} \cdot \text{cm}/(\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa})$, PE 膜的透湿系数和透氧系数分别为 $1.125 \times 10^{-14} \text{ g} \cdot \text{cm}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa})$ 和 $2.87 \times 10^{-10} \text{ mL} \cdot \text{cm}/(\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa})$ 。随着贮藏时间的延长, 西兰花的色度由绿变红, 由蓝变黄, 明度由黑变白; 袋中 O_2 气氛浓度先减少后增加, CO_2 浓度先上升后下降。**结论** PLA 膜的透湿性和透氧性高于 PE 膜, 冷藏条件下, PLA 比 PE 袋能更有效地抑制西兰花的呼吸作用。

关键词: 西兰花; PE; PLA; 包装袋

中图分类号: TB484.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2018)03-0012-04

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2018.03.003

Effects of PLA and PE Packaging Bags on Storage Quality of Broccoli

LUO Yi-cheng, LI Ya-na, LUO Rui-fen
(Wuhan Polytechnic University, Wuhan 430023, China)

ABSTRACT: The work aims to investigate the effects of polylactic acid (PLA) and polyethylene (PE) packaging bags on preservation quality of broccoli. The barrier properties of PLA and PE films commercially available were tested via oxygen permeability instrument and water vapor permeability instrument. The PLA and PE bags were used to package the broccoli. The effect of such bags on the preservation effects of broccoli respectively at room temperature and under cold storage condition was investigated by colorimeter and headspace analyzer. The results showed that the water vapor permeability coefficient and oxygen permeability coefficient of the PLA film were respectively $1.241 \times 10^{-13} \text{ g} \cdot \text{cm}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa})$ and $5.07 \times 10^{-10} \text{ mL} \cdot \text{cm}/(\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa})$; those of the PE film were respectively $1.125 \times 10^{-14} \text{ g} \cdot \text{cm}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa})$ and $2.87 \times 10^{-10} \text{ mL} \cdot \text{cm}/(\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa})$. With the extended storage period, the color of broccoli changed from green to red, and from blue to yellow. The lightness turned from black to white. The O_2 concentration in the bags initially decreased and then increased, while the CO_2 concentration was on the contrary. The water vapor permeability and oxygen permeability of PLA film are better than PE film. The PLA bag can inhibit the respiration of broccoli stored under cold storage conditions more efficiently than PE bag.

KEY WORDS: broccoli; PE; PLA; packaging bag

聚乙烯 (PE) 一般无味、无毒, 具有良好的化学稳定性, 且阻隔性能优良, 是当今世界上产量最大的塑料品种, 也是用量最大的塑料包装材料^[1-3]。聚乳酸 (PLA)^[4-6] 是以乳酸为主要原料得到的聚合物,

其原料来源丰富、可再生, 且聚乳酸是一种综合性能优良的可降解聚合物, 被视为最有前途的生物可降解高分子材料。

西兰花由于富含维生素 C、维生素 E 和维生素 A,

收稿日期: 2017-11-14

基金项目: 湖北省自然科学基金 (2017CFB494); 武汉轻工大学科研项目 (2018Y14)

作者简介: 罗毅诚 (1994—), 男, 武汉轻工大学硕士生, 主攻功能性包装材料。

通信作者: 李亚娜 (1980—), 女, 博士, 武汉轻工大学副教授, 主要研究方向为食品包装材料。

具有抗氧化性，因此倍受人们喜爱^[7-8]。采收后西兰花极易变色、衰老，致使营养成分损失、功能下降，为此，众多学者采用不同材料对西兰花进行包装研究，以寻求合适的包装保鲜材料^[9-10]。李伟等^[11]考察了 PLA 对西兰花在（20±3）℃下的保鲜效果，结果发现 PLA 薄膜包装处理对常温条件下的西兰花有明显的保鲜效果，能有效地延长西兰花的常温货架期。Lucera 等^[12]将鲜切西兰花用聚偏二氯乙烯、PE、低密度聚乙烯、聚甲基戊烯这 4 种保鲜膜包装，研究不同包装材料对鲜切西兰花品质的影响。结果发现，聚偏二氯乙烯保鲜效果最好，贮藏 12 d 后，用 PE 保鲜膜包装的鲜切西兰花的商品价值最高。文中拟对市售 PLA 及 PE 袋进行透湿和透氧性测试，并利用其包装西兰花，在室温和冷藏条件下考察西兰花的感官品质、色度和呼吸的变化，比较 PLA 及 PE 袋对西兰花的保鲜性。

