

# 不同保鲜膜处理对番茄常温货架品质的影响

梁芸志<sup>1</sup>, 季丽丽<sup>1</sup>, 陈存坤<sup>2</sup>, 吴昊<sup>1</sup>, 董成虎<sup>2</sup>, 王成荣<sup>1</sup>

(1. 青岛农业大学食品科学与工程学院, 山东青岛 266109)

(2. 国家农产品保鲜工程技术研究中心(天津), 天津市农产品采后生理与贮藏保鲜重点实验室, 天津 300384)

**摘要:** 研究了不同保鲜膜处理对番茄常温货架品质的影响。将番茄分别装入厚度为 20  $\mu\text{m}$  (PE20)、30  $\mu\text{m}$  (PE30)、50  $\mu\text{m}$  的聚乙烯保鲜膜 (PE50) 和 20  $\mu\text{m}$  的聚乙烯微孔膜 (WK) 中, 每袋大约 5 kg, 扎口, 于 (25 $\pm$ 1)  $^{\circ}\text{C}$ 、RH50% 下贮藏。并通过测定袋内氧气和二氧化碳体积分数、失重率、硬度、色差、可滴定酸、可溶性固形物、维生素 C 和丙二醛等指标来确定保持番茄常温货架品质的最佳保鲜膜。结果表明, 在第 10 d, 微孔膜的失重率与其他保鲜膜处理差异不显著 ( $p>0.05$ ); 在第 4 d, 硬度显著 ( $p<0.05$ ) 高于其他处理; 在第 2、4 d, 亮度显著 ( $p<0.05$ ) 高于其他处理; 在第 10 d,  $a^*$  显著 ( $p<0.05$ ) 低于其他处理; 在第 4 d, 可溶性固形物、可滴定酸和维生素 C 含量显著 ( $p<0.05$ ) 高于其他处理; 在第 10 d, 丙二醛含量显著 ( $p<0.05$ ) 低于其他处理。与其他处理相比, 微孔膜处理可以降低番茄的失重率, 保持番茄的硬度, 维持番茄较好的色泽, 保持番茄可滴定酸、可溶性固形物和抗坏血酸等营养成分的含量, 抑制番茄丙二醛含量的积累, 对番茄具有良好的保鲜效果。

**关键词:** 保鲜膜; 番茄; 保鲜

文章编号: 1673-9078(2018)03-137-143

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2018.03.020

## Effects of Different Preservative Film Treatments on the Quality of Tomato during Shelf Life at Room Temperature

LIANG Yun-zhi<sup>1</sup>, JI Li-li<sup>1</sup>, CHEN Cun-kun<sup>2</sup>, WU Hao<sup>1</sup>, DONG Cheng-hu<sup>2</sup>, WANG Cheng-rong<sup>1</sup>

(1. College of Food Science and Engineering, Qingdao Agricultural University, Qingdao 266109, China)

(2. National Engineering and Technology Research Center for Preservation of Agricultural Products, Tianjin Key Laboratory of Postharvest Physiology and Storage of Agricultural Products, Tianjin 300384, China)

**Abstract:** The effects of different preservative film treatments on the quality of tomato during shelf life at room temperature were investigated in this study. The tomatoes were packaged by four kinds of preservative films, including 20  $\mu\text{m}$  polyethylene film (PE20), 30  $\mu\text{m}$  polyethylene film (PE30), 50  $\mu\text{m}$  polyethylene film (PE50) and 20  $\mu\text{m}$  polyethylene micro-film (WK). Each package contained approximately 5 kg of samples and was stored at (25 $\pm$ 1)  $^{\circ}\text{C}$  and RH of 50%. The volume fraction of gas, weight loss rate, hardness, chromatic aberration, titratable acid (TA), total soluble solids (TSS), vitamin C (Vc) and malonaldehyde (MDA) were detected to determine the proper preservative film. No significant difference ( $p>0.05$ ) in the weight loss between polyethylene micro-film group with other preservative film group was found on the 10th day, while the color  $a^*$  and the content of MDA of polyethylene micro-film group was significant lower than that of other treatments ( $p<0.05$ ). On the 4<sup>th</sup> day, the hardness, and the contents of TSS, TA and Vc of polyethylene micro-film group were markedly higher than those of other treatments ( $p<0.05$ ). On the 2<sup>nd</sup> and 4<sup>th</sup> day, the lightness of polyethylene micro-film group was apparently higher than that of other treatments ( $p<0.05$ ). Compared with other treatments, micro film treatment could reduce the weight loss rate of tomato, maintain the firmness and good color, keep the content of nutrients such as total soluble solids, titratable acid and vitamin C, and inhibit the accumulation of MDA, which had a good fresh-keeping effect on tomato.

