

# 苯乳酸-海藻酸钠涂膜保鲜剂的制备及其在甜樱桃保鲜中的应用

赵 珊<sup>1</sup>, 贡汉生<sup>1,\*</sup>, 田亚晨<sup>1</sup>, 孔艳辉<sup>2</sup>, 刘延照<sup>1</sup>, 王亚琦<sup>1</sup>

(1. 鲁东大学食品工程学院, 山东 烟台 264025; 2. 烟台市园林管理处, 山东 烟台 264000)

**摘 要:** 利用苯乳酸的抑菌能力和海藻酸钠的成膜性制备苯乳酸-海藻酸钠涂膜保鲜剂, 并应用该保鲜剂对甜樱桃进行涂膜保鲜。通过测试保鲜剂成膜的性能, 确定保鲜剂中海藻酸钠的适宜添加量; 通过测定甜樱桃生理指标和品质指标的变化, 研究保鲜剂对甜樱桃的冷藏保鲜效果。结果表明: 在6 g/L苯乳酸、5 g/L甘油、5 g/L黄原胶存在的情况下, 海藻酸钠添加量为12 g/L时制备的保鲜剂有较好的成膜性能。应用该保鲜剂保鲜甜樱桃, 能较好地抑制甜樱桃的腐烂, 减少水分散失, 降低呼吸强度, 保持贮藏甜樱桃的色泽和硬度, 延缓可溶性固形物和可滴定酸质量分数的下降, 从而有利于降低甜樱桃代谢强度, 保持果实品质, 延长甜樱桃的保鲜期。

**关键词:** 苯乳酸; 海藻酸钠; 涂膜; 甜樱桃; 保鲜

## Preparation of PLA/SA Composite Coating and Its Application in Quality Preservation of Sweet Cherries

ZHAO Shan<sup>1</sup>, GONG Hansheng<sup>1,\*</sup>, TIAN Yachen<sup>1</sup>, KONG Yanhui<sup>2</sup>, LIU Yanzhao<sup>1</sup>, WANG Yaqi<sup>1</sup>

(1. School of Food Engineering, Ludong University, Yantai 264025, China;

2. Garden Management Department of Yantai, Yantai 264000, China)

**Abstract:** Penylactic acid (PLA) as a natural antifungal agent and sodium alginate (SA) as a carrier were blended to develop a composite preservative for the control of postharvest decay in sweet cherries. The appropriate concentration of sodium alginate was determined by measuring film-forming properties. The efficacy of the preservative coating in maintaining the quality of sweet cherries during cold storage was evaluated by monitoring physiological and quality changes. Addition of 12 g/L sodium alginate to the preservative exhibited good film-forming property in the presence of 6 g/L penylactic acid, 5 g/L glycerol and 5 g/L xanthan gum. The preservative significantly inhibited fruit decay, reduced water loss, decreased respiratory intensity, maintained the color and firmness of sweet cherries during storage, and delayed the decrease in soluble solids and titrable acidity content, thereby helping attenuate metabolism intensity, maintain fruit quality and prolong the storage life of sweet cherries.

**Keywords:** penylactic acid; sodium alginate; coating; sweet cherries; preservation

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201811035

中图分类号: TS255.36

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2018) 11-0221-06

引文格式:

赵珊, 贡汉生, 田亚晨, 等. 苯乳酸-海藻酸钠涂膜保鲜剂的制备及其在甜樱桃保鲜中的应用[J]. 食品科学, 2018, 39(11): 221-226. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201811035. <http://www.spkx.net.cn>

ZHAO Shan, GONG Hansheng, TIAN Yachen, et al. Preparation of PLA/SA composite coating and its application in quality preservation of sweet cherries[J]. Food Science, 2018, 39(11): 221-226. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/spkx1002-6630-201811035. <http://www.spkx.net.cn>

甜樱桃 (*Prunus avium* L.) 是一种营养价值极高的鲜食水果<sup>[1-2]</sup>, 但甜樱桃皮薄汁多, 耐贮性差, 每年都有大

量樱桃在采后贮运和销售中腐烂变质, 造成巨大的经济损失<sup>[3]</sup>。为延长贮藏期和保证长途运输的需要, 樱桃贮藏

收稿日期: 2017-01-18

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金项目 (31301565); 山东省自然科学基金青年基金项目 (ZR2012CQ009);

烟台市科技计划项目 (2012125); 山东省高等学校科技计划项目 (J12LD03)

第一作者简介: 赵珊 (1994—), 女, 本科生, 研究方向为食品微生物的利用与控制。E-mail: coralsea\_suny@163.com

\*通信作者简介: 贡汉生 (1981—), 男, 副教授, 博士, 研究方向为农产品贮藏及加工。E-mail: hsgong\_221@163.com

保鲜技术日益受到人们的重视<sup>[4]</sup>。目前, 樱桃的贮藏保鲜方法主要有气调保鲜、低温贮藏保鲜、保鲜剂保鲜和涂膜保鲜等<sup>[5-8]</sup>, 其中涂膜保鲜法是通过涂膜剂在果实表面形成具有阻湿、阻气和抑制微生物侵入的膜以延长果实的贮藏期。近年来, 复合涂膜已成为果蔬保鲜的研究热点和发展趋势<sup>[9]</sup>。