1 实验

1.1 材料和设备

主要材料：西兰花，购于武汉常青菜场，选当天采摘、无病虫害、花球紧密、成熟度和大小基本一致的花球作为试验材料；PE 保鲜袋，25 cm×35 cm×12 μm，沈阳东联日用品有限公司；PLA 保鲜袋，25 cm×35 cm×10 μm，湖北光合生物科技有限公司。主要设备：透湿仪，W3/031X，透氧仪，OX2/231，济南兰光机电技术有限公司；色度计，CR-10，日本 KONICA MINOLTA 公司；顶空分析仪，PAC-CHECK-325，美国 MOCON 公司；塑料薄膜封口机，SF-200-300-400，温州鼎力包装机械制造有限公司。

1.2 方法

1.2.1 透湿性的测定

这里采用透湿仪测定膜的透湿性。由于膜的厚度对水蒸气透过量有一定的影响，所以通常采用水蒸气透过系数 P_v 反映材料的透湿性能：

$$P_v = \frac{\Delta m \cdot d}{A \cdot t \cdot \Delta p} = 1.157 \times 10^{-9} \times \frac{W \cdot d}{\Delta p}$$
 (1)

式中： P_v 为水蒸气透过系数（g·cm/(cm²·s·Pa)）；

W 为水蒸气透过量（g/(m²·d)）； d 为试样厚度（cm）； Δp 为试样两侧的水蒸气压差（Pa）。

1.2.2 透氧性测定

这里采用透氧仪测定膜的透氧性。实验所得为样品的透氧率 Q ，需要消除膜厚度的差别，膜的透氧性能一般用透氧系数来表示：

$$P = 1.157 \times 10^{-18} Qd$$
 (2)

式中： P 为透氧系数(mL·cm/(m²·s·Pa))； Q 为透氧率(mL/(m²·d·bar))，1 bar=0.1 MPa； d 为试样厚度（μm）。

1.2.3 西兰花预处理

将购买的西兰花及时运输至实验室，并装入保鲜袋中封口，室温（23℃）下贮存或冷藏（5℃），每个保鲜袋装 1 个花球作为 1 个重复，每次分析测试 3 个重复。

1.2.4 测定指标及方法

- 1) 感官评价。西兰花的感官评价标准见表 1。
- 2) 气氛变化。用顶空分析仪来测量保鲜袋内氧气及二氧化碳的含量，用以分析西兰花的呼吸作用。
- 3) 外观色度。用色度计（采用 Lab 色坐标）测量西兰花的颜色变化，来考察其外观变化。

1.2.5 数据分析

利用 Origin 对数据进行方差及显著性分析。

2 结果与分析

2.1 包装膜的透湿透氧性能

经过测试得到 PE 膜的透湿系数和透氧系数分别为 1.125×10⁻¹⁴ g·cm/(cm²·s·Pa)和 2.87×10⁻¹⁰ mL·cm/(m²·s·Pa)，PLA 膜的透湿系数和透氧系数分别为 1.241×10⁻¹³ g·cm/(cm²·s·Pa)和 5.07×10⁻¹⁰ mL·cm/(m²·s·Pa)。影响薄膜阻隔性的因素包括膜厚度、材料组成等，由于透湿系数和透氧系数排除了薄膜厚度的影响，与厚度无关，因此由结果可见 PE 的阻隔性优于 PLA。这是因为与 PE 相比，PLA 的极性较强，更易与极性小分子产生作用，因此 PLA 膜的透湿透气性高于 PE 膜。

表 1 西兰花感官品质的评分标准
Tab.1 Sensory evaluation standards of broccoli

打分	评分标准		
	色泽	褐变	组织状态
9	新鲜、绿色	无褐变腐烂	外观品质完好
7	绿色	切面轻微黯淡	外观品质较好
5	黄绿色	切口出现肉眼可见的轻微褐变	外观品质一般，达商品界限
3	黄化严重	切口局部褐变，稍有腐烂，不可食用	品质较差
1	全部黄化	褐变腐烂严重，不可食用	品质很差