收稿日期: 2017-09-22

基金项目: 山东省农业重大应用技术创新项目子课题 (SDNYCX-2015-ZD06-02); 山东省现代蔬菜产业技术体系 (SDAIT-05-21); 山东省高等学校科技计划项目 (J14LE11); 青岛市科技计划项目 (14-2-4-71-jch); 青岛农业大学高层次人才科研基金项目 (631207); 国家星火计划重点项目 (2015GA610006); 天津市农业科技成果转化与推广项目 (201502030、201602090); 天津市科技计划项目 (13ZCXNC02800); 天津市科技计划项目 (12TXGCCX00400); 贵州省科技计划项目 (黔科合成果[2016]4035 号)

作者简介: 梁芸志 (1992-), 男, 硕士在读, 研究方向: 农产品加工及贮藏工程

通讯作者: 王成荣, 教授, 研究方向: 农产品加工及贮藏工程

**Key words:** preservative film; tomato; fresh-keeping

果蔬自发气调是采用特定的薄膜包装采后的果蔬,利用果蔬呼吸消耗氧气、产生二氧化碳的特性,降低保鲜袋内氧气浓度,同时维持保鲜袋内一定的二氧化碳浓度,从而达到延缓果蔬衰老、延长保鲜期的目的。保鲜膜的透气性主要由膜的材质和膜的厚度决定的<sup>[1]</sup>。目前,果蔬保鲜膜主要有普通保鲜膜、微孔保鲜膜、防雾功能保鲜膜、可食性保鲜膜、硅窗调气保鲜膜和抗菌保鲜膜等<sup>[2]</sup>。

在自发气调包装技术上,国内外已有很多研究。在常温自发气调包装研究上,贾爱军等<sup>[3]</sup>研究表明 1  $\mu\text{L/L}$  的 1-MCP 结合 PE 膜包装处理可以有效延缓久保桃果皮强度、果皮脆性、果肉平均硬度和果肉匀质指数的降低,抑制果皮破裂深度的上升。陈玉成等<sup>[4]</sup>研究表明,采用 5 层瓦楞纸箱内衬微孔保鲜膜包装能保持青椒较高的果实硬度和可溶性固形物含量,降低失重率与呼吸强度,抑制丙二醛含量的增加,延长贮藏期。在低温自发气调包装研究上,王亮等<sup>[5]</sup>研究表明 15  $\mu\text{m}$  厚的高渗出二氧化碳保鲜袋适宜山楂果实的长期保鲜。赵伟璐等<sup>[6]</sup>研究表明与微孔膜和不同厚度的 PE 保鲜膜相比,打孔的聚酰胺保鲜膜对白灵菇具有良好的保鲜效果。王进等<sup>[7]</sup>研究表明 PE50 包装下的主动自发气调是青皮核桃最适宜的保鲜方式。贾晓辉等<sup>[8]</sup>研究表明 40  $\mu\text{m}$  的 PE 袋和 40  $\mu\text{m}$  的 PVC 袋内的氧气在 14.5%~17.0%,二氧化碳在 2.5%~3.0%时,对库尔勒香梨起到较好的保鲜效果。近几年气调包装新型材料的研究主要有抗氧化活性膜、纳米保鲜膜和生物可降解膜。Peter 等<sup>[9]</sup>研究了改性 Ag/TiO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub> 保鲜膜对生菜的保鲜作用,结果表明改性 TiO<sub>2</sub> 单层膜和双层膜与对照相比,货架期分别延长了 4 d 和 2 d;贮藏 5 d 后,用改性 Ag/TiO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub> 双层膜包装的生菜腐烂率低于改性酒精膜和改性 TiO<sub>2</sub> 膜。Hajer 等<sup>[10]</sup>研究了包含海洋嗜杀酵母的海藻酸钠和豆胶涂膜可以降低质量损失,保持硬度,减少绿霉病。在我国,番茄作为大宗蔬菜的代表,但自发气调相关的研究报道却很少,因此寻找一种简便、安全而又成本低的保鲜膜很有必要。

目前,受成本、消费者可接受程度等因素影响,涂膜保鲜应用受到较大的限制,尤其在鲜切果蔬上,国内消费者接受程度较低。在将涂膜材料制成保鲜膜的过程中,受膜材质等因素的影响,制作过程较困难,成本高,制成的保鲜膜往往达不到预期的效果,推广应用受到较大的限制。另外,一些新型气调包装材料

受成本和研发进展,推广应用也受到较大限制。而聚乙烯材质的自发气调包装安全、成本低、操作简单,可大范围推广应用。目前市售的保鲜膜种类繁多,因此,本研究选择 4 种不同的保鲜膜处理番茄,研究膜内气体体积分数以及其对番茄的质构、色差、营养和丙二醛的影响,来确定保持番茄常温货架品质的最佳保鲜膜,以期生产实践提供一些理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

番茄产自河北青县,处于后熟期,直接运到实验室处理。PE20: O<sub>2</sub> 和 CO<sub>2</sub> 渗透系数分别为 7150、23500 mL/(m<sup>2</sup>·d·atm),透湿率 5.51 g/(m<sup>2</sup>·d) (20 °C、RH50%,下同)。PE30: O<sub>2</sub> 和 CO<sub>2</sub> 渗透系数分别为 4767、15667 mL/(m<sup>2</sup>·d·atm),透湿率 3.67 g/(m<sup>2</sup>·d)。PE50: O<sub>2</sub> 和 CO<sub>2</sub> 渗透系数分别为 2860、9400 mL/(m<sup>2</sup>·d·atm),透湿率 2.2 g/(m<sup>2</sup>·d)。WK: O<sub>2</sub> 和 CO<sub>2</sub> 渗透系数分别为 248000、256000 mL/(m<sup>2</sup>·d·atm),透湿率 13.4 g/(m<sup>2</sup>·d)。

