

# D-SE处理对鲜切寒富苹果的保鲜效果

范林林<sup>1</sup>, 赵宏侠<sup>2</sup>, 冯叙桥<sup>1\*</sup>, 李萌萌<sup>1</sup>, 杨文晶<sup>1</sup>, 张 蓓<sup>1</sup>

(1.渤海大学食品科学研究院, 辽宁省食品安全重点实验室, 辽宁锦州 121013;

2.沈阳农业大学食品学院, 辽宁沈阳 110866)

**摘要:**为研究D-异抗坏血酸钠(D-sodium erythorbate, D-SE)处理对鲜切苹果品质的影响, 将1cm<sup>3</sup>鲜切寒富苹果块分别放入0.5%、1.0%、1.5%D-SE溶液中浸泡2min后沥干, 用0.11mm厚度的PE保鲜膜包装后置于4℃冷库中贮藏, 每2d测定与成熟衰老相关的生理生化指标。结果表明, D-SE处理可保持苹果切块的感官品质、延缓营养物质的下降、抑制微生物的繁殖, 对鲜切苹果有较好的护色效果; 1.5%D-SE溶液浸泡处理能在4℃贮藏8d内保持鲜切苹果的品质, 有效延迟果肉褐化进程, 抑制硬度和可溶性固形物、可滴定酸及抗坏血酸含量的下降, 并能延缓相对电导率和丙二醛(malondialdehyde, MDA)含量的上升, 降低与酶促褐变有关的多酚氧化酶(polyphenol oxidase, PPO)活性、提高过氧化物酶( peroxidase, POD)活性。

**关键词:** D-SE, 鲜切苹果, 感官品质, 营养物质, 微生物

## Effect of treatment with D-sodium erythorbate on storage quality of fresh-cut apple slices

FAN Lin-lin<sup>1</sup>, ZHAO Hong-xia<sup>2</sup>, FENG Xu-qiao<sup>1\*</sup>, LI Meng-meng<sup>1</sup>, YANG Wen-jing<sup>1</sup>, ZHANG Bei<sup>1</sup>

(1. Food Science Research Institute of Bohai University, Food Safety Key Lab of Liaoning Province, Jinzhou 121013, China;

2. College of Food Science, Shenyang Agriculture University, Shenyang 110866, China)

**Abstract:** The effect of treatment with 0.5%, 1.0% or 1.5% sodium erythorbate solution for 2min on storage quality of fresh-cut 'Hanfu' apple slices was investigated. Apple slices were packed, after treatment, in 0.11mm thickness of PE film bags and stored at 4℃ for quality and storage evaluation. Indexes that related to maturity and aging were measured every 2d during storage. The results indicated that treatment with sodium erythorbate could keep sensory quality, inhibit nutritional loss, and reduce microbial levels in the treated apple slices. Treatment with 1.5% sodium erythorbate exerted the best preservation effect for 8d at 4℃ with the process of flesh browning effectively delayed and browning degree reduced, which could decrease in hardness, TSS, titratable acids, V<sub>C</sub> and relative conductivity, and increase in MDA and activities of PPO and POD in the fresh-cut apple slices treated with 1.5% sodium erythorbate were all inhibited.

**Key words:** sodium erythorbate; fresh-cut apple; sensory quality; nutritional ingredient; microorganism

中图分类号: TS255

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2015)02-0323-06

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2015.02.061

随着现代都市生活节奏的加快, 人们对方便、快捷、营养、卫生的鲜切果蔬的需求量也迅速增加, 鲜切果蔬有着非常好的市场前景和经济效益。鲜切果蔬因其食用方便简洁, 受到很多消费者的喜爱, 但因其加工创伤而导致微生物繁殖、褐变、软化等问题, 成为影响鲜切果蔬加工业发展的一大难题<sup>[1]</sup>。鲜切果蔬切割后会产生一系列的生理生化变化, 这些变化对鲜切果蔬的鲜度、品质乃至营养成分都会产生很