2.2 感官变化

贮藏第1天时,冷藏条件下的西兰花相对来说比较新鲜,色泽鲜艳,没有出现泛黄的现象;室温条件下的西兰花(PE或PLA袋中)均有一定程度的枯萎及萎焉,特别是部分花蕾开花的现象较为普遍。贮藏第3天,冷藏条件下的西兰花也开始褪绿黄化,出现花蕾开花的现象,但色泽上没有太大的影响;室温条件下的西兰花其根部开始变黄,绝大多数的花蕾已开花,出现严重缺水的现象。贮藏第5天,冷藏条件下的西兰花出现很大程度的褐变,尤其是PE袋中的西兰花枯萎现象比较严重,大部分花蕾开花;室温条件下的西兰花已经完全萎焉,丧失商品价值。

贮藏期间的感官分值曲线见图1,可以看出,与冷藏条件相比,室温下贮藏的西兰花的感官分值下降更快,显著性差异明显($P<0.05$)。这是因为冷藏能够抑制西兰花的营养代谢,延缓西兰花的正常生长成熟,从而对西兰花起到保鲜作用^[13]。PE袋中和PLA袋中的西兰花的感官分值无显著性差异($P>0.05$)。

2.3 色度

PLA和PE袋中西兰花的色度变化见图2,可以看出,相同温度下,明度 L 均先增大后减小,表明西

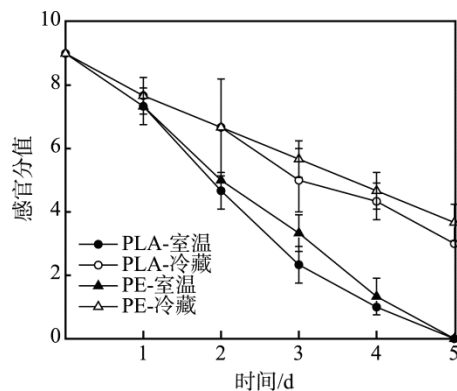


图1 PLA和PE袋内西兰花的感官评分
Fig.1 Sensory evaluation of broccoli in PLA and PE bags

兰花的颜色先变浅再变深。色度 a 大体呈现先下降再上升的趋势,表明西兰花的颜色先变绿再变红。色度 b 先上升后下降,表明西兰花的颜色先变蓝再变黄。另外,冷藏条件下的西兰花的明度 L 和色度 ab 变化趋势较常温贮藏更平缓,与常温贮藏相比,冷藏下的色度值差异显著($P<0.05$)。褪绿黄化和褐变是西兰花外观品质劣变的最明显标志,这与其组织内叶绿素、类胡萝卜素和类黄酮含量及酚类物质的氧化有关。冷藏能显著抑制西兰花中叶绿素和类胡萝卜素的降解,因此具有良好的保绿效果^[14]。

