

# 四种天然保鲜剂对樱桃番茄贮藏的保鲜效果

胡晓亮<sup>1</sup>, 周国燕<sup>2,\*</sup>

(1. 中国水产科学研究院渔业机械仪器研究所, 上海 200092;

2. 上海理工大学食品与低温生物技术研究所, 上海 200093)

**摘要:** 研究壳聚糖、海藻酸钠、乳酸链球菌素和溶菌酶 4 种天然保鲜剂对樱桃番茄贮藏保鲜效果的影响, 分析比较 4 种天然保鲜剂处理对樱桃番茄的感官品质、质量损失率、硬度、呼吸强度、VC 含量、可溶性固形物含量以及超氧化物歧化酶(SOD)活性等生理生化指标的变化。结果表明: 壳聚糖涂膜处理的樱桃番茄, 感官效果最好, 在 4℃ 条件下贮藏 15d 后, 果实的腐烂指数为 0.231, 质量损失率仅为 7.34%, VC 含量为 26.4mg/100g, 可溶性固形物含量为 8.9%, 呼吸强度显著低于其他处理组, 保鲜效果最佳。

**关键词:** 樱桃番茄; 保鲜; 涂膜; 壳聚糖

## Preservation Effect of Four Natural Preservatives on Cherry Tomatoes

HU Xiao-liang<sup>1</sup>, ZHOU Guo-yan<sup>2,\*</sup>

(1. Fishery Machinery and Instrument Research Institute, Chinese Academy of Fishery Science, Shanghai 200092, China;

2. Institute of Cryomedicine and Food Refrigeration, Shanghai University of Science and Technology, Shanghai 200093, China)

**Abstract:** The effects of chitosan, alginate, nisin and lysozyme on fresh-keeping of cherry tomatoes were compared by determining their sensory quality, weight loss, hardness, respiration rate, vitamin C content, soluble solids content and SOD activity during the storage. The results showed that chitosan coating gave the best preservation effect, determined 15 days after coating and stored at 4 °C. The rot index was 0.231, weight loss rate was 7.34%, vitamin C content was 26.4 mg/100 g, soluble solids content was up to 8.9%, and respiration rate was significantly lower than cherry tomatoes treated by other reagents.

**Key words:** cherry tomatoes; fresh-keeping; coating; chitosan

中图分类号: TQ929.2

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2012)10-0287-06

樱桃番茄又名圣女果、珍珠果, 是一种呼吸跃变型果实, 被联合国粮农组织列为优先推广的四大水果之一。樱桃番茄色泽艳丽, 形态诱人, 风味浓郁, 富含纤维素、矿物质元素以及多种对人体有益的氨基酸, 其 VC 含量更是普通番茄的 1.7 倍, 营养价值很高<sup>[1]</sup>, 此外樱桃番茄还具有促进生长发育、增强人体免疫能力、延缓衰老、防癌、抗癌等保健功效<sup>[2]</sup>。近年来随着樱桃番茄栽培面积的扩大, 带来了新的问题。每年春、秋季大量樱桃番茄涌向市场, 造成市场积压, 加上樱桃番茄属于皮薄汁多柔软的浆果, 采后生命力仍比较旺盛, 易受到机械损伤和发生微生物病害, 贮藏期间很容易腐烂变质, 给鲜食樱桃番茄的贮藏运输、拓宽市场、延长销售时间等带来困难, 造成很大的经济损失<sup>[3]</sup>。