氢氧化钠(天津风船公司);硫代巴比妥酸(天津科丰公司);三氯乙酸、抗坏血酸、盐酸(天津光复公司)。

### 1.2 仪器与设备

PBI Dansensor 残氧仪(丹麦丹圣公司);TA.XT.Plus 物性仪(英国 SMS 公司);PAL-1 便携式手持折光仪(日本 Atago 公司);GMK-835N 酸度测定仪(韩国 G-WON 公司);3-30K 高速冷冻离心机(德国 Sigma 公司);UV-1780 紫外可见分光光度计(日本岛津公司);SSN-22 温湿度记录仪(深圳宇问公司);WR-18 色差仪(深圳威福公司)。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 处理方法

挑选大小均匀、成熟度一致、无病虫害、无机械损伤的番茄,分别装入厚度为 20  $\mu\text{m}$  的 PE 膜(PE20)、30  $\mu\text{m}$  的 PE 膜(PE30)、50  $\mu\text{m}$  的 PE 膜(PE50)和 20  $\mu\text{m}$  的 PE 微孔膜(WK)中,每袋大约 5 kg,扎口,并设置不包装的对照组,于 (25±1) °C、RH50% 下贮藏。每 2 d 取一次样。

#### 1.3.2 测定项目与方法

##### 1.3.2.1 氧气和二氧化碳体积分数

用 PBI Dansensor 残氧仪测定,记录数值,单位

为%。

### 1.3.2.2 失重率

每个处理取 3 袋定期进行称重计算失重率，单位为%。

$$\text{失重率}(\%) = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100\%$$

式中： $m_0$  为贮藏前质量，kg； $m_1$  为贮藏后质量，kg。

### 1.3.2.3 硬度

利用 P/2 柱头 ( $\Phi=2$  mm) 对 10 个番茄进行穿刺测试，每个番茄在中部穿刺 3 次，测前速率为 5.0 mm/s，测试速率为 2.0 mm/s，穿刺深度为 10 mm，单位为 N。

### 1.3.2.4 色差

每个处理取 10 个番茄定期测定色差，取平均值。

### 1.3.2.5 可溶性固形物含量

使用 6 层纱布对打浆后的 5 个番茄进行过滤，倒入适量滤液，用 PAL-1 便携式手持折光仪测定，单位为%。

### 1.3.2.6 可滴定酸含量

使用 6 层纱布对打浆后的 5 个番茄进行过滤，吸取滤液 0.306 mL，加入盛有 30 mL 蒸馏水的测定瓶中，用 GMK-835N 酸度测定仪测定，单位为%。

### 1.3.2.7 维生素 C 含量

参考马宏飞等<sup>[11]</sup>的方法并稍作修改。称取 10.00 g 样品于研钵中，加入 10% HCl 10 mL，匀浆，用蒸馏水定容至 25 mL，混匀离心。取 1.0 mL 上清液，放入盛有 2.0 mL 10% HCl 的容量瓶中，用蒸馏水定容至 25 mL，摇匀。以蒸馏水为空白，在 243.4 nm 处测定其吸光度。单位为 mg/100 g。

### 1.3.2.8 丙二醛含量

参考曹建康等<sup>[12]</sup>的方法并稍作修改。称取 5.00 g 样品于研钵中，加入 10 mL、100 g/L TCA 溶液，研磨匀浆后离心。取 2.0 mL 上清液，加入 2.0 mL、6.7 g/L TBA 溶液，在沸水浴中水浴 20 min，冷却至室温后测定 450、532 和 600 nm 处的吸光度，空白管加入 2.0 mL、100 g/L TCA 溶液代替上清液。单位为  $\mu\text{mol/g}$ 。

$$\text{丙二醛含量} = \frac{c \times V}{V_s \times m \times 1000}$$

式中： $c$  为反应混合液中丙二醛浓度， $\mu\text{mol}$ ； $V$  为样品提取液总体积，mL； $V_s$  测定时所取样品提取液体积，mL； $m$  为样品质量，g。

## 1.4 数据分析

所有试验均重复 3 次，使用 SPSS 17.0 软件进行方差分析和显著性分析，显著性分析采用

Tukey-Kramer 方法， $p < 0.05$  表示差异显著，使用 Origin 8.5 软件作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同保鲜膜内氧气和二氧化碳的体积分数