大影响, 比如腐烂速率加快, 呼吸作用增强, 酶促褐变等, 加速了鲜切果蔬的衰老进程, 因而探索如何防止鲜切果蔬品质劣变至关重要<sup>[2]</sup>。

鲜切果蔬的褐变程度直接影响着产品的货架期, 传统抑制褐变的方法是硫处理, 但由于硫可导致哮喘, 20世纪90年代, 美国FDA已禁止在新鲜的水果蔬菜上使用<sup>[3]</sup>, 2005年, 我国发布的GB 2763-2005规定: 在水果蔬菜中, 不得使用硫磷。柠檬酸有抑制褐变的效果, EDTA-2Na对鲜切苹果褐变的抑制效果也较好<sup>[4]</sup>, 但在寻找硫的替代品中, 研究最多的是V<sub>C</sub>及其衍生物, 如D-异抗坏血酸(D-erythorbic acid)及D-SE<sup>[5-7]</sup>。它们既可作为醌的还原剂, 又可作为酶分子中铜离子的螯合剂, 甚至可以被PPO直接氧化, 起到竞争性抑制剂的作用<sup>[8]</sup>。其中, D-SE抗氧化作用大大超过了V<sub>C</sub>, 生产成本只是V<sub>C</sub>的1/3左右<sup>[9]</sup>。D-SE可保持鲜切果蔬的色泽、自然风味, 延长贮藏期, 且无任何毒副作用,

收稿日期: 2014-04-09

作者简介: 范林林(1990-), 女, 硕士研究生, 主要从事农产品贮藏加工与食品资源开发等方面的研究。

\* 通讯作者: 冯叙桥(1961-), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事果蔬贮藏加工与质量安全控制方面的研究。

基金项目: 辽宁省科技厅重点项目(2011205001); 渤海大学人才引进基金项目(BHU20120301)。

因此被美国、加拿大、中国等列为法定的食品抗氧化剂<sup>[10]</sup>。很多人研究了D-SE与其他食品保鲜剂联合使用的效果,但未见D-SE单独使用在鲜切寒富苹果上的报道,本文以寒富苹果为试材,研究了不同浓度的D-SE对鲜切苹果的保鲜效果,以延长其货架期。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料与仪器

“寒富”苹果 (*Malus domestica*) 市售,产自辽宁,挑选新鲜、完全成熟、大小均匀、无损伤、无病害的苹果进行实验;30cm×300cm型0.11mm厚度的金蝶PE保鲜膜 无锡市金利大纸塑制品有限公司;17cm×10cm塑料托盘 山东恒信基塑业股份有限公司;草酸 食用级,沈阳昌德隆化工原料有限公司;D-异抗坏血酸钠(D-SE) 食用级,天津市风船化学试剂科技有限公司;营养琼脂培养基 分析纯,济南市保德利化工有限公司;硫代巴比妥酸 分析纯,国药集团化学试剂有限公司;三氯乙酸、愈创木酚 分析纯,天津市福晨化学试剂厂;邻苯二酚 分析纯,天津市光复精细化工研究所;30%过氧化氢 分析纯,天津市大茂化学试剂厂;无水乙醇 分析纯,沈阳百盛化工有限公司;磷酸氢二钠、磷酸二氢钠 分析纯,天津市永晟精细化工有限公司;氢氧化钠 分析纯,沈阳市新化试剂厂。

722N可见分光光度计 上海精密科学仪器有限公司;TGL-16G-A高速冷冻离心机 广州晟龙实验仪器有限公司;Agilent1260液相色谱仪 安捷伦科技有限公司;WSC-Y全自动测色色差计 北京光学仪器厂;GY-3指针式水果硬度计 浙江托普仪器有限公司;DDSJ-308A电导率仪 上海精密科学仪器有限公司;SHB-D(III)循环水真空泵、2WAJ阿贝折光仪 上海申光仪器仪表有限公司;HH-6数显恒温水浴锅 国华电器有限公司。

### 1.2 实验方法

1.2.1 工艺流程 苹果→挑选→清洗→去皮→切分→浸泡<sup>[11]</sup>。

1.2.2 处理方法 将切好的1cm<sup>3</sup>苹果切块分别在0.5%、1.0%、1.5% D-SE溶液中浸泡2min,沥干后装入塑料托盘中,每个托盘约80g苹果,然后用PE保鲜膜包装后置于4℃冷库中贮藏,从0d开始每2d测定一次各项指标,对照除不进行D-SE浸泡处理外,其他处理相同。