苯乳酸是近年来人们发现的一种天然抑菌物质, 对细菌和真菌均有很强的抑制和杀灭作用。苯乳酸即2-羟基-3-苯基丙酸, 分子式为 $C_9H_{10}O_3$ , 相对分子质量为166, 其抑菌谱广, 稳定性高, 溶解性好, 易于在食品体系中扩散, 这些优点开始引起了人们的关注<sup>[10-11]</sup>; 但苯乳酸化学合成法技术繁琐, 产物不纯, 副产物较多, 且易造成污染环境, 因而苯乳酸合成方法的研究逐渐转向了生物合成法。研究发现, 乳酸菌可以利用细胞内的乳酸脱氢酶将苯丙酮酸及其盐类还原生成苯乳酸并应用于食品工业中<sup>[12]</sup>。苯乳酸溶液黏度较小, 流动性大, 再加上水果表面有一层天然的蜡质保护层, 难以附着在水果表面起到防腐保鲜的作用, 罕有在水果保鲜中应用。Lavermicocca等<sup>[13]</sup>发现苯乳酸质量浓度为7.5 mg/mL时即可以显著抑制焙烤食品中90%霉菌的生长。本实验室前期实验确定苯乳酸质量浓度为6 mg/mL时可抑制引起樱桃腐败的大多数霉菌的生长。

海藻酸钠是一种天然多糖, 安全性极高, 具有良好的分散性、保湿性、抗菌性、成膜性和透气性等特点, 被广泛应用于食品保鲜<sup>[14-17]</sup>。目前研究表明, 单一的海藻酸钠保鲜膜存在一些缺点, 如保鲜性能差、对食品的保鲜作用不显著等; 因此在海藻酸钠中添加抑菌物质, 增强其抗菌和保鲜效果非常必要<sup>[18-19]</sup>。若将苯乳酸的抑菌作用与海藻酸钠的成膜性进行联合, 在果蔬保鲜方面应用将很有前景。海藻酸钠保鲜膜的另一缺点是保鲜膜的拉伸强度和韧性等较差, 可以添加助膜剂和增塑剂等提高海藻酸钠保鲜膜的强度和韧性。

本实验以苯乳酸和海藻酸钠为主要成分制备涂膜保鲜剂, 通过比较不同质量浓度海藻酸钠膜的成膜性能, 获得成膜效果和保鲜效果较好的甜樱桃涂膜保鲜剂。在此基础上, 研究该涂膜保鲜剂对甜樱桃的保鲜效果, 以期苯乳酸-海藻酸钠涂膜保鲜剂在水果保鲜中的应用提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

甜樱桃为晴天清晨在烟台莱山区两甲埠村果园采摘的大小均匀、无机械损伤、无腐烂、色泽均匀的中晚熟品种, 经货车运输3~4 h, 预冷处理后, 于0℃下低温冷藏1~2 d备用。

苯乳酸浓缩液由植物乳杆菌LD1.0001发酵产生, 经乙酸乙酯萃取后浓缩制得, 其中苯乳酸质量浓度为60 g/L。

### 1.2 仪器与设备

723N型可见分光光度计 上海佑科仪器仪表有限公司;  $\phi$ 240型干燥器 四川蜀玻(集团)有限责任公司; WDW-20KN型微机控制电子万能试验机 济南邦科试验机有限公司; 0.01 mm螺旋测微仪 上海量具刃具厂; WYT型手持式折射仪 成都豪创光电仪器有限公司; 3051H型果蔬呼吸测定仪 浙江托普云农科技股份有限公司; CT3质构仪 上海君翼仪器设备有限公司; WSF-J分光测色仪 上海精密科学仪器有限公司。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 苯乳酸-海藻酸钠复合膜的制备

涂膜剂的配方设计: 黄原胶5 g/L、甘油5 g/L、苯乳酸浓缩液100 mL/L(苯乳酸终质量浓度6 g/L), 海藻酸钠选用4个质量浓度(8、10、12、15 g/L)进行成膜实验。

复合膜的制备: 海藻酸钠加水溶解成溶胶状, 并加入黄原胶共混, 将苯乳酸浓缩液加入到共混的海藻酸钠-黄原胶溶液中混合均匀, 并添加甘油做增塑剂, 搅拌均匀, 加水补足至相应体积, 备用。将涂膜复合液用超声清洗机超声处理20 min, 均匀涂布于15 cm×10 cm的光滑玻璃板上, 于75℃干燥1~2 h成膜, 揭膜备用。

#### 1.3.2 甜樱桃涂膜保鲜实验设计

选择综合性能较好的苯乳酸-海藻酸钠保鲜剂涂膜保鲜甜樱桃。实验分为2组, 即未经涂膜处理的对照组和经苯乳酸-海藻酸钠保鲜剂涂膜处理的涂膜组, 其中涂膜组将保鲜剂喷洒在甜樱桃表面, 每个实验组甜樱桃分装在15个垫有吸水纸的开孔聚丙烯包装盒中, 每盒1.00 kg甜樱桃, 每次每个实验组取3盒甜樱桃分别用于测定腐烂率、呼吸率、质量率、品质指标, 低温贮藏40 d, 每隔10 d测定一次。