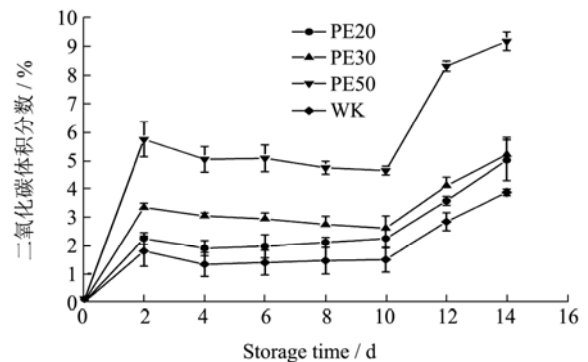


图1 不同保鲜膜内二氧化碳的体积分数

Fig.1 The volume fraction of carbon dioxide in different preservative film

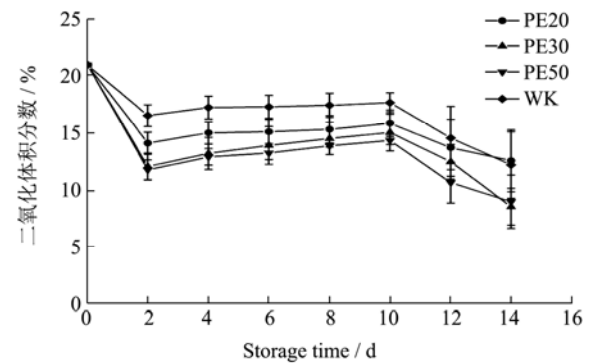


图2 不同保鲜膜内氧气的体积分数

Fig.2 The volume fraction of oxygen in different preservative film

由图 1 和 2 可看出，整个贮藏期，膜内的氧气体积分数呈现先下降后上升再下降的趋势，二氧化碳体积分数呈现先上升后下降再上升的趋势。与其他处理相比，微孔膜的氧气体积分数较高，在 17% 左右；二氧化碳体积分数较低，在 1.5% 左右。从第 10 d 开始，各处理二氧化碳体积分数开始升高，氧气体积分数开始降低，可能由于膜内的番茄开始腐烂导致呼吸作用加强。

### 2.2 不同保鲜膜处理对番茄失重率的影响

由图 3 可看出，整个贮藏期，5 个处理的失重率呈现逐渐上升的趋势。对照组的失重率高于其他处理，在第 6 d，分别是 PE20、PE30、PE50 和微孔膜的 8.92、

21.08、25.28 和 8.22 倍,表明保鲜膜处理可以延缓番茄的质量损失。保鲜膜处理中,微孔膜内的失重率比其他保鲜膜高,在第 10 d,微孔膜与其他保鲜膜处理差异不显著( $p>0.05$ ),可能由于微孔膜的透湿率较高,有利于水分蒸发。与此相似,李云云等<sup>[13]</sup>研究了微孔膜包装对双孢蘑菇贮藏品质的影响,表明微孔膜虽然会促进质量损失的增加,但是抑制硬度、TSS 和 Vc 含量的降低。

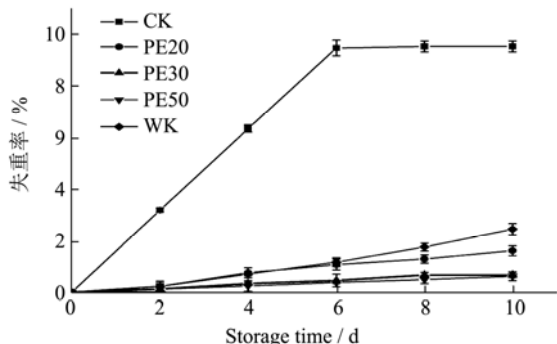


图 3 不同保鲜膜处理对番茄失重率的影响

Fig.3 Effects of different preservative film on the weight loss rate of tomato

### 2.3 不同保鲜膜处理对番茄硬度的影响

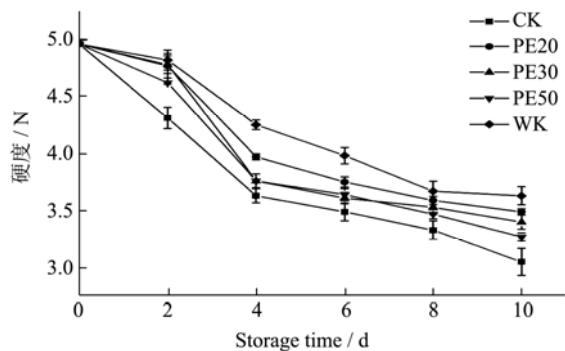


图 4 不同保鲜膜处理对番茄硬度的影响

Fig.4 Effects of different preservative film on the firmness of tomato

硬度是衡量果蔬商品性的重要标准,贮藏期果实的硬度与呼吸代谢、酶活性变化、激素调节以及温度等方面密不可分<sup>[14]</sup>。这些方面导致番茄可溶性果胶和不溶性果胶的含量变化,直接影响番茄的硬度<sup>[15]</sup>。由图 4 可看出,整个贮藏期,5 个处理的硬度呈现逐渐下降的趋势。贮藏前期,各个处理的硬度下降较快,在第 4 d,对照组、PE20、PE30、PE50 和微孔膜分别下降了 26.81%、19.96%、24.19%、24.19%和 14.31%。对照组的硬度低于其他处理,表明保鲜膜处理可以保持番茄的硬度。微孔膜的硬度高于其他处理,可能是由于抑制了果胶和纤维素的分解,保持了硬度。在第