樱桃番茄的贮藏保鲜方法主要有低温贮藏、防腐保鲜剂处理、辐射保鲜及气调保鲜等<sup>[4]</sup>。冷害使得番茄

难以采用较低的贮运温度以控制病害和延长贮运期; 气调贮藏虽然对樱桃番茄保鲜有一定的效果, 但气调贮藏投资大、花费昂贵; 传统的化学保鲜剂残留给人体健康和环境带来诸多不利的影响<sup>[5]</sup>; 从动植物体中提取无毒、高效且经济的天然食品保鲜剂, 具有优良的分散性、保湿性、抗菌性等诸多优点, 正日益成为食品贮藏保鲜研究的热点<sup>[6-8]</sup>。Ali 等<sup>[9]</sup>以阿拉伯胶作为保鲜材料涂膜番茄, 显著增加了果实的外观光泽, 抑制了贮藏硬度的降低, 贮藏 20d 后未出现任何腐烂和异味。高桂丽等<sup>[10]</sup>以亚麻胶及柳叶提取物对樱桃番茄进行复合涂膜保鲜并与对照组进行对比表明, 在常温条件下, 贮藏 7d 后, 降低了贮藏的质量损失率, 抑制了果实中有机酸和 VC 含量的下降, 延缓了果实的腐烂、变质。宋贤良等<sup>[11]</sup>以纳米 TiO<sub>2</sub> 和玉米淀粉处理樱桃番茄, 有效抑制了果实的呼吸强度, 减小了贮藏的质量损失及硬度的降低。

收稿日期: 2011-05-30

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金项目(50206013); 上海市教委科研创新项目(09YZ230)

作者简介: 胡晓亮(1987—), 男, 硕士, 研究方向为食品安全与保鲜技术。E-mail: hxliang135@yahoo.cn

\* 通信作者: 周国燕(1970—), 女, 副教授, 博士, 研究方向为食品冷冻冷藏和生物热系统。E-mail: efly-snow@163.com

本实验采用壳聚糖(chitosan)、海藻酸钠(alginate)、乳酸链球菌素(nisin)和溶菌酶(lysozyme)4种天然保鲜剂处理樱桃番茄,研究它们在(4±1)℃条件对番茄果实采后生理生化的影响,以果实感官品质、质量损失率、硬度、呼吸强度、VC含量、可溶性固形物含量以及超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, SOD)活性等作为保鲜效果的评价指标,对不同的天然保鲜剂保鲜效果进行比较,分析总结各种天然保鲜剂处理对于樱桃番茄贮藏的优缺点,为樱桃番茄的实际贮藏和天然保鲜剂的应用提供理论和实践依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料、试剂与设备

樱桃番茄为圣女玛丽亚品种,采自上海奉贤区,于2011年3月10日采收。成熟度为八成熟,采后用泡沫箱加冰块条件下运回实验室。

壳聚糖(脱乙酰度>93%,黏度<100cP) 日本Dako公司;海藻酸钠 浙江银象生物工程有限公司;乳酸链球菌素 上海伯奥生物科技有限公司;溶菌酶 山东奥康生物科技有限公司。

TGL-16M 高速台式冷冻离心机 南京皓海科学仪器有限公司;食品质构仪 香港波通仪器有限公司;UV-2000 型紫外-可见分光光度计 上海尤尼柯仪器有限公司;精密电子天平 梅特勒-托利多国际股份有限公司;手持折光仪 杭州汇尔仪器设备有限公司;DK-S22 型电热恒温水浴锅 苏州江东精密仪器有限公司。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 材料处理

经挑选,选取无机械损伤、无病虫侵染、成熟度基本一致且果实饱满的樱桃番茄作为试材。考虑到壳聚糖水溶性较差,故采用柠檬酸溶液作为助剂,根据预实验结果及国标中食品添加剂用量的要求,用不同保鲜剂(表1)的方案进行处理后,用聚乙烯薄膜保鲜袋进行包装,每袋600g。把包装好的樱桃番茄装入塑料筐中,于4℃冰箱中进行冷藏,每隔3d时间测定各项指标。

表1 采后樱桃番茄处理方案  
Table 1 Treatments of cherry tomatoes

处理组	处理方法	保鲜剂质量分数
A	壳聚糖浸泡1min后用冷风吹干	1%壳聚糖,1%柠檬酸
B	海藻酸钠浸泡1min后用冷风吹干	1%海藻酸钠,1%柠檬酸
C	乳酸链球菌素浸泡1min后用冷风吹干	0.1%乳酸链球菌素,1%柠檬酸
D	溶菌酶浸泡1min后用冷风吹干	0.1%溶菌酶,1%柠檬酸
E	蒸馏水浸泡1min后用冷风吹干	蒸馏水