1.2.3 测试指标和方法 果肉褐变感官评定:由6人组成的品评组人员评判各处理的保鲜效果,每个样

品按颜色、脆度、风味及整体外观进行整体分级打分,共9分,分成三等,得分1~4表示不可接受,4~6表示一般,6~9分表示商品价值乐意接受<sup>[12]</sup>。

硬度:用GY-3型果实硬度计测定;色差:采用WSC-Y全自动测色色差计;可溶性固形物(TSS):采用阿贝折光仪测定;可滴定酸(TA):参照Pilar的方法<sup>[13]</sup>,其中可滴定酸以苹果酸为换算系数计算;抗坏血酸(Vc)含量:采用液相色谱法<sup>[14]</sup>;相对电导率、丙二醛(MDA)含量多酚氧化酶(PPO)及过氧化物酶(POD)活性:均参照曹建康的方法<sup>[15]</sup>;菌落总数:参照GB 4789.2-2010进行。

### 1.3 数据分析

采用Origin 8.5作图,实验结果取三次测定的平均值,以IBM SPSS Statistics 19进行显著性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同浓度D-SE处理对鲜切苹果感官品质的影响

各组处理鲜切苹果在贮藏期间的感官评分呈下降趋势,D-SE组感官评分始终显著高于对照组( $p < 0.05$ ),其中1.5% D-SE组感官评分始终最高,在贮藏至第8d时始终保持着良好的外观品质(表1)。鲜切苹果感官评分与贮藏时间具有很强的相关性( $r = -0.983$ ),显示了感官评分是反映鲜切苹果品质变化非常重要的指标。

### 2.2 不同浓度D-SE处理对鲜切苹果硬度的影响

鲜切后苹果的细胞受到破坏,导致内部的多糖降解,细胞的膨压减小,果胶和蛋白的分解等都会引起苹果软化<sup>[16]</sup>。由图1可知,鲜切苹果的硬度变化趋势是随着贮藏时间的延长硬度不断减小。整个贮藏过程中D-SE处理组的果肉硬度都比对照组高,其中1.0%、1.5% D-SE组的硬度在第0~4d下降较为缓慢,

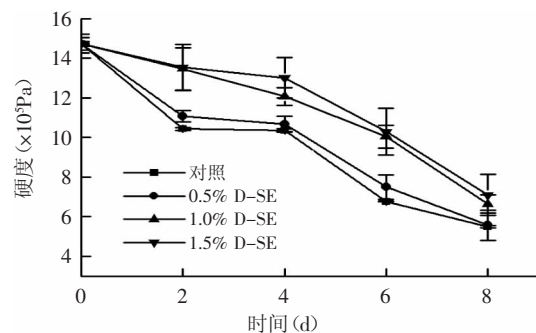


图1 鲜切苹果贮藏过程中硬度的变化

Fig.1 Hardness changes of fresh-cut apple slices treated with different concentrations of D-SE

表1 不同浓度的D-SE处理鲜切苹果保鲜效果的感官评分表

Table 1 Sensory analysis of fresh-cut apple slices treated with different concentrations of D-SE

样品处理方式	时间(d)				
	0	2	4	6	8
对照	9.00 <sup>a</sup> ±0.00	7.75 <sup>a</sup> ±0.38	7.50 <sup>a</sup> ±0.18	6.00 <sup>a</sup> ±0.25	5.00 <sup>a</sup> ±0.32
0.5%D-SE	9.00 <sup>a</sup> ±0.00	8.00 <sup>b</sup> ±0.27	7.75 <sup>b</sup> ±0.25	7.27 <sup>b</sup> ±0.42	6.50 <sup>b</sup> ±0.19
1.0%D-SE	9.00 <sup>a</sup> ±0.00	8.25 <sup>b</sup> ±0.25	8.00 <sup>b</sup> ±0.42	7.50 <sup>ab</sup> ±0.47	7.18 <sup>ab</sup> ±0.25
1.5%D-SE	9.00 <sup>a</sup> ±0.00	8.75 <sup>b</sup> ±0.36	8.50 <sup>b</sup> ±0.29	8.00 <sup>b</sup> ±0.18	7.75 <sup>b</sup> ±0.25