#### 1.3.3 复合膜的性能测试

膜厚度的测定参照GB/T 6672-2001《塑料薄膜和薄片厚度测定 机械测量法》<sup>[20]</sup>, 用螺旋测微仪测定复合膜厚度, 均匀取13个点(其中一点为通过复合膜的中心点), 以平均值作为复合性膜的厚度 $L$ 。

拉伸强度的测定参照GB/T 1040.1-2006《塑料 拉伸性能的测定 第1部分: 总则》<sup>[21]</sup>, 采用电子万能试验机进行复合膜拉伸强度的测定。样品的测试规格为1.5 cm×1.5 cm。初始间距为60 mm, 拉伸速率为50 mm/min, 每组复合膜做3个平行, 读取膜破裂时的抗拉力。拉伸强度根据公式(1)计算。

$$T = \frac{F}{LW} \quad (1)$$

式中:  $T$ 为拉伸强度/MPa;  $F$ 为膜断裂时最大拉力/N;  $L$ 为膜的平均厚度/mm;  $W$ 为样品的宽度/mm。

水蒸气透过率的测定参照GB/T 1037—1988《塑料薄膜和片材透水蒸气性试验方法 杯式法》<sup>[22]</sup>,将直径80 mm完整均匀的圆形复合膜密封于装有5 g碳酸钙的小锥形瓶口处,室温放置平衡24 h,称量小锥形瓶质量的变化。水蒸气透过率计算如式(2)所示。

$$P = \frac{m_1 - m_2}{dS} \quad (2)$$

式中:  $P$ 为水蒸气透过率/(g/(h·cm<sup>2</sup>));  $m_1$ 为锥形瓶与样品的最终总质量/g;  $m_2$ 为锥形瓶与样品的起始总质量/g;  $d$ 为测试的时间/h;  $S$ 为复合膜样品的有效面积/cm<sup>2</sup>。

透明度的测定参考Shiku等<sup>[23]</sup>的方法。将待测样品裁成50 mm×10 mm的矩形,贴于比色皿内侧,在550 nm波长处测定吸光度( $A_{550\text{ nm}}$ ),以空比色皿作为对照,透明度按式(3)进行计算(透明度数值越大,说明膜越不透明)。

$$\text{透明度} = -\frac{\lg A_{550\text{ nm}}}{L} \quad (3)$$

式中:  $L$ 为膜的厚度/mm。

吸水性测定参照GB/T 1034—2008《塑料 吸水性的测定》<sup>[24]</sup>。

耐酸性的测定:取2 cm×2 cm洁净均匀完整的复合膜,将其分别放入体积分数3%的乙酸和5%的盐酸中,每隔1 h观察膜片在酸溶液中的溶解情况,并记录质量损失率。

#### 1.3.4 贮藏期间甜樱桃指标测定

腐烂率:甜樱桃腐烂斑直径2 mm以上认定为腐烂。腐烂率按式(4)进行计算。

$$\text{腐烂率}/\% = \frac{\text{腐烂的果粒数}}{\text{果粒总数}} \times 100 \quad (4)$$

呼吸强度:通过果蔬呼吸测定仪进行测定。准确称取15个大小一致、无机械损伤的甜樱桃作为实验材料,放置在广口瓶中,连通仪器,待数值稳定,记录樱桃释放的二氧化碳量。

质量损失率:每组取一盒甜樱桃测定其质量,质量损失率按式(5)进行计算。

$$\text{质量损失率}/\% = \frac{\text{贮藏前果实质量/g} - \text{贮藏后果实质量/g}}{\text{贮藏前果实质量/g}} \times 100 \quad (5)$$

色泽:WSF-J分光测色仪测定。选择色泽均匀的甜樱桃放入样品测定窗口,测定其 $L^*$ 值、 $a^*$ 值和 $b^*$ 值,每组测定15个甜樱桃,甜樱桃的测定点数目为3,分别选择在甜樱桃中线的中点处及两侧约2 cm处进行测定,计算平均值。

硬度:使用质构仪测定。探头为TA39,测试前探头下降速率、测试速率和测试后探头上升速率均为0.5 mm/s,探头压缩样品的距离为6 mm,感应力3 g。每组测定15个甜樱桃,计算平均值。

可滴定酸质量分数:使用酸碱滴定法测定<sup>[25]</sup>。

可溶性固形物质量分数:使用阿贝折光仪测定。

#### 1.4 数据统计分析

实验数据采用SPSS 23.0软件进行方差显著性分析,采用Origin 9.0软件作图,除上述标明实验测定方法外,每组实验测定3个平行,数据用 $\bar{x} \pm s$ 表示。

## 2 结果与分析

### 2.1 海藻酸钠质量浓度对复合膜性能的影响

在黄原胶和甘油存在的条件下,保鲜剂中添加8~15 g/L的海藻酸钠均能形成均匀完整的复合膜,不同质量浓度海藻酸钠对保鲜剂成膜性的影响见表1。

表1 海藻酸钠质量浓度对成膜特性的影响  
Table 1 Effect of sodium alginate concentration on film-forming properties