### 1.2.2 指标测定

#### 1.2.2.1 感官评价和腐烂指数测定

7人组成感官评定小组,根据樱桃番茄的外观、气味、质地、腐烂程度综合打分后取平均值。感官评定标准:5分:果粒饱满,果面光滑,有特殊的水果香味,硬度大,无腐烂;4分:果粒较饱满,外形好,有淡淡的香味,硬度较大;3分:果实部分软化,外形较好;2分:果实外表皱缩,部分发生霉变,有轻微异味;1分:果实软烂,有较重的腐烂气味。

腐烂指数:按果实腐烂情况划分为4级。0级:无腐烂;1级:腐烂面积小于果实表面10%;2级:腐烂面积占果实表面10%~30%;3级:腐烂面积大于果实表面30%。

$$\text{腐烂指数} = \frac{\sum(\text{腐烂级别} \times \text{该级果实数})}{\text{总果实数} \times \text{最高级数}}$$

#### 1.2.2.2 质量损失率测定

采用称重法<sup>[12]</sup>测定。每隔3d,分别测定各处理组番茄果实的质量损失率,每种处理重复3次。

$$V_n/\% = \frac{m_0 - m_n}{m_0} \times 100$$

式中: $V_n$ 为保鲜nd后果实的质量损失率; $m_0$ 为樱桃番茄的原始称质量/g; $m_n$ 为保鲜nd后樱桃番茄的称质量/g。

#### 1.2.2.3 硬度测定

采用TPA法<sup>[13]</sup>。使用直径为6mm的圆柱形探头,在Compression-Distance的操作模式下,检测各处理组樱桃番茄果实的硬度。每种处理取样5次,重复5次,取平均值。

#### 1.2.2.4 呼吸强度测定

采用静置法<sup>[14]</sup>。将樱桃番茄试样放入呼吸室多孔瓷板上,底部放入氢氧化钡溶液并滴加酚酞指示剂,经2h(其间每隔30min振荡1次)后,用草酸溶液滴定呼吸室内的氢氧化钡溶液至红色完全消失即为终点,分别记录空白和试样滴定所消耗的草酸溶液的毫升数。每种处理取样3次,测定重复3次。

#### 1.2.2.5 VC含量测定

采用2,6-二氯酚酚滴定法<sup>[15]</sup>。每种处理取样3次,重复3次,取平均值。

#### 1.2.2.6 可溶性固形物含量测定

手持式折光仪法<sup>[16]</sup>。每种处理取样5次,重复5次,取平均值。

#### 1.2.2.7 SOD酶活性测定

采用NBT光还原法<sup>[17]</sup>,准确称取(5±0.01)g樱桃

番茄果肉,加入10mL pH7.8的磷酸缓冲液,冰浴研磨成匀浆,高速冷冻离心10min,取上清液同反应液在4000 lx白光下(25℃)反应30min后用黑暗终止反应,测OD<sub>560</sub>,以抑制NBT光化还原50%为1个酶活力单位计算酶活性。每种处理取样3次,重复3次,取平均值。

### 1.3 数据处理

用Excel 2003软件对实验数据进行制图;用统计分析软件SPSS 11.5对实验数据进行分析并用LSD法进行多重比较和显著性检验。

## 2 结果与分析

### 2.1 感官品质和腐烂指数的变化

表2 不同保鲜剂处理后樱桃番茄的感官评定

Table 2 Sensory evaluation of cherry tomatoes treated with different preservatives

时间/d	3	9	15
A组(1%壳聚糖)	4.86 ± 0.00 <sup>a</sup>	4.14 ± 0.16 <sup>a</sup>	3.14 ± 1.87 <sup>a</sup>
B组(1%海藻酸钠)	4.71 ± 0.12 <sup>a</sup>	4.00 ± 0.45 <sup>a</sup>	2.71 ± 1.65 <sup>b</sup>
C组(0.1%乳酸链球菌素)	4.29 ± 0.36 <sup>c</sup>	3.29 ± 0.92 <sup>b</sup>	2.00 ± 1.13 <sup>d</sup>
D组(0.1%溶菌酶)	4.57 ± 0.21 <sup>b</sup>	3.86 ± 0.87 <sup>a</sup>	2.43 ± 1.68 <sup>c</sup>
E组(CK)	4.00 ± 0.18 <sup>d</sup>	2.86 ± 1.48 <sup>c</sup>	1.43 ± 1.24 <sup>e</sup>