注:同列中不同小写字母表示差异显著, $p < 0.05$ ;表2同。

且始终明显高于其他两组, 1.5%D-SE组的硬度略大于1.0%D-SE组, 在第4d时硬度仅下降了11.7%, 而对照则下降了29.6%。说明用1.5%D-SE溶液处理较好地维持了鲜切苹果的硬度, 延缓了鲜切苹果组织结构的软化。

### 2.3 不同浓度D-SE处理对鲜切苹果色泽的影响

褐变是鲜切果蔬贮藏过程中不可避免的自然现象, 褐变程度直接影响鲜切果蔬的外观品质, 而外观品质是决定消费者是否购买最直接的因素, 因此鲜切果蔬的色泽变化是制约其发展的关键因素之一<sup>[7]</sup>。从图2(a)可知, 各组L\*值随贮藏时间延长逐渐下降, D-SE处理组的鲜切苹果在储藏过程中L\*值始终大

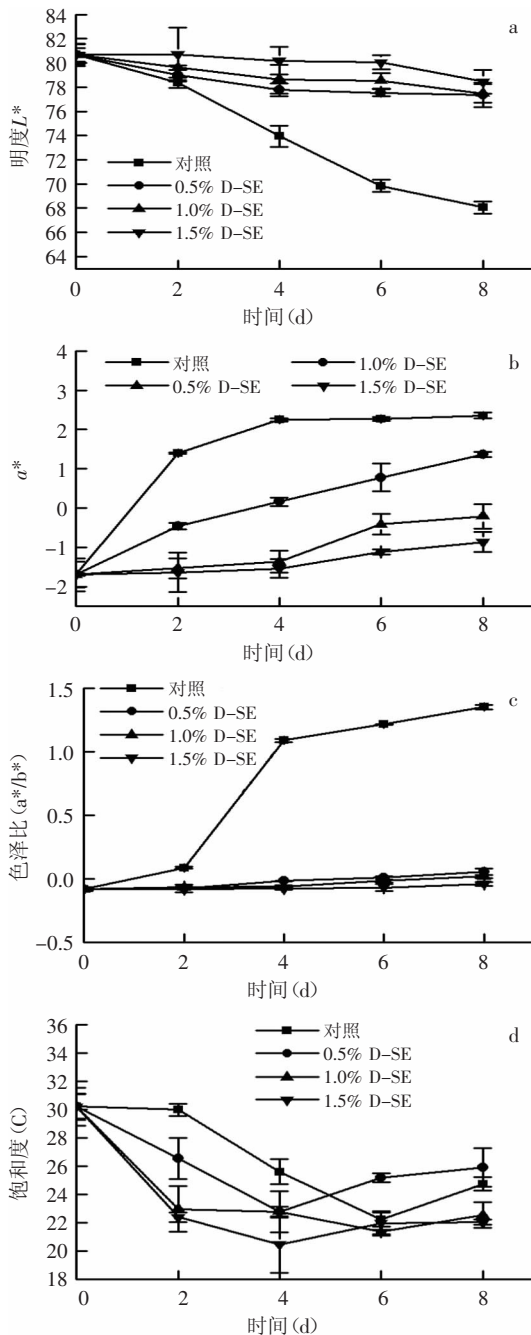


图2 不同浓度D-SE处理的鲜切苹果果实的色泽变化  
Fig.2 Color changes of fresh-cut apple slices treated with different concentrations of D-SE

于对照组, 贮藏至第8d时, 对照组的L\*值仅为1.5% D-SE处理组的86.7%; 由图2(b)可知, 各组a\*值呈现逐渐上升的趋势, 其中处理组的a\*值明显低于对照组, a\*值从负到正, 表示从绿色向红色的转变; 从图2(c)可看出, 色泽比(a\*/b\*)逐渐上升, 且明显低于对照组, 鲜切苹果的颜色在贮藏过程中是不断下降的, 这主要是由于切割伤害造成果实表面细胞的破坏, 使酚类物质与多酚氧化酶接触发生酶促褐变引起的, 导致了色泽比的上升; 饱和度C表示鲜切苹果的含色量, 在贮藏期间饱和度C变化比较复杂, 基本呈现先下降后上升的趋势, 各组之间无明显差异(见图2d)。综上所述, D-SE处理对鲜切苹果的外观品质有保护作用, 有效抑制了鲜切苹果的褐变程度, 其中1.5% D-SE处理效果最佳。