海藻酸钠质量浓度/(g/L)	厚度/mm	拉伸强度/MPa	水蒸气透过率/(10 <sup>-4</sup> g/(h·cm <sup>2</sup> ))	透明度	溶胀率/%	复合膜在酸中的溶解情况	
						3%乙酸	5%盐酸
8	7.65±0.13 <sup>a</sup>	3.60±0.60 <sup>c</sup>	13.2±0.26 <sup>c</sup>	0.75±0.09 <sup>a</sup>	0.23±0.05 <sup>c</sup>	卷曲严重	卷曲严重
10	8.70±0.23 <sup>b</sup>	3.77±2.90 <sup>b</sup>	12.8±0.20 <sup>b</sup>	0.60±0.08 <sup>b</sup>	0.50±0.04 <sup>b</sup>	微卷	微卷
12	8.92±0.10 <sup>b</sup>	5.83±0.85 <sup>a</sup>	13.0±0.26 <sup>b</sup>	0.56±0.06 <sup>b</sup>	0.62±0.03 <sup>a</sup>	微卷	舒展
15	10.01±0.98 <sup>a</sup>	5.37±0.75 <sup>a</sup>	12.5±0.15 <sup>c</sup>	0.75±0.05 <sup>a</sup>	0.67±0.07 <sup>a</sup>	卷曲	卷曲

注:同列肩标字母不同表示差异显著( $P<0.05$ )。下同。

由表1可知,在黄原胶和甘油添加量一定的情况下,随着海藻酸钠添加量增加,膜厚度逐渐增大,拉伸强度呈现先逐渐增大后变化不大的趋势。添加量在8 g/L和10 g/L时,膜较薄,膜拉伸强度较小;添加量增加到12 g/L时,膜厚度增大,膜的拉伸强度提高明显;而海藻酸钠添加量增加到15 g/L时,膜厚度继续增大,但膜拉伸强度没有明显变化,与添加量为12 g/L时膜拉伸强度基本持平。

成膜材料的成膜性能主要是由成膜材料的性质决定的,成膜材料的相对分子质量、亲水基团与疏水基团的比例、结晶区与无定形区的比例、聚合物链的游动性等都会影响到可食用膜的性质<sup>[26]</sup>。通常情况下,当成膜材料的分子质量和成膜液浓度增大时,分子间的交联程度增强,形成可食性膜的网络结构会更加致密,这样增强了膜的阻隔性能和机械性能。郭锦棠等<sup>[27]</sup>研究发现海藻酸钠添加比例越大,膜的拉伸强度越大。这主要是因为海藻酸钠的拉伸性能与聚合物的结构、平均分子质量和聚合物的分子排列有关。当分子质量一定时,海藻酸钠质量浓度越小,即单位体积内的分子数越少,成膜时高分子链间的相互作用力越弱,分子间交联越不紧密,膜的强度就越小。

随着海藻酸钠添加量增加,膜拉伸强度趋于稳定,这与王秀娟等<sup>[28]</sup>对海藻酸钠特性研究中的结论有所差别;可能是因为苯乳酸的存在使涂膜液中存在的较多氢离子使大部分羧基质子化,由此形成的氢键作用造成分



子链缠结,使分子间交联度下降,从而影响了复合膜的整体力学性能。另外,在一定范围内随着海藻酸钠添加量增加,成膜时高分子链间的相互作用力增强,凝胶强度增加。海藻酸钠进一步增加时,过多的高分子相互缠绕聚集成团,降低了凝胶强度。

在黄原胶和甘油添加量一定的情况下,随着海藻酸钠添加量的增加,膜水蒸气透过率不断减小。当海藻酸钠的添加量为12 g/L时,与10 g/L海藻酸钠添加量组相比水蒸气透过率有所上升。这可能是因为加入的定量甘油与黄原胶搅乱了原本结构较规则的海藻酸钠分子,减弱了海藻酸钠分子间的氢键作用,影响定向排列,导致大量水分子穿过复合膜。这与王秀娟等<sup>[29]</sup>对增塑剂对壳聚糖膜性能影响的研究结果一致。

由于海藻酸钠分子链含较多的羧基,因此具有良好的水溶性、黏性和凝胶特性<sup>[30]</sup>。由表1还可看出,随海藻酸钠添加量增加,溶胀度逐渐增大;这主要是因为海藻酸钠添加越多,凝胶网络中亲水基团越多,水溶性增加。当海藻酸钠添加比例增长到12 g/L时,膜的溶胀度达到最大,但溶胀度值仍低于1,这与闻燕等<sup>[31]</sup>研究结论一致;海藻酸钠增长到15 g/L时,溶胀度变化不再明显;可能是由于过多的高分子相互缠绕聚集成团,水分子不易进入凝胶内部,水凝胶的溶胀率受海藻酸钠添加量的影响不再明显。