注:同列数据肩标不同字母表示在 $P < 0.05$ 水平上差异显著。

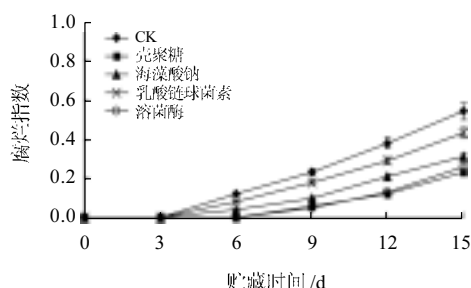


图1 不同保鲜剂对樱桃番茄腐烂指数的影响

Fig.1 Effects of different preservatives on rot index of cherry tomatoes

从表2、图1可以看出,各处理组在贮藏初期,樱桃番茄果实中的果胶物质与细胞壁结合紧密,果粒外观饱满,质地坚挺,对照组贮藏9d后,果实外表已出现皱缩,果肉软化程度严重,基本失去了商品价值;贮藏15d后,果实几乎全部软烂变质,完全失去了食用价值,原因在于随着贮藏时间的延长,原果胶被分解成果胶,果实外表皱缩,组织形态软化,当果胶进一步转化为果胶酸,番茄果肉彻底软烂,此外在果实成熟衰老过程中,果肉的抗菌能力逐渐下降,易受到微生物侵染,加快了果实软烂变质的进程。保鲜剂处理

后的樱桃番茄外观、气味、质地等感官品质变化明显缓于对照组,经方差分析,与对照组之间存在显著差异( $P < 0.05$ ),其中壳聚糖保鲜剂对抑制樱桃番茄的感官品质下降效果最为显著,贮藏15d后仍保持了果实的硬度和组织形态,腐烂指数最低,原因在于壳聚糖具有较强的抑菌特性,壳聚糖是一种阳离子表面活性剂,其中的 $\text{NH}_3^+$ 可以与细菌细胞膜上的类脂、蛋白质复合物发生反应,使蛋白质变性,从而改变细菌细胞膜的通透性,破坏细胞壁的完整性,此外壳聚糖表面的氨基基团还可以螯合对微生物生长起关键作用的金属离子,尤其是酶的辅助因子,保护了果实不受微生物的侵染。

### 2.2 质量损失率的变化

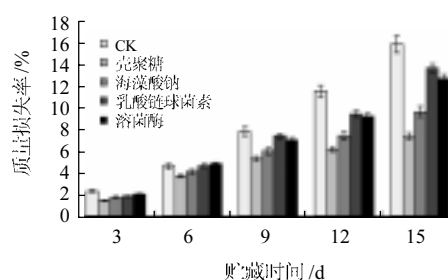


图2 不同保鲜剂对樱桃番茄质量损失率的影响

Fig.2 Effects of different preservatives on weight loss of cherry tomatoes

新鲜樱桃番茄含水量在90%~95%,番茄含水量高低直接影响到果实的鲜度和风味。从图2可以看出,随着贮藏时间的延长,樱桃番茄的质量损失率增加,原因在于采收后的番茄失去了母体和土壤供给的营养和水分补充,而蒸腾作用仍在持续进行,会导致果实产生自然损耗。水分散失和干物质消耗是引起番茄果实质量损失的主要原因,前者是由于蒸腾作用引致组织水分的蒸发,后者则是呼吸作用导致的细胞内贮藏物质的消耗。对照组的质量损失率上升最明显,尤其在贮藏后期,果实质量损失率上升加剧,这可能与番茄果实的代谢活性增加及相关组织的衰老有关,这也与之前研究的红宝石品种和其他浆果类水果报道的结果相似<sup>[18]</sup>,在贮藏15d后,对照组番茄的质量损失率高达15.9%,经保鲜剂处理后的樱桃番茄质量损失率降低且显著低于对照组( $P < 0.05$ ),其中壳聚糖保鲜剂对抑制番茄果实水分的蒸发最为显著,与对照组相比果实质量损失率减少了8.5%,有效延缓了番茄果实的皱缩萎蔫,原因在于壳聚糖分子具有微观网状结构,有很强的保水性能。壳聚糖分子链上均带有羧基,由于羧基上的负电荷的排斥作用,使高分子链空间伸展特别大,再加上亲水基团的作用,使其对水分子具有很强的作用力,能减缓樱桃番茄果实中水分的蒸腾,延缓其萎蔫,降低了果实的质量损失。