4 d,微孔膜与其他处理存在显著差异( $p<0.05$ ),分别是对照组、PE20、PE30 和 PE50 的 1.17、1.07、1.13 和 1.13 倍。与此相似,Li 等<sup>[16]</sup>研究表明 0.5  $\mu\text{L/L}$  1-MCP 结合微孔膜处理可以保持莱阳梨的硬度。

### 2.4 不同保鲜膜处理对番茄色差的影响

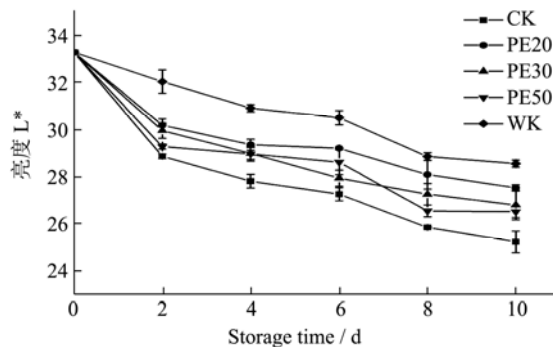


图 5 不同保鲜膜处理对番茄亮度的影响

Fig.4a Effects of different preservative film on the lightness of tomato

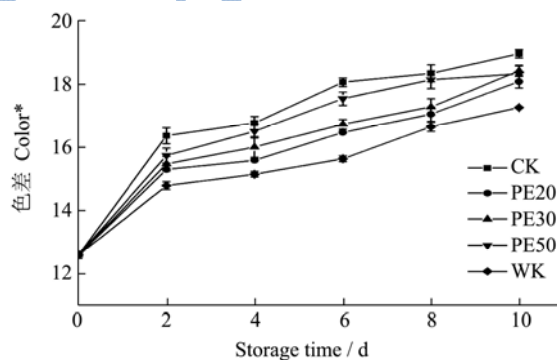


图 6 不同保鲜膜处理对番茄色差 a\* 的影响

Fig.4b Effects of different preservative film on the color a\* of tomato

由图 5 可看出,整个贮藏期,5 个处理的亮度呈现逐渐下降的趋势。对照组的亮度低于其他处理,表明保鲜膜处理可以保持番茄的亮度。微孔膜的亮度高于其他处理,在第 2、4 d,与其他处理存在显著差异( $p<0.05$ ),表明微孔膜可以较好地保持番茄的亮度,可能由于微孔膜延缓了番茄果实的成熟,使番茄红色增加的程度降低,从而保持了番茄的亮度。

由图 6 可看出,整个贮藏期,5 个处理的色差 a\* 呈现逐渐上升的趋势。当 a\* 大于 0 时,表明番茄颜色偏红。对照组的 a\* 高于其他处理,表明保鲜膜处理可以延缓番茄果实的成熟,使番茄红色增加的程度降低。在第 2 d,对照组的 a\* 分别是 PE20、PE30、PE50 和微孔膜的 1.07、1.06、1.04 和 1.11 倍。微孔膜的 a\* 低于其他处理,在第 10 d,与其他处理存在显著差异( $p<0.05$ ),表明微孔膜可以较好地延缓番茄的成熟。

与此相似,在李方等<sup>[17]</sup>的研究中,表明微孔膜可以调节袋内氧气含量,抑制菠菜呼吸作用,维持菠菜较好的色泽。

### 2.5 不同保鲜膜处理对番茄 TSS 含量的影响

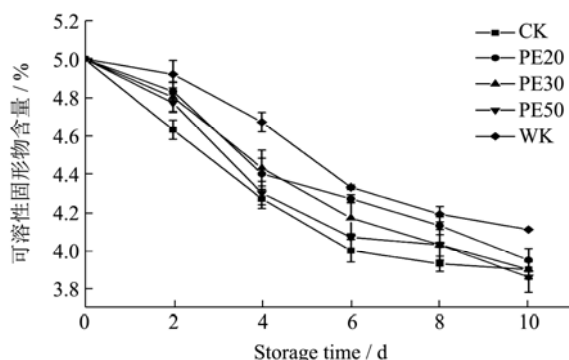


图7 不同保鲜膜处理对番茄 TSS 含量的影响

Fig.7 Effects of different preservative film on the content of TSS of tomato

番茄可溶性固形物主要由可溶性糖和有机酸等营养成分组成,是衡量番茄品质的一个重要指标<sup>[18]</sup>。由图7可看出,整个贮藏期,5个处理的可溶性固形物含量均呈现逐渐下降的趋势。对照组的可溶性固形物含量总体上低于保鲜膜处理,表明保鲜膜处理可以抑制番茄可溶性固形物含量的降低。微孔膜处理的可溶性固形物含量高于其他处理,在第4d,与其他处理存在显著差异( $p < 0.05$ )。贮藏前期可溶性固形物含量下降较快,前4d,对照组、PE20、PE30、PE50和微孔膜分别下降了14.60%、12.00%、11.40%、14.00%和6.60%,可能是由于微孔膜内的气调环境可以更好地抑制番茄的呼吸作用,从而使可溶性固形物消耗减少。与此相似, Singh等<sup>[19]</sup>研究表明0.03 mm的微孔膜可以保持百香果的可溶性固形物和可滴定酸含量。