综上所述,海藻酸钠添加量为12 g/L时制备的保鲜剂有较好的成膜性能。

## 2.2 苯乳酸-海藻酸钠涂膜保鲜剂对甜樱桃保鲜效果的影响

### 2.2.1 苯乳酸-海藻酸钠涂膜保鲜剂对甜樱桃腐烂率的影响

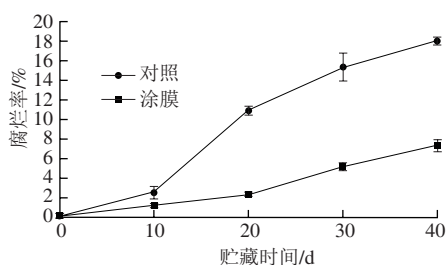


图1 不同处理对甜樱桃腐烂率的影响

Fig. 1 Effect of different treatments on decay incidence of sweet cherry

果实的腐烂率是判断贮藏效果的主要表现指标。贮藏期间甜樱桃腐烂率如图1所示。随着贮藏时间延长,两组甜樱桃的腐烂率均呈逐渐上升趋势。与对照组相比,涂膜组甜樱桃腐烂率明显较低。对照组在低温贮藏10 d后腐烂率急剧上升,而涂膜组腐烂率上升缓慢;贮藏至第20天时,对照组腐烂率(10.71%)是涂膜组腐烂率(2.53%)的4.23倍;贮藏20 d后,两组上升趋势相近,对照组贮藏至第40天时腐烂率达到18.01%,而涂膜

组在贮藏至第40天时的腐烂率仅有7.26%。可见应用苯乳酸-海藻酸钠保鲜剂涂膜处理能够抑制霉菌引起的甜樱桃腐烂,延长保鲜期。这与保鲜剂中苯乳酸抑制果实腐烂霉菌的作用有关,也与涂膜保鲜剂在樱桃表面形成的膜对霉菌的阻隔作用有关。由于樱桃表面的膜起到的“微气调”作用,形成的高 $\text{CO}_2$ 分压、低 $\text{O}_2$ 分压环境也以可抑制霉菌的生长<sup>[32]</sup>。

### 2.2.2 苯乳酸-海藻酸钠涂膜保鲜剂对甜樱桃呼吸强度的影响

呼吸作用是果蔬采收之后具有生命活动的重要标志,果蔬组织中复杂的有机物在酶的作用下缓慢地分解为简单有机物。随着贮藏时间的延长,果蔬体内有机物将越来越少,即果蔬呼吸作用越强则衰老得越快,耐贮性降低。

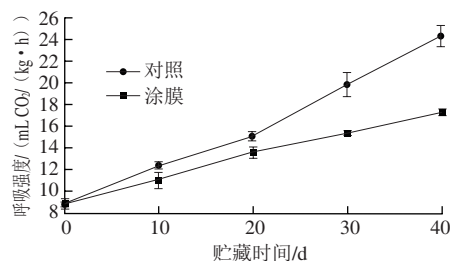


图2 不同处理对甜樱桃呼吸强度的影响

Fig. 2 Effect of different treatments on respiratory intensity of sweet cherry

由图2可以看出,呼吸强度随贮藏时间的延长而增强,但涂膜组呼吸强度较对照组低,低温贮藏至20 d时,对照组呼吸强度(15.03 mL  $\text{CO}_2$ /(kg·h))略高于涂膜组(13.53 mL  $\text{CO}_2$ /(kg·h))。对照组在低温贮藏20 d后呼吸强度急剧上升,而涂膜组在低温贮藏20 d后的呼吸强度上升较为平缓,贮藏至第40天时对照组呼吸率达到了24.35 mL  $\text{CO}_2$ /(kg·h),而涂膜组仅为17.24 mL  $\text{CO}_2$ /(kg·h),可见涂膜处理能够抑制樱桃呼吸强度上升。主要是由于保鲜剂在甜樱桃的表面形成一层比较均匀的膜,限制了 $\text{O}_2$ 的进入并提高了样品周围 $\text{CO}_2$ 的浓度,相当于果蔬的气调保鲜,可以抑制呼吸作用和内源乙烯的产生,从而达到甜樱桃保鲜的目的。

### 2.2.3 苯乳酸-海藻酸钠涂膜保鲜剂对甜樱桃质量损失率的影响

果实贮藏过程中由于呼吸作用和蒸腾作用,使其自身的水分散失,呈现萎蔫、疲软状态,且光泽消失,失去商品价值。因此,果实的质量损失率可以反映果实的商品价值,质量损失率大,表明果实的水分和营养成分流失多,即保鲜的效果较差<sup>[33]</sup>。

由图3可以看出,随贮藏时间的延长,甜樱桃质量损失率均呈上升趋势,涂膜处理的甜樱桃在低温贮藏期间质量损失率低于未涂膜处理的甜樱桃,且随着贮藏时

间的延长,涂膜组与对照组差异逐渐增大。低温贮藏至10d时对照组甜樱桃质量损失率(0.56%)与涂膜组甜樱桃(0.52%)相近。低温贮藏至20d时对照组甜樱桃质量损失率为2.21%,而涂膜组甜樱桃质量损失率略低于对照组,为1.35%。贮藏至40d时对照组甜樱桃质量损失率为5.27%,涂膜组甜樱桃质量损失率远低于对照组,仅为2.79%。说明苯乳酸-海藻酸钠复合液涂膜能减缓甜樱桃贮藏期间的水分散失,这是由于复合液在甜樱桃表面所形成的一层半透膜可以阻碍其呼吸作用与蒸腾作用;另一方面苯乳酸具有抑菌作用,能够较好地抑制由于霉菌对果实损害而导致的病理性失水,从而延长甜樱桃的贮藏时间。而低温贮藏前10d,对照组和涂膜组果实的质量损失率差异不明显,可能因为果蔬自身的能量贮存可维持其短期内呼吸作用。