## 2.3 硬度的变化

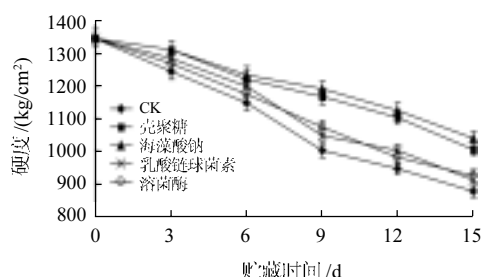


图3 不同保鲜剂对樱桃番茄硬度变化的影响

Fig.3 Effects of different preservatives on hardness of cherry tomatoes

从图3可以看出,各处理组番茄果实硬度均呈下降趋势,原因在于樱桃番茄成熟过程中一些能水解果胶物质和纤维素的酶类活性增加,使中胶层溶解,纤维分解,果实细胞壁结构松散失去黏结性,造成果肉软化;对照组在贮藏后期果实硬度下降尤其显著,贮藏15d后樱桃番茄的硬度仅为初始值的64.9%,保鲜剂处理能有效抑制果实硬度的下降,经方差分析,与对照组之间存在显著差异( $P < 0.05$ ),其中海藻酸钠和壳聚糖涂覆在樱桃番茄表面作用最为明显,果实硬度降低平缓,至贮藏15d,果肉硬度分别比对照组高出了18.8%和14.8%,较好地保持了果实饱满的外观。

## 2.4 呼吸强度的变化

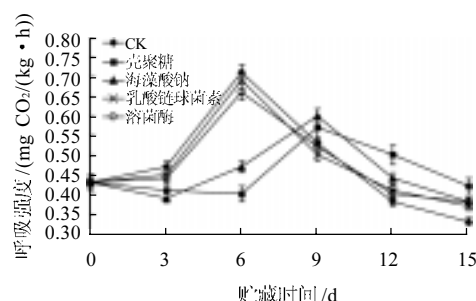


图4 不同保鲜剂对樱桃番茄呼吸强度变化的影响

Fig.4 Effects of different preservatives on respiration rate of cherry tomatoes

从图4可以看出,樱桃番茄属于呼吸跃变型果实,有明显的呼吸高峰。保鲜剂处理能使番茄果实呼吸高峰延迟,并且有效抑制了果实的呼吸强度。方差分析结果表明,不同保鲜剂处理后果实的呼吸强度随贮藏时间的变化有着显著差异( $P < 0.05$ ),各处理组之间也存在着显著差异( $P < 0.05$ ),其中壳聚糖和海藻酸钠对抑制樱桃番茄的呼吸作用较为明显,减少了营养物质的消耗,这主要是因为壳聚糖和海藻酸钠具有很好的成膜特性,壳聚糖覆盖在樱桃番茄表面,形成一层薄膜,该膜具

有气体选择渗透性能,在番茄内部形成一个低 $O_2$ 、高 $CO_2$ 浓度的微气调环境,抑制果实的呼吸作用,降低果实内营养物质的转化和消耗,减少活性氧的形成,降低膜脂过氧化,延缓细胞膜的损伤,从而达到延长樱桃番茄贮藏期的效果。许多研究者发现果蔬的呼吸强度与样品的质量损失率之间有一定的关系,对于其他樱桃番茄品种的研究也得出了类似结论<sup>[19-20]</sup>。