### 2.6 不同保鲜膜处理对番茄 TA 含量的影响

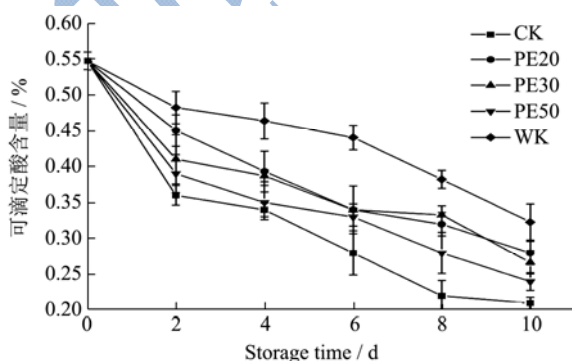


图8 不同保鲜膜处理对番茄 TA 含量的影响

Fig.8 Effects of different preservative film on the content of TA of tomato

可滴定酸是评价果蔬品质的重要指标之一。贮藏期有机酸含量的分解代谢与呼吸作用有关<sup>[20]</sup>。由图8可看出,整个贮藏期,5个处理的可滴定酸含量均呈现逐渐下降的趋势。对照组的可滴定酸含量低于保鲜膜处理,微孔膜处理的可滴定酸含量高于其他处理,表明保鲜膜处理可以抑制番茄可滴定酸含量的下降,其中,微孔膜的效果最好,可能是由于微孔膜处理抑制了呼吸作用,从而使可滴定酸消耗减少。贮藏前期,可滴定酸含量下降较快,前2d,对照组、PE20、PE30、PE50和微孔膜分别下降了34.19%、17.73%、25.05%、28.70%和11.88%。在整个贮藏期,微孔膜处理的可滴定酸含量均显著( $p < 0.05$ )高于其它处理。

### 2.7 不同保鲜膜处理对番茄 Vc 含量的影响

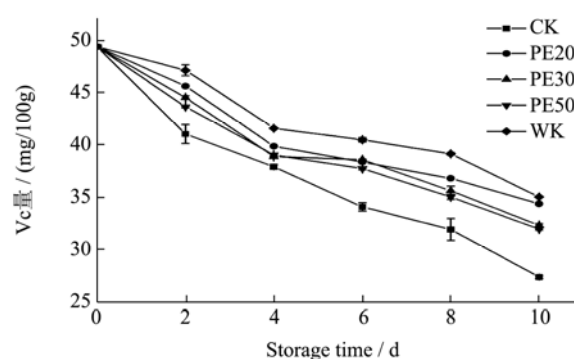


图9 不同保鲜膜处理对番茄 Vc 含量的影响

Fig.9 Effects of different preservative film on the content of Vc of tomato

维生素C不但是果实的重要营养成分之一,同时也是清除果实内活性氧的重要抗氧化剂<sup>[21]</sup>。由图9可看出,整个贮藏期,5个处理的Vc含量均呈现逐渐下降的趋势。对照组的Vc含量低于其他处理,微孔膜Vc含量高于其他处理,表明保鲜膜处理可以抑制番茄Vc含量的下降,其中微孔膜的效果最好,可能是由于微孔膜内合适的气调环境抑制了活性氧的产生,组织内清除活性氧而消耗的抗坏血酸减少。与此相似, Rai等<sup>[22]</sup>研究表明微孔膜能更好地维持黑莓的抗坏血酸含量。贮藏前期,Vc含量下降较快,前4d,对照组、PE20、PE30、PE50和微孔膜分别下降了23.22%、19.28%、21.24%、20.95%和15.80%。第4、6和8d,微孔膜处理的Vc含量显著( $p < 0.05$ )高于其他处理。

### 2.8 不同保鲜膜处理对番茄丙二醛含量的影响

MDA是膜脂过氧化的产物,因此可以用来衡量膜脂过氧化程度<sup>[23]</sup>。由图10可看出,整个贮藏期,5

个处理的丙二醛含量均呈现上升的趋势。对照组的丙二醛含量高于保鲜膜处理,表明保鲜膜处理可以抑制番茄丙二醛含量的积累,降低细胞膜的损伤。微孔膜的丙二醛含量低于其他处理,对抑制丙二醛的积累具有较好的效果,可能是由于微孔膜内合适的气调环境抑制了自由基的产生,从而使膜脂过氧化程度降低。在第10 d,微孔膜处理显著 ( $p < 0.05$ ) 低于其它处理,对照组的丙二醛含量分别是 PE20、PE30、PE50 和微孔膜的 1.14、1.13、1.10 和 1.17 倍。与此相似,在荆红彭等<sup>[24]</sup>的研究中,表明微孔膜可以调节袋内氧气和二氧化碳含量,抑制丙二醛的积累。