### 2.4 不同浓度D-SE处理对鲜切苹果TSS含量的影响

由图3可知, 鲜切寒富苹果在整个贮藏期间TSS含量呈现下降趋势, 在第0~2d下降最为明显。经D-SE处理后的果肉TSS含量降低速率慢于对照组, 其中1.5% D-SE处理最为显著, 贮藏8d后TSS含量比对照组高1.17%, 其TSS含量始终处于最高水平。

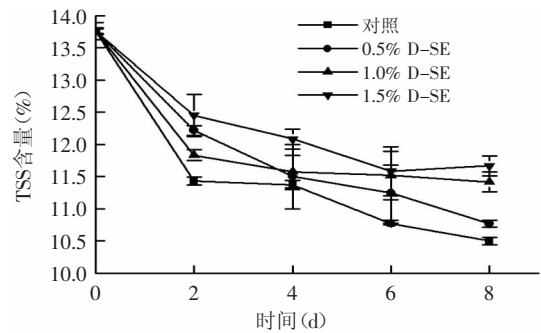


图3 不同浓度的D-SE处理鲜切苹果TSS含量变化  
Fig.3 TSS content changes of fresh-cut apple slices treated with different concentrations of D-SE

### 2.5 不同浓度D-SE处理对鲜切苹果TA含量的影响

在贮藏初期, 各组的TA含量呈现上升的趋势(图4), 原因可能是苹果鲜切后失水比较严重, 导致TA含量加大, 对照组在第0~4d明显高于D-SE处理组, 说明对照组失水最为严重。在第4~8d, 对照组合1.5%D-SE组TA含量出现下降趋势, 对照下降特别明

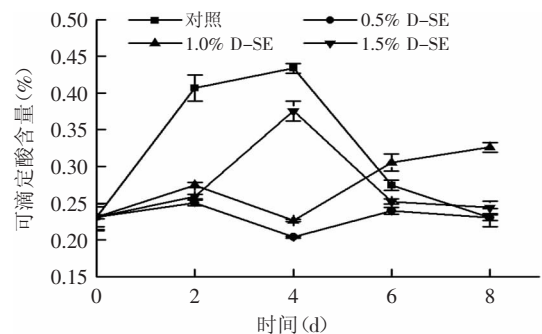


图4 不同浓度的D-SE处理鲜切苹果可滴定酸含量变化  
Fig.4 Changes of total TA content of fresh-cut apple slices treated with different concentrations of D-SE

显,原因可能是呼吸作用消耗大量TA所致,鲜切苹果在贮藏期间仍在进行新陈代谢,有机酸作为重要的呼吸能量来源被不断的分解<sup>[18]</sup>。微生物的活动也会使鲜切苹果积累一定量的酸性物质,也会导致鲜切苹果TA含量发生较大幅度的改变,以致鲜切苹果的TA含量变化较复杂。

## 2.6 不同浓度D-SE处理对鲜切苹果V<sub>C</sub>含量的影响

完整的水果在贮藏过程中V<sub>C</sub>含量不断下降,切割果蔬由于受到机械伤害V<sub>C</sub>含量下降更为迅速<sup>[19]</sup>。贮藏期间,鲜切苹果硬度下降,果实软化,渗入的空气更多,因此V<sub>C</sub>逐步被氧化,含量越来越少<sup>[20]</sup>。由图5可知,经D-SE处理的鲜切苹果明显高于对照组,1.5%处理的鲜切苹果V<sub>C</sub>含量下降最为缓慢,其中在贮藏至第8d时,对照组V<sub>C</sub>含量损失了33.4%,而1.5% D-SE处理组仅为12.8%,由此说明D-SE有效延缓了鲜切苹果的V<sub>C</sub>氧化( $p < 0.05$ )。