## 2.5 VC含量的变化

新鲜的樱桃番茄VC含量大约在28~33mg/100g。从图5可以看出,在整个贮藏过程中,樱桃番茄VC含量呈现进行性降低,原因在于随着果实的成熟,VC含量在贮藏阶段易被氧化分解,失去生理活性,一些环境因素如高温和供氧充足的条件下均会加快VC含量的损失,对照组降低最为显著,贮藏15d后VC含量下降了25.9%,壳聚糖、海藻酸钠、乳酸链球菌素和溶菌酶均能抑制樱桃番茄VC含量的损失,经方差分析,与对照组之间存在显著差异( $P < 0.05$ ),贮藏至15d,VC含量仍分别保留了初始值的86.3%、83.9%、78.7%和77.4%,均显著高于对照组。

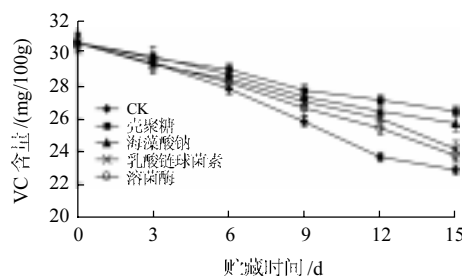


图5 不同保鲜剂对樱桃番茄VC含量的影响

Fig.5 Effects of different preservatives on vitamin C content of cherry tomatoes

## 2.6 可溶性固形物含量的变化

果实中可溶性固形物的含量反映了成熟过程中果实的酸度向甜度转化的程度,随着果实的成熟,樱桃番茄的可溶性固形物含量越来越多,呈上升趋势,这主要是由于樱桃番茄果实内部的淀粉转化成可溶性糖。由图6可知,经保鲜剂处理后的果实可溶性固形物含量增加速率明显高于对照组,主要的原因在于保鲜剂处理后有效抑制了番茄果实的生理代谢,从而抑制了呼吸作用引起的可溶性糖类物质的降低,经方差分析,与对照组之间存在显著差异( $P < 0.05$ ),其中壳聚糖处理最为显著,贮藏15d后可溶性固形物含量约为11.2%。Ali等<sup>[9]</sup>以阿拉伯胶对艳丽樱桃番茄进行涂膜处理,实验结果发现,番茄果实可溶性固形物含量在贮藏前期会有小幅升高而后急剧下降,Heredia等<sup>[21]</sup>也得出了与其相同的结论,可能是因为樱桃番茄果实在贮藏后期淀粉转化的糖元不足



以补充呼吸的消耗,可溶性固形物含量因而呈现下降的趋势。罗颖等<sup>[22]</sup>研究了6个不同品种的樱桃番茄果实可溶性固形物含量的变化规律,证实了上述的观点,发现采后番茄果实的可溶性固形物含量变化除了同果实的成熟度有关外还与栽培期间的光照强弱、降水、环境温度以及不同的品种差异有直接关系。

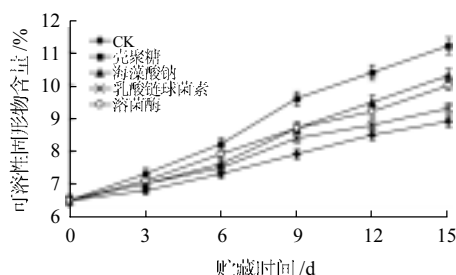


图6 不同保鲜剂对樱桃番茄可溶性固形物含量的影响

Fig.6 Effects of different preservatives on soluble solids content of cherry tomatoes

## 2.7 SOD 的变化

SOD 是植物氧化代谢过程中一种极为重要的酶,它的主要功能是清除果蔬在进行旺盛的有氧呼吸和叶绿体进行光合电子传递中产生的自由基和活性氧,降低膜脂的过氧化作用,减轻对果蔬细胞膜的损伤和破坏。从图7可以看出,SOD 值随着樱桃番茄的成熟和衰老而逐渐下降,对照组下降幅度最为明显,贮藏15d后的SOD 值仅为初始活性的48.8%,保鲜剂处理后能显著减缓樱桃番茄SOD 活性的下降( $P < 0.05$ ),其中壳聚糖对抑制番茄SOD 活性的降低最为明显,整个贮藏期间变化最慢,贮藏15d后的SOD 活性仍有86.3U/g。这个结果与庞凌云等<sup>[23]</sup>用壳聚糖和大豆分离蛋白处理樱桃番茄得出的SOD 值先上升后下降的结论不同,可能的原因存在于壳聚糖大豆分离蛋白复合膜处理后番茄果实细胞内活性氧形成加快,导致细胞内产生应激性反应,致使SOD 值出现升高,此外,SOD 值的变化趋势还与樱桃番茄的品种、果实成熟度、贮藏条件以及环境因素等密切相关。