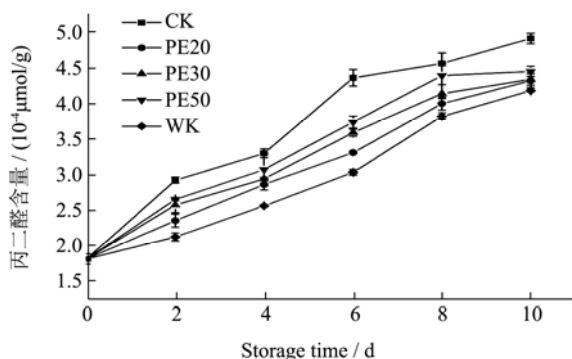


图 10 不同保鲜膜处理对番茄 MDA 含量的影响

Fig.10 Effects of different preservative film on the content of MDA of tomato

### 3 结论

本研究选择 4 种不同的保鲜膜处理番茄,研究膜内气体体积分数以及其对番茄的质构、色差、营养和丙二醛的影响,来确定保持番茄常温货架品质的最佳保鲜膜。结果表明,微孔膜的氧气体积分数较高,在 17% 左右;二氧化碳体积分数较低,在 1.5% 左右。在第 10 d,微孔膜的失重率与其他保鲜膜处理差异不显著 ( $p > 0.05$ ); 在第 4 d,硬度显著 ( $p < 0.05$ ) 高于其它处理; 在第 2、4 d,亮度显著 ( $p < 0.05$ ) 高于其他处理; 在第 10 d,  $a^*$  显著 ( $p < 0.05$ ) 低于其他处理; 在第 4 d,可溶性固形物、可滴定酸和维生素 C 含量显著 ( $p < 0.05$ ) 高于其他处理; 在第 10 d,丙二醛含量显著 ( $p < 0.05$ ) 低于其它处理。微孔膜处理可以保持番茄的硬度,维持番茄较好的色泽,保持番茄的 TSS、TA 和 Vc 含量,抑制番茄丙二醛的积累,对番茄具有良好的保鲜效果。

### 参考文献

[1] 李家政,毕大鹏.不同保鲜膜包装对蜜柚冷藏效果和货架品质的影响[J].农业工程学报,2010,26(1):315-319  
LI Jia-zheng, BI Da-peng. Influence of different film

packaging on storage and shelf-life quality of pumelo fruit [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2010, 26(1): 315-319

- [2] 周斌.果蔬保鲜膜的研究进展[J].包装学报,2012,4(4):16-20  
ZHOU Bin. Review of preservative film for fruits and vegetables [J]. Packaging Journal, 2012, 4(4): 16-20
- [3] 贾爱军,刘芳,王占富,等.不同保鲜处理对常温货架期间桃果实品质的影响[J].保鲜与加工,2014,14(6):17-21  
JIA Ai-jun, LIU Fang, WANG Zhan-fu, et al. Effects of different preservation treatments on texture of peach fruit [J]. Storage and Process, 2014, 14(6): 17-21
- [4] 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  
CHEN Yu-cheng, WANG Chen, ZHANG Rui, et al. Influences of packaging and transportation mode on storage quality of green pepper under normal temperature [J]. Storage and Process, 2015, 15(6): 7-12
- [5] 王亮,赵迎丽,闫根柱,等.不同 MAP 包装内气体变化情况及其对山楂果实品质的影响[J].中国农学通报,2014,30(24):283-288  
WANG Liang, ZHAO Ying-li, YAN Gen-zhu, et al. Changes of gas in different map and effect of the changes on quality of hawthorn fruit [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2014, 30(24): 283-288
- [6] 赵伟璐,李家政,冯叙桥.不同 PE 和 PA 保鲜膜对白灵菇冷藏效果的影响[J].食品科学,2012,33(20):339-342  
ZHAO Wei-lu, LI Jia-zheng, FENG Xu-qiao. Effect of PE and PA food wrapping films on the quality of mushroom during refrigerated storage [J]. Food Science, 2012, 33(20): 339-342
- [7] 王进,马艳萍,陈金海,等.自发气调方式对核桃鲜贮及核桃仁品质的影响[J].现代食品科技,2014,30(3):169-176  
WANG Jin, MA Yan-ping, CHEN Jin-hai, et al. Effect of modified atmosphere package conditions on preservation of green walnut fruit and kernel traits [J]. Modern Food Science and Technology, 2014, 30(3): 169-176
- [8] 贾晓辉,王文辉,佟伟,等.自发气调包装对库尔勒香梨采后生理及贮藏品质的影响[J].中国农业科学,2016,49(24):4785-4796  
JIA Xiao-hui, WANG Wen-hui, TONG Wei, et al. Effect of modified atmosphere packaging on postharvest physiology and quality of 'Korla Xiangli' pears during storage [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2016, 49(24): 4785-4796
- [9] Peter A, Tegla D, Giurgulescu L, et al. Development of Ag/TiO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub>-Coated food packaging film and its role in