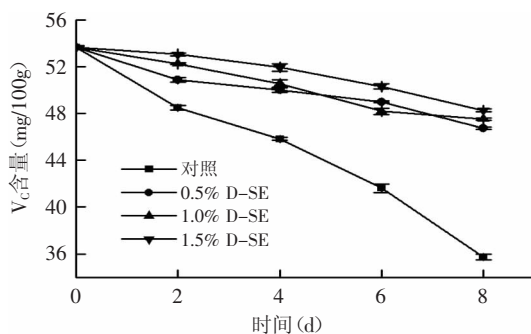


图5 不同浓度D-SE处理鲜切苹果的V<sub>C</sub>含量变化情况

Fig.5 V<sub>C</sub> content changes of fresh-cut apple slices treated with different concentrations of D-SE

## 2.7 不同浓度的D-SE处理对鲜切苹果相对电导率的影响

鲜切苹果在贮藏期间的膜透性(用相对电导率表示)总体呈上升趋势(图6),并且在整个贮藏期间D-SE处理组的相对电导率均低于对照组,经方差分析,处理组与对照组之间存在显著性差异( $p < 0.05$ ),说明D-SE处理有效降低了鲜切苹果的细胞膜受伤程度,其中1.5% D-SE组上升速率最为缓慢,更有利于相对电导率的抑制,降低了鲜切苹果膜透性的上升幅度,保鲜效果最佳。

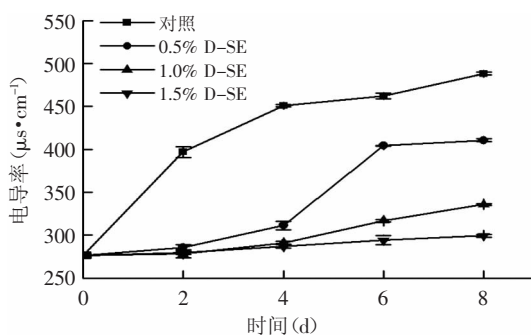


图6 不同浓度D-SE处理鲜切苹果的相对电导率变化

Fig.6 Relative conductivity changes of fresh-cut apple slices treated with different concentrations of D-SE

## 2.8 不同浓度D-SE处理对鲜切苹果MDA含量的影响

MDA是膜脂过氧化作用的主要产物之一,其含量增加使膜脂过氧化加强,膜受伤而加剧衰老的现象,它反映了果实逆境下受伤害的程度<sup>[21]</sup>。由图7可知,各组样品MDA含量呈现先上升后下降的趋势,其中处理组的MDA含量基本低于对照组,1.5% D-SE处理的MDA含量最低,并且其最大值在第6d出现,其值仅为3.47 nmol·g<sup>-1</sup>。而对照组MDA含量在第4d就出现最大值,其含量高达6.057 nmol·g<sup>-1</sup>,说明D-SE处理可以抑制MDA含量的上升,推迟高峰的到来,从而延缓鲜切苹果的衰老。贮藏初期各组MDA含量上升可能是由于鲜切苹果受到机械伤害后组织的衰老所致,后又下降的原因是组织内的活性氧含量会增加,引起许多清除活性氧机制被启动,其中抗氧化酶类在清除活性氧、抑制膜脂过氧化维持膜系统的稳定性方面有重要作用。

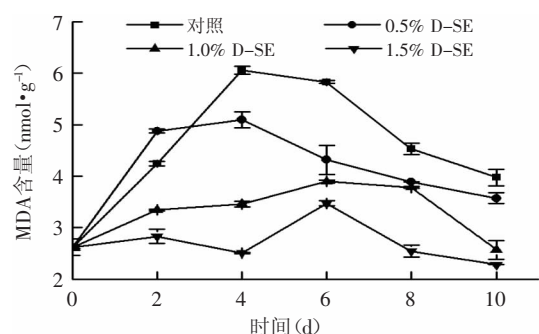


图7 不同浓度的D-SE处理鲜切苹果MDA含量变化

Fig.7 MDA content changes of fresh-cut apple slices treated with different concentrations of D-SE