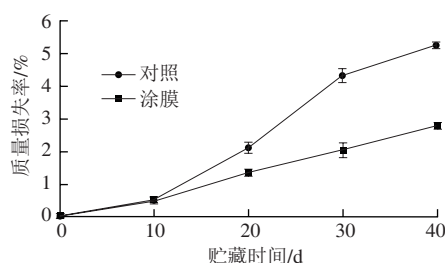


图3 不同处理对甜樱桃质量损失率的影响

Fig. 3 Effect of different treatments on mass loss rate of sweet cherry

#### 2.2.4 苯乳酸-海藻酸钠涂膜保鲜剂对甜樱桃品质指标的影响

甜樱桃在采后贮藏过程中,常伴随着有机酸的降解、糖类物质的积累及其它营养物质的分解,这些物质的增加或减少将影响到果实的风味及营养品质<sup>[34]</sup>。

樱桃品质变化首先体现在颜色的变化上,新鲜的美早樱桃呈紫红色,而后颜色逐渐加深,颜色变化以 $L^*$ 值、 $a^*$ 值、 $b^*$ 值表示,其中 $L^*$ 值越大则果皮越亮,反之越暗; $a^*$ 值越大则果皮越红,反之越绿; $b^*$ 值越大则果皮越黄,反之越蓝<sup>[35]</sup>。

表2 不同处理对甜樱桃品质指标的影响

Table 2 Effect of different treatments on quality attributes of sweet cherry

贮藏时间/d	组别	$L^*$	$a^*$	$b^*$	硬度/ (g/cm <sup>2</sup> )	可滴定酸 质量分数/%	可溶性固形物 质量分数/%
0	初始	16.50±0.78 <sup>a</sup>	12.84±0.72 <sup>a</sup>	10.17±0.90 <sup>a</sup>	293±10 <sup>a</sup>	0.83±0.01 <sup>a</sup>	18.02±0.85 <sup>a</sup>
10	对照	14.61±0.61 <sup>ab</sup>	9.91±1.13 <sup>c</sup>	8.62±1.01 <sup>cd</sup>	279±15 <sup>ab</sup>	0.77±0.01 <sup>b</sup>	16.48±0.88 <sup>b</sup>
	涂膜	15.17±0.17 <sup>a</sup>	12.78±2.00 <sup>a</sup>	10.02±0.41 <sup>ab</sup>	290±10 <sup>a</sup>	0.81±0.01 <sup>a</sup>	18.04±0.36 <sup>a</sup>
20	对照	13.93±0.69 <sup>bc</sup>	8.16±1.15 <sup>d</sup>	8.30±0.80 <sup>d</sup>	250±17 <sup>c</sup>	0.71±0.02 <sup>c</sup>	15.28±0.44 <sup>c</sup>
	涂膜	14.13±0.98 <sup>b</sup>	12.09±1.12 <sup>b</sup>	9.35±0.71 <sup>b</sup>	277±16 <sup>ab</sup>	0.77±0.01 <sup>b</sup>	17.18±0.73 <sup>b</sup>
30	对照	10.62±0.20 <sup>e</sup>	7.21±0.80 <sup>e</sup>	8.09±0.72 <sup>d</sup>	237±11 <sup>d</sup>	0.65±0.02 <sup>d</sup>	14.06±0.93 <sup>d</sup>
	涂膜	13.63±2.50 <sup>b</sup>	11.15±0.85 <sup>b</sup>	9.09±0.82 <sup>bc</sup>	268±15 <sup>b</sup>	0.71±0.01 <sup>c</sup>	16.94±0.24 <sup>b</sup>
40	对照	9.21±0.96 <sup>f</sup>	4.29±1.51 <sup>f</sup>	5.46±0.84 <sup>e</sup>	232±16 <sup>d</sup>	0.62±0.02 <sup>e</sup>	13.90±0.41 <sup>d</sup>
	涂膜	12.01±2.39 <sup>d</sup>	9.49±0.73 <sup>cd</sup>	8.25±0.52 <sup>d</sup>	264±15 <sup>bc</sup>	0.67±0.01 <sup>d</sup>	16.48±0.44 <sup>b</sup>

由表2可以看出,随贮藏时间的延长,甜樱桃色泽变暗、颜色加深趋于黑红色,但涂膜组甜樱桃较对照组甜樱桃变化较小。涂膜处理可以延缓樱桃的褐变反应,使樱桃保持色泽。果实的可食性除与色泽有关外,还取决于果实的口感质地,如果实的硬度<sup>[36-37]</sup>。由表2可知,贮藏过程中对照组与涂膜组的甜樱桃硬度都在下降。果实硬度的下降表明果实开始软化,甜樱桃进一步成熟和衰老。涂膜处理可明显延缓硬度的下降,保持果实的硬度。