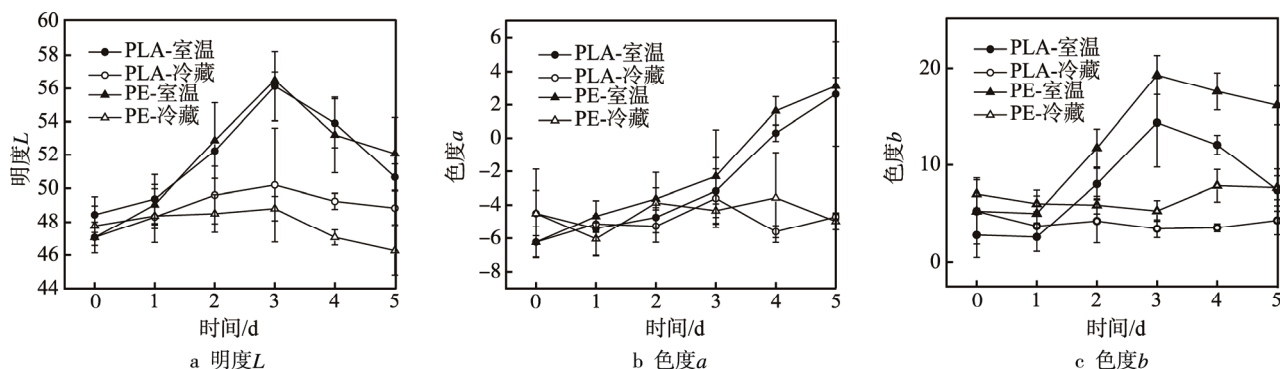


图2 PLA和PE袋中西兰花的色度变化
Fig.2 Color change of broccoli in PLA and PE bags

2.4 呼吸变化

PLA和PE袋中西兰花的呼吸作用变化见图3,可以看出,在相同温度下,保鲜袋中 O_2 的浓度先减小后增大, CO_2 的浓度先增大后减小。结果表明,在实验进行初期,袋中的氧气充足,西兰花的呼吸速率较快,随着 CO_2 含量的增加和 O_2 含量的下降,植物的有氧呼吸受到抑制,因而西兰花的呼吸作用速率开始逐渐下降。氧气浓度的降低成为限制有氧呼吸的主要因素,同时又因氧气的存在,植物无氧呼吸受到抑制,这导致植物的无氧呼吸也维持在较低的水平。不同温度下,冷藏时保鲜袋中 O_2 和 CO_2 浓度的变化趋势较常温下更平稳,且与常温贮藏相比,冷藏对 O_2 和 CO_2 浓度的影响具有显著性差异($P<0.05$),表明

冷藏能有效抑制西兰花的呼吸作用。PE袋中的 O_2 和 CO_2 浓度比PLA袋变化幅度更大,这表明PE袋中西兰花的呼吸作用更强。相对于PE膜,PLA膜中 O_2 和 CO_2 浓度的变化具有显著差异性($P<0.05$),这表明PLA膜对西兰花的呼吸有一定的抑制作用。

研究表明^[15],塑料包装袋的透气性过小或过大都不利于蔬菜的保存。具有一定气体阻隔性的塑料包装能够使包装内环境气体组成因蔬菜呼吸作用的进行达到低氧、高二氧化碳浓度的状态,该状态反过来又抑制了呼吸作用的进行,减缓蔬菜衰老变质,从而达到保鲜目的。二氧化碳浓度过高、氧气浓度过低又会造成无氧呼吸并积累有毒物质,具有一定透气性的包装材料能够保证包装袋内外发生一定程度的气体交

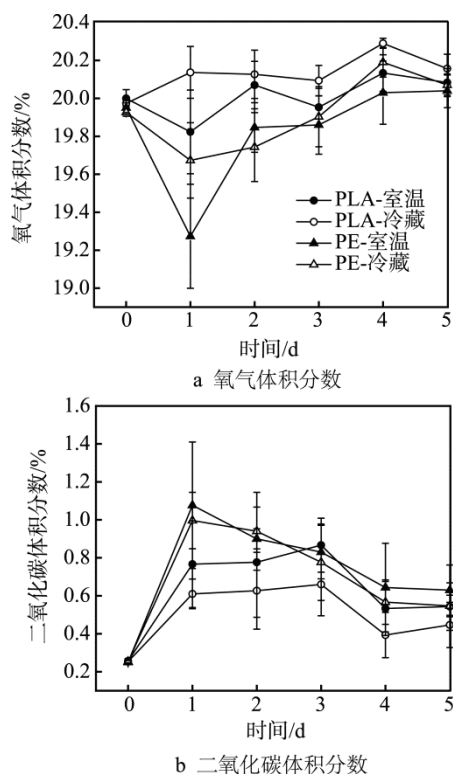


图3 PLA 和 PE 袋中西兰花的呼吸作用变化
Fig.3 Respiration change of broccoli in PLA and PE bags

换,使包装袋内氧气和二氧化碳浓度达到蔬菜保鲜所需要的最佳浓度。该研究中 PLA 袋对西兰花呼吸的抑制效果优于 PE 袋,这可能是因为 PLA 膜的高透气性使 PLA 袋中形成了适于西兰花保鲜的气氛环境,与 PE 膜相比,PLA 膜对西兰花的贮藏更为适宜。

3 结语

表征了 PLA 和 PE 膜对水蒸气和氧气的渗透性能,并用其包装西兰花,通过观察西兰花的感官品质,检测袋内西兰花的色度和呼吸变化,从而考察 PLA 和 PE 袋对西兰花的保鲜效果。结果发现,西兰花的感官分值、色度和呼吸作用随着贮藏时间的延长而发生改变,且受贮藏温度和包装袋材质的影响。与室温相比,冷藏能较好地维持西兰花的初始新鲜度。通过比较这 2 种包装袋,PLA 袋更能有效地抑制西兰花的呼吸作用,这可能是基于 PLA 具有更为良好的透湿性和透氧性。