## 2.9 不同浓度D-SE处理对鲜切苹果PPO酶活性的影响

PPO是引起果蔬产品采后褐变最重要的酶。PPO在有氧情况下作用于酚类物质,使酚类物质形成醌,再进行一系列脱水-聚合反应,最后形成黑褐色物质产生酶促褐变<sup>[22]</sup>。D-SE处理明显抑制了鲜切苹果PPO酶活性,减缓了褐变程度。由图8可知,各组PPO酶活性呈现先上升后下降的趋势,在第6d达到最大值,原因可能是鲜切苹果受到去皮、去核及切割等机械损伤,PPO酶活性升高,起到保卫作用,但PPO也是导致

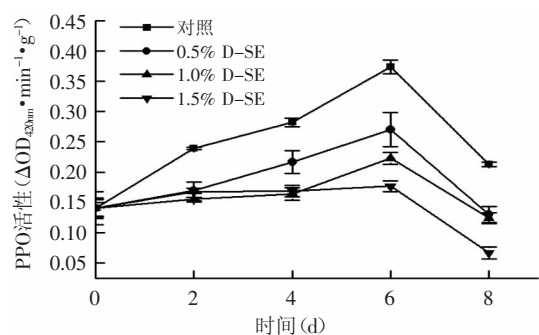


图8 不同浓度D-SE处理鲜切苹果的PPO活性变化

Fig.8 PPO activity changes of fresh-cut apple slices treated with different concentrations of D-SE

褐变的主要酶。PPO酶活性与褐变程度密切相关, 1.5% D-SE处理组基本处于最低水平, 说明, D-SE处理明显抑制了鲜切苹果的褐变程度。

### 2.10 不同浓度D-SE处理对鲜切苹果POD酶活性的影响

由图9可知, 各组POD活性呈现先上升后下降的趋势, 在第6d达到最高峰, D-SE处理组的POD活性高于对照组的活性, 处理组之间无明显差异。衰老过程中果实POD活性增高可能对H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>积累的一种反应, 维持鲜切苹果细胞内的动态平衡, 过氧化物酶活性与果实的成熟衰老密切相关<sup>[23]</sup>。作为POD底物的过氧化物主要是H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 低浓度的H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>可提高POD的活性, 而高浓度反过来抑制POD活性, 鲜切苹果POD活性的上升, 可能H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>浓度较低。实验结果说明, D-SE处理能在一定程度上引起鲜切苹果细胞内POD活性的提高, 可能是由于D-SE清除了部分H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 从而起到了延缓鲜切苹果衰老的作用, 延长了货架期。

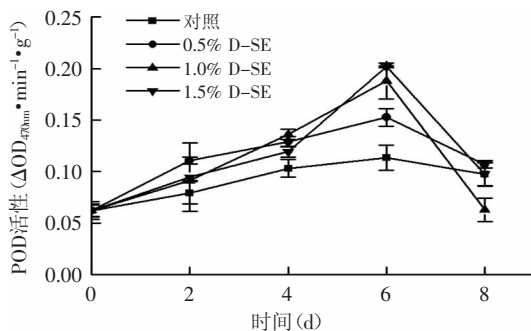


图9 不同浓度D-SE处理鲜切苹果的POD活性变化情况

Fig.9 POD activity changes of fresh-cut apple slices treated with different concentrations of D-SE

### 2.11 不同浓度D-SE处理对鲜切苹果菌落总数的影响

当鲜切苹果表面的微生物繁殖达到一定数目 ( $1 \times 10^6$  CFU/g) 后, 切块即失去商品品质<sup>[12]</sup>。由表2可知, 随着贮藏时间的延长, 菌落总数逐渐增加, D-SE组贮藏至第8d时菌落总数低于  $1 \times 10^5$  CFU/g, 始终保持着商品品质, 而对照组在第8d时则超过  $1 \times 10^6$  CFU/g, 失去了食用价值, 其中1.5% D-SE组的菌落总数最少, 较好地抑制了微生物的繁殖生长。表明D-SE对鲜切苹果微生物的繁殖有一定的抑制作用, 适当浓度的D-SE处理能更好地抑制微生物的繁殖。