- preservation of green lettuce during storage [J]. *Carpathian Journal of Food Science & Technology*, 2015, 7(4): 88-96
- [10] Hajer A, Fabio L, Khaoula K, et al. Physical properties and antifungal activity of bioactive films containing *Wickerhamomyces anomalus* killer yeast and their application for preservation of oranges and control of postharvest green mold caused by *Penicillium digitatum* [J]. *International Journal of Food Microbiology*, 2015, 200: 22-30
- [11] 马宏飞, 卢生有, 韩秋菊, 等. 紫外分光光度法测定五种果蔬中维生素 C 的含量[J]. *化学与生物工程*, 2012, 29(8): 92-94  
MA Hong-fei, LU Sheng-you, HAN Qiu-ju, et al. Determination of vitamin C content in five kinds of fruits and vegetables by UV spectrophotometry [J]. *Chem. Bioeng.*, 2012, 29(8): 92-94
- [12] 曹建康, 姜微波, 赵玉梅. 果蔬采后生理生化实验指导[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2007  
CAO Jian-kang, JIANG Wei-bo, ZHAO Yu-mei. *Fruits and vegetables postharvest physiological biochemical experiment instruction* [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2007
- [13] 李云云, 魏丹, 张敏. 微孔膜包装对双孢蘑菇贮藏品质的影响[J]. *食品与机械*, 2016, 32(7): 122-126  
LI Yun-yun, WEI Dan, ZHANG Min. Effect of micro-perforated package on storage quality of *Agaricus bisporus* [J]. *Food & Machinery*, 2016, 32(7): 122-126
- [14] 彭永彬, 李玉, 徐鹏程, 等. 葡萄果实硬度及影响硬度的主要因素[J]. *浙江农业学报*, 2014, 26(5): 1227-1234  
PENG Yong-bin, LI Yu, XU Peng-cheng, et al. Grape fruit firmness and the main influencing factors [J]. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 2014, 26(5): 1227-1234
- [15] 魏宝东, 姜炳义, 冯辉. 番茄果实货架期硬度变化及其影响因素的研究[J]. *食品科学*, 2005, 26(3): 249-252  
WEI Bao-dong, JIANG Bing-yi, FENG Hui. Studies on changes of hardness degree of tomato fruit and factors affected shelf-life [J]. *Food Science*, 2005, 26(3): 249-252
- [16] Li F J, Zhang X H, Song B C. Combined effects of 1-MCP and MAP on the fruit quality of pear (*Pyrus bretschneideri* Rehd cv. Laiyang) during cold storage [J]. *Scientia Horticulturae*, 2013, 164: 544-551
- [17] 李方, 卢立新. 菠菜微孔膜气调保鲜包装的试验研究[J]. *包装工程*, 2009, 30(8): 22-24, 37  
LI Fang, LU Li-xin. Experimental research of modified atmosphere packaging of fresh spinach with microporous membrane [J]. *Packaging Engineering*, 2009, 30(8): 22-24, 37
- [18] 张旭伟, 徐明磊, 李红艳, 等. 番茄果实可溶性固形物的作用及研究概况[J]. *科技资讯*, 2011, 15: 160-161  
ZHANG Xu-wei, XU Ming-lei, LI Hong-yan, et al. The effect of soluble solids in tomato fruit and its research [J]. *Science & Technology Information*, 2011, 15: 160-161
- [19] Singh A, Yadav D S, Patel R K, et al. Effect on shelf-life and quality of passion fruit with polyethylene packaging under specific temperature [J]. *Journal of Food Science and Technology*, 2017, 44(2): 201-204
- [20] Mahajan B V C, Dhillon W S, Kumar M, et al. Effect of different packaging films on shelf life and quality of peach under super and ordinary market conditions [J]. *Journal of Food Science and Technology*, 2015, 52(6): 3756-3762
- [21] 吴昊, 甄天元, 陈存坤, 等. 壳聚糖没食子酸衍生物酶法制备及对鲜切苹果的保鲜效果[J]. *农业工程学报*, 2017, 33(4): 285-292  
WU Hao, ZHEN Tian-yuan, CHEN Cun-kun, et al. Enzymatic synthesis of chitosan-gallic acid derivative and its preservation effect on fresh-cut apple [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2017, 33(4): 285-292
- [22] Rai D R, Chadha S, Kaur M P, et al. Biochemical, microbiological and physiological changes in Jamun (*Syzyium cumini* L.) kept for long term storage under modified atmosphere packaging [J]. *Journal of Food Science and Technology*, 2011, 48(3): 357-365
- [23] 解静. 1-MCP 对番茄冷害及机械损伤的影响[D]. 杭州: 浙江大学, 2010  
XIE Jing. Effect of 1-MCP on chilling injury and mechanical damage of tomato fruit [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2010
- [24] 荆红彭, 张旭, 关文强, 等. 不同温度下微孔膜包装青毛豆的保鲜效果研究[J]. *食品工业科技*, 2015, 36(3): 335-339, 344  
JING Hong-peng, ZHANG Xu, GUAN Wen-qiang, et al. Research of micro-perforated plastic film storage performance of green soybean at different temperature [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2015, 36(3): 335-339, 344