甜樱桃在采摘后由于呼吸作用不断消耗自身的营养成分,导致可溶性固形物质量分数下降,严重影响果实风味,使果实失去食用价值和商品价值<sup>[38]</sup>。如表2所示,两组甜樱桃的可溶性固形物质量分数在低温贮藏期间均随贮藏时间的延长而逐渐下降,其中对照组甜樱桃下降速率较涂膜组甜樱桃快。因此,苯乳酸-海藻酸钠保鲜剂涂膜处理可显著抑制甜樱桃可溶性固形物质量分数下降,保持果实的风味。

甜樱桃中含大量的有机酸,在贮藏过程中,一部分用作呼吸底物被消耗,另一部分在体内被转化为糖分。因此,在贮藏过程中,甜樱桃中可滴定酸质量分数明显减少。保鲜效果越好的甜樱桃,酸度变化越小,与新鲜甜樱桃的情况越接近<sup>[39]</sup>。从表2可知,甜樱桃中的可滴定酸质量分数随贮藏时间的延长而下降,涂膜组甜樱桃可滴定质量分数下降的速率比对照组慢。因此苯乳酸-海藻酸钠保鲜剂涂膜处理甜樱桃可明显延缓可滴定酸质量分数的下降,保持果实的新鲜度。

### 3 结论

本实验通过研究苯乳酸-海藻酸钠涂膜保鲜剂的成膜特性,确定了保鲜剂中海藻酸钠的适宜添加量,最终得到在6g/L苯乳酸、5g/L甘油、5g/L黄原胶存在的前提下,添加12g/L海藻酸钠时形成的复合膜各项性能均较好。应用该保鲜剂涂膜低温保鲜甜樱桃,可明显延长甜樱桃的保存期,降低甜樱桃的腐烂率、呼吸强度、质量损失率,使甜樱桃保持较好的贮藏品质。

### 参考文献:

- [1] 洪静华,侯玉婷,吴效刚,等.大樱桃采后病害、生理及保鲜技术研究进展[J].北方园艺,2015(23):194-198.
- [2] 王蒙,冯晓元,戴莹,等.樱桃果实褪黑素及其营养功能研究进展[J].食品科学,2014,35(19):307-311. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201419061.
- [3] 宋曰钦,王建中,吴迪,等.甜樱桃常温液藏保鲜的研究[J].食品科技,2005,30(11):70-72. DOI:10.13684/j.cnki.spkj.2005.11.023.
- [4] 倪思亮,宫红彦,王咏梅,等.羧甲基壳聚糖对烟台大樱桃保鲜的研究[J].食品研究与开发,2013,34(23):118-121. DOI:10.3969/j.issn.1005-6521.2013.23.032.