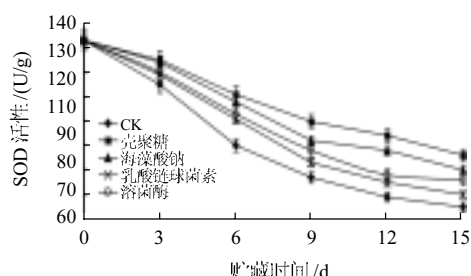


图7 不同保鲜剂对樱桃番茄SOD 酶活性的影响

Fig.7 Effects of different preservatives on SOD activity of cherry tomatoes

## 3 结论与讨论

4种天然保鲜剂处理对抑制樱桃番茄生理生化功能的衰退和组织的损伤,延长贮果的贮藏期均有一定的保鲜效果。相比较而言,经壳聚糖保鲜剂处理后的樱桃番茄,在贮藏15d后,感官品质最好,质量损失率小,呼吸强度、硬度、VC 含量下降缓慢,可溶性固形物含量、SOD 活性变化相对平稳,其保鲜效果更显著。可能的原因有:1)壳聚糖分子链上带有羧基,由于羧基上的负电荷的排斥作用,使高分子链空间伸展特别大,再加上亲水基团的作用,使其对水分子具有很强的作用力,能减缓樱桃番茄果实中水分的蒸腾,延缓其萎蔫,降低果实的质量损失;2)壳聚糖具有很好的成膜特性。壳聚糖覆盖在樱桃番茄表面,形成一层薄膜,该膜具有气体选择渗透性能,形成一个微气调环境,抑制樱桃番茄的呼吸作用,降低果实内营养物质的转化和消耗,从而达到延长樱桃番茄贮藏期的效果;3)壳聚糖具有较强的抑菌性。壳聚糖是一种阳离子表面活性剂,其中的 $\text{NH}_3^+$ 可以与细菌细胞膜上的类脂、蛋白质复合物发生反应,使蛋白质变性,从而改变细菌细胞膜的通透性,破坏细胞壁的完整性。海藻酸钠处理后对抑制番茄果实的质量损失及呼吸强度的升高也有明显的效果,海藻酸钠与壳聚糖同属于天然多糖类化合物,也具有较好的成膜特性,但其综合保鲜效果不如壳聚糖的可能原因与其分子结构和保鲜液浓度有关。乳酸链球菌素和溶菌酶处理对樱桃番茄保鲜效果不理想,可能的原因存在于乳酸链球菌素和溶菌酶作为一种天然抗菌剂,在一定程度上能抑制腐败微生物的生长,但对于樱桃番茄自身生理功能的衰退和营养物质的消耗抑制作用不明显;此外樱桃番茄果实表面有较厚的蜡质层,表面张力很大。乳酸链球菌素和溶菌酶不具有较高的黏度致使两种处理液无法完全覆盖在樱桃番茄果实表面,这可能是保鲜效果不显著的原因之一;乳酸链球菌素和溶菌酶对抑制引起食品腐败的许多革兰氏阳性细菌,如乳杆菌、葡萄球菌,特别是对芽孢杆菌具有很强的抑制作用,而樱桃番茄主要是真菌引起的腐烂病害,所以保鲜效果不明显。

另外,在壳聚糖涂膜溶液中可以添加增塑剂、表面活性剂、抗菌剂,以及蛋白质和脂类物质,形成复合膜,以改善其膜性能,增强贮藏保鲜效果;最新研究表明,在壳聚糖涂膜材料中添加纳米材料可以增强保鲜剂的抑菌性和抗氧化性能,提高膜与基体之间的结合强度,改善成膜的气密性,强化贮藏保鲜效果。

## 参考文献:

- [1] 马越,李远新,赵晓燕. 樱桃番茄的营养品质及其抗氧化活性的研究[J]. 食品研究与开发, 2007, 28(7): 133-136.