参考文献:

- [1] HANLON J F, KELSEY R J, FORCINIO H E. Handbook of Package Engineering[M]. Pennsylvania: CRC Press LLC, 1998.
- [2] LI Shu-cai, LI Ya-na. Mechanical and Antibacterial Properties of Modified Nano-ZnO/HDPE Composite Films in Low Doped Content of Nano-ZnO[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2010, 116(5): 2965—2969.
- [3] LI Ya-na, LI Shu-cai. Preparation and Characterization of Antibacterial Ag₂O-coated HDPE Films Obtained by

- Vacuum Evaporation Technique[J]. Polymer-plastics Technology and Engineering, 2010, 49(7): 725—730.
- [4] PARK S H, LEE H S, CHOI J H, et al. Improvements in Barrier Properties of Poly(lactic acid) Films Coated with Chitosan or Chitosan/clay Nanocomposite[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2012, 125(S): 675—680.
- [5] ARRIETA M P, LÓPEZ J, FERRÁNDIZ S, et al. Characterization of PLA-limonene Blends for Food Packaging Applications[J]. Polymer Testing, 2013, 32(4): 760—768.
- [6] ANTONIS M, DEMETRIOS B, ANASTASIOS G, et al. Design of Biodegradable Bio-based Equilibrium Modified Atmosphere Packaging (EMAP) for Fresh Fruits and Vegetables by Using Micro-perforated Poly-lactic Acid (PLA) Films[J]. Postharvest Biology and Technology, 2016, 111: 380—389.
- [7] 李亚娜, 黄朋. 色度计和顶空分析仪对不同温度下西兰花生命变化的研究[J]. 包装工程, 2013, 34(17): 26—28
LI Ya-na, HUANG Peng. Life Change of Broccoli under Different Temperature[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(17): 26—28
- [8] 程顺昌, 魏宝东, 熊振华, 等. 西兰花采后贮藏保鲜技术研究进展[J]. 食品科学, 2017, 35(7): 270—275.
CHENG Shun-chang, WEI Bao-dong, XIONG Zhen-hua, et al. Recent Advances in Technologies for Postharvest Storage and Preservation of Broccoli[J]. Food Science, 2017, 35(7): 270—275.
- [9] MA G, ZHANG L, KATO M, et al. Effect of 1-methylcyclopropene on the Expression of Genes for Ascorbate Metabolism in Postharvest Broccoli[J]. Postharvest Biology and Technology, 2010, 58(2): 121—128.
- [10] LYU Jia-yu, WU Jie, ZUO Jin-hua, et al. Effect of Se Treatment on the Volatile Compounds in Broccoli[J]. Food Chemistry, 2017, 216: 225—233.
- [11] 李伟, 张一珠, 付正义, 等. 聚乳酸薄膜对西兰花的保鲜效果分析[J]. 食品科学, 2016, 37(14): 270—273.
LI Wei, ZHANG Yi-zhu, FU Zheng-yi, et al. Effect of Polylactic Acid Film Packaging on Preservation of Broccoli[J]. Food Science, 2016, 37(14): 270—273.
- [12] LUCERA A, COSTA C, MASTROMATTEO M, et al. Fresh-cut Broccoli Florets Shelf-life as Affected by Packaging Film Mass Transport Properties[J]. Journal of Food Engineering, 2011, 102: 122—129.
- [13] 张怡, 关文强, 张娜, 等. 温度对西兰花抗氧化活性及其品质指标影响[J]. 食品研究与开发, 2011, 32(8): 156—160.
ZHANG Yi, GUAN Wen-qiang, ZHANG Na, et al. Changes of Antioxidant Activity, Compounds and Quality of Broccoli Florets During Different Temperatures[J]. Food Research and Development, 2011, 32(8): 156—160.
- [14] MAKHLOUF J F, CASTAIGEN J, ARUL C, et al. Long Term Storage of Broccoli under Controlled Atmosphere [J]. Hortscience, 1989, 24(6): 637—639.
- [15] 刘静波, 殷涌光. 塑料包装袋透气性对保鲜蔬菜颜色的影响[J]. 中国食品学报, 2003, 3(1): 48—52.
LIU Jing-bo, YIN Yong-guang. Effect of the Gas Permeability of Plastic Packaging Bag on the Fresh-preservation Vegetable Color[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2003, 3(1): 48—52.