- [5] 郝义, 王岩, 纪淑娟, 等. 保鲜剂对甜樱桃果实贮藏性的影响研究[J]. 食品科技, 2007, 32(12): 192-194. DOI:10.13684/j.cnki.spkj.2007.12.049.
- [6] 杨娟侠, 王淑贞, 孙家正. 二氧化氯对低温冷藏甜樱桃保鲜效果的影响[J]. 落叶果树, 2011, 43(4): 1-4. DOI:10.13855/j.cnki.lygs.2011.04.008.
- [7] 王珊珊, 朱志强, 农绍庄, 等. 樱桃冰温塑料箱式气调保鲜的效果[J]. 果树学报, 2010, 27(5): 843-847. DOI:10.13925/j.cnki.gsxb.2010.05.035.
- [8] 甘瑾, 马李一, 张弘, 等. 漂白紫胶涂膜对甜樱桃常温贮藏品质的影响[J]. 江苏农业学报, 2009, 25(3): 650-654. DOI:10.3969/j.issn.1000-4440.2009.03.042.
- [9] 李家庆. 果蔬保鲜手册[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2003: 89-91.
- [10] 李兴峰, 江波, 潘蓓蕾, 等. 乳酸菌产生的新型抗菌物质: 苯乳酸的抑菌性质及作用机理研究[J]. 乳业科学与技术, 2011, 34(2): 94-98. DOI:10.15922/j.cnki.jdst.2011.02.011.
- [11] MAGNUSSON J, JONSSON H, SCHNURER J. *Weissella soli* sp.nov., a lactic acid bacterium isolated from soil[J]. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, 2002, 52(Pt 3): 831-834. DOI:10.1099/ijs.0.02015-0.
- [12] 芦夏霏, 刘毕琴, 柳陈坚, 等. 乳酸菌苯乳酸的合成及其代谢调控机制研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2014, 40(11): 177-181. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.201411031.
- [13] LAVERMICOCCA P, VALERIO F, EVIDENTE A, et al. Purification and characterization of novel antifungal compounds from the sourdough *Lactobacillus plantarum* strain 21B[J]. Applied Environmental Microbiology, 2000, 66(9): 4084-4090.
- [14] 王梅, 徐俐, 宋长军, 等. 海藻酸钠涂膜对鲜切芋艿保鲜效果的影响[J]. 食品工业科技, 2016, 37(12): 320-324. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2016.12.052.
- [15] 王利强, 董晓萌, 游柳青, 等. 海藻酸钠/阿拉伯树胶混合可食性膜液的流变性能[J]. 食品与发酵工业, 2015, 41(4): 73-76. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.201504014.
- [16] LIU L, WU F, JU X J, et al. Preparation of monodisperse calcium alginate microcapsules via internal gelation in microfluidic-generated double emulsions[J]. Journal of Colloid and Interface Science, 2013, 404(32): 85-90. DOI:10.1016/j.jcis.2013.04.044.
- [17] HARI P R, CHANDY T, SHARMA C P. Chitosan/calcium alginate microcapsules for intestinal delivery of nitrofurantoin[J]. Journal of Microencapsulation, 1996, 13(3): 319-329. DOI:10.3109/02652049609026019.
- [18] 王明力, 沈丹, 王文平, 等. 改性壳聚糖保鲜涂膜透水率的研究[J]. 食品与生物技术学报, 2007, 26(5): 10-13. DOI:10.3321/j.issn:1673-1689.2007.05.003.
- [19] 曾顺德, 文泽富, 谢永红, 等. A-型保鲜剂对白柚汁胞粒化相关酶活性的影响[J]. 西南农业大学学报, 2001, 23(5): 429-431. DOI:10.13718/j.cnki.xdzk.2001.05.014.
- [20] 国家质量监督检验检疫总局. 塑料薄膜和薄片厚度测定 机械测量法: GB/T 6672—2001[S]. 北京: 中国标准出版社, 2001: 1-2.
- [21] 国家质量监督检验检疫总局, 国家标准化管理委员会. 塑料 拉伸性能的测定 第1部分: 总则: GB/T 1040.1—2006[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007: 7.
- [22] 化学工业部. 塑料薄膜和片材透水蒸气性试验方法 杯式法: GB/T 1037—1988[S]. 北京: 中国标准出版社, 1988: 4-5.
- [23] SHIKU Y, HAMAGUCHI P Y, BENJAKUL S, et al. Effect of surimi quality on properties of edible films based on Alaska Pollack[J]. Food Chemistry, 2004, 86(4): 493-499. DOI:10.1016/j.foodchem.2003.09.022.
- [24] 国家质量监督检验检疫总局, 国家标准化管理委员会. 塑料 吸水性的测定: GB/T 1034—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008: 4-5.
- [25] 曹雪慧, 邵悦, 刘丽萍, 等. 迷迭香提取液对草莓保鲜效果的研究[J]. 食品工业科技, 2013, 34(3): 325-328. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2013.03.049.
- [26] 周正光. 海藻酸钠-琼胶-结冷胶复合膜的制备、储藏及应用[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2014: 18-21.
- [27] 郭锦棠, 张瑾, 殷俊威. 抗菌性海藻酸钠膜的制备及性能分析[J]. 天津大学学报(自然科学与工程技术版), 2013, 46(7): 653-658. DOI:10.11784/tdxb20130714.
- [28] 王秀娟, 张坤生, 任云霞, 等. 海藻酸钠凝胶特性的研究[J]. 食品工业科技, 2008, 29(2): 259-262. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2008.02.061.
- [29] 王秀娟, 张坤生. 增塑剂对壳聚糖膜性能的影响[J]. 食品研究与开发, 2008, 29(9): 7-11. DOI:10.3969/j.issn.1005-6521.2008.09.003.
- [30] 黄国清, 王冠芸, 肖军霞, 等. N,O-羧甲基壳聚糖/海藻酸钠水凝胶的制备、溶胀性和质构性能研究[J]. 中国食品学报, 2014, 14(10): 61-66. DOI:10.16429/j.1009-7848.2014.10.007.
- [31] 闻燕, 杨志会. 羧甲基壳聚糖/海藻酸钠水凝胶pH值对溶胀行为的影响[J]. 天津商学院学报, 2007, 27(6): 12-16. DOI:10.15963/j.cnki.cn12-1401/f.2007.06.006.
- [32] 张志健, 李新生. 食品防腐保鲜技术[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 2003: 110-112.
- [33] 谢春晖, 位思清, 王兆升, 等. 壳聚糖涂膜保鲜冬枣的研究[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2010, 41(1): 45-50. DOI:10.3969/j.issn.1000-2324.2010.01.010.
- [34] MAATHEIS J. Storage may be a tool moving big cherry crops[J]. Good Fruit Grower, 1999, 15: 18-19.
- [35] 林涛, 李锦泉, 黄青峰, 等. 樱桃番茄果色的遗传分析[J]. 福建农业学报, 2013, 28(10): 987-992. DOI:10.3969/j.issn.1008-0384.2013.10.012.
- [36] 闫瑞香, 王仁才. 果实软化衰老的生理生化机制[J]. 湖南农业大学学报(自然版), 2000, 26(3): 230-234. DOI:10.13331/j.cnki.jhau.2000.03.022.
- [37] 钱玉梅, 高丽萍, 张玉琼. 采后草莓果实的生理生化特性[J]. 植物生理学报, 2003, 39(6): 700-704. DOI:10.13592/j.cnki.ppj.2003.06.053.
- [38] 刘开华, 张宇航, 邢淑婕. 含茶多酚的大豆分离蛋白涂膜对甜樱桃保鲜效果的影响[J]. 茶叶科学, 2013(1): 67-73. DOI:10.13305/j.cnki.jts.2013.01.014.
- [39] 杨振生, 袁唯. 果蔬呼吸强度测定方法[J]. 保鲜与加工, 2003, 3(2): 24-25. DOI:10.3969/j.issn.1009-6221.2003.02.011.