- [2] 杨绍兰, 张新富, 郭春丽, 等. 1-MCP 对樱桃番茄采后贮藏特性的影响[J]. 北方园艺, 2009, 198(3): 219-221.
- [3] 唐树发, 刘宝春. 我国微型(樱桃)番茄发展的现状和展望[J]. 辽宁农业科学, 2004, 218(4): 41-42.
- [4] 魏岩梅, 陈晓燕. 圣女果气调保鲜技术研究[J]. 中国包装工业, 2005(12): 58-60.
- [5] 沈奇, 金春雁, 缪月秋, 等. 丹皮酚磺酸钠对樱桃番茄的保鲜作用的研究[J]. 食品科学, 2005, 26(4): 256-259.
- [6] TANGWONGCHAI R, LEDWARD D A, AMES J M. Effect of high-pressure treatment on the texture of cherry tomato[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2000, 48(5): 1434-1441.
- [7] 杜刚, 杨海英, 左云平. 李子和樱桃番茄的涂膜保鲜研究[J]. 化学与生物工程, 2007, 24(3): 47-48.
- [8] 郭艳华. 生姜复合抗氧化剂保鲜樱桃番茄的研究[J]. 食品科学, 2008, 29(10): 608-611.
- [9] ALI A, MAQBOOL M, RAMACHANDRAN S, et al. Gum arabic as a novel edible coating for enhancing shelf-life and improving postharvest quality of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit[J]. Postharvest Biol and Technology, 2010, 58(1): 42-47.
- [10] 高桂丽, 冀晓磊, 刘心雨, 等. 不同保鲜剂对圣女果保鲜效果的研究[J]. 农产品加工, 2008(9): 68-69.
- [11] 宋贤良, 叶盛英, 黄莹, 等. 纳米  $\text{TiO}_2$ /玉米淀粉复合涂膜对圣女果保鲜效果的研究[J]. 食品科学, 2010, 31(12): 255-259.
- [12] 靳敏, 夏玉宇. 食品技术检验[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003.
- [13] ROMANAZZI G, NIGRO F, IPPOLITO A, et al. Effects of pre-and postharvest chitosan treatments to control storage grey mold of table grapes[J]. J Food Sci, 2002, 67(5): 1862-1867.
- [14] 邹琦. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [15] TANAKA K, SUDA Y, KONDO N M. Ozone tolerance and the ascorbate-dependent hydrogen peroxide decomposing system in chloroplasts[J]. Plant Cell Physiol, 1985, 26(2): 1425-1431.
- [16] 蔡楠, 谢品. 弱光照射及保鲜剂对芦笋冷藏品质的影响[J]. 上海水产大学学报, 2008, 17(4): 476-480.
- [17] STEWRET R C, BEWBY J D M. Lipid peroxidation associated with accelerated aging of soybean axes[J]. Plant Physiol, 1980, 65(2): 245-248.
- [18] 刘巧芝, 江英. 不同浓度水杨酸处理对樱桃番茄在贮藏期间活性氧代谢的影响[J]. 农产品加工: 学刊, 2010, (12): 48-51.
- [19] CHANG C H, LIN H Y, CHANG C Y, et al. Comparisons on the antioxidant properties of fresh, freeze-dried and hot-air-dried tomatoes[J]. Journal of Food Engineering, 2006, 77(3): 478-485.
- [20] RISO P, BRUSAMOLINO A, SCALFI L, et al. Bioavailability of carotenoids from spinach and tomatoes[J]. Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases, 2008, 14(3): 150-156.
- [21] HEREDIA A, ANDRE'S A. Mathematical equations to predict mass fluxes and compositional changes during osmotic dehydration of cherry tomato halves[J]. Drying Technology, 2008, 26(7): 873-883.
- [22] 罗颖, 薛琳, 黄帅, 等. 番茄果实可溶性固形物含量与果实指标的关联性研究[J]. 石河子大学学报: 自然科学版, 2010, 28(1): 23-27.
- [23] 庞凌云, 李瑜, 祝美云, 等. 壳聚糖大豆分离蛋白复合膜对圣女果涂膜保鲜效果研究[J]. 食品科学, 2009, 30(20): 426-429.