## 3 结论

D-SE对鲜切苹果进行浸泡处理, 并结合PE保鲜膜

及低温贮藏, 能对鲜切苹果起到较好的保鲜效果。经D-SE处理的鲜切苹果, 感官评质好, 能较好地保持鲜切苹果的硬度, 延缓TSS、V<sub>c</sub>含量等营养指标的下降, 有效抑制微生物的繁殖生长, 并且在一定程度上抑制相对电导率及MDA含量的上升幅度, 降低鲜切苹果的细胞膜的损害程度。1.5% D-SE处理的保鲜效果最好, 在8d的贮藏期内保持着良好的外观品质和内部特征。

鲜切苹果的褐变程度与PPO酶活性密切相关, 直接影响鲜切苹果的外观品质, 是决定消费者是否购买的关键因素。D-SE能够有效抑制PPO酶活性, 降低鲜切苹果褐变程度, 同时还能提高POD酶活性, 增加鲜切苹果自身清除H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>的能力, 维持细胞内部的动态平衡。

综上所述, 鲜切苹果的感官鉴定、物理指标、营养指标及生理指标经D-SE处理后都达到了较好的水平, 其中1.5% D-SE处理的鲜切苹果保鲜效果最好。

## 参考文献

- [1] 覃海元, 杨昌鹏, Sanguansri C. D-异抗坏血酸钠处理对冷藏鲜切菠萝质量的影响[J]. 食品工业科技, 2006, 27(8): 155-159.
- [2] 李东梅. 鲜切苹果保鲜性能研究[D]. 上海: 东华大学, 2009.
- [3] Timbo B, Koehler K M, Wolyniak C, *et al.* Sulfites—a food and drug administration review of recalls and reported adverse events [J]. Journal of Food Protection, 2004, 67(8): 1806-1811.
- [4] 姜爱丽, 钟璐, 胡文忠, 等. 3种褐变抑制剂对减轻鲜切苹果褐变效果的影响[J]. 食品与发酵工业, 2010, 36(7): 45-48.
- [5] Gonzalez-Aguilar G A, Ruiz-Cruz S, Cruz-Valenzuela R, *et al.* Physiological and quality changes of fresh-cut pineapple treated with anti-browning agents [J]. LWT—Food Science and Technology, 2004, 37(3): 369-376.
- [6] Martinez-Ferrer M, Harper C, Perez-Munoz F, *et al.* Modified atmosphere packaging of minimally processed mango and pineapple fruits [J]. Journal of Food Science, 2002, 67(9): 3365-3371.
- [7] Pilizota V, Sapers G M. Novel browning inhibitor formulation for fresh-cut apples [J]. Journal of Food Science, 2004, 69(4): 140-143.
- [8] 程双, 胡文忠, 马跃, 等. 鲜切甘薯酶促褐变调控的研究 [J]. 食品工业科技, 2011, 32(6): 158-161.
- [9] 张虹, 王刚, 常杰, 等. D-异抗坏血酸钠在鱼类保鲜中的研究 [J]. 中国食品学报, 1998, 2(1): 70-76.
- [10] 林君, 姜元欣, 黄春秋. D-异抗坏血酸钠在橄榄汁中的护色效果 [J]. 南方农业学报, 2013, 44(2): 308-311.
- [11] 王修俊, 刘颖, 邱树毅, 等. 复合磷酸盐食品添加剂对鲜切青苹果保鲜效果的研究 [J]. 食品工业科技, 2008, 29(8): 258-260.

表2 鲜切苹果在4℃下储藏时表面菌落总数变化 ( $\times 10^4$  CFU/g)

Table 2 Microbial count of fresh-cut apple slices treated with different concentrations of D-SE during storage at 4℃ ( $\times 10^4$  CFU/g)

样品处理方式	时间(d)				
	0	2	4	6	8
对照	0.20 <sup>a</sup> ±0.03	0.25 <sup>b</sup> ±0.01	1.95 <sup>a</sup> ±0.05	56.70 <sup>a</sup> ±2.67	105.10 <sup>a</sup> ±3.24
0.5% D-SE	0.20 <sup>a</sup> ±0.01	2.08 <sup>a</sup> ±0.02	0.42 <sup>b</sup> ±0.03	0.90 <sup>b</sup> ±0.07	2.00 <sup>b</sup> ±0.08
1.0% D-SE	0.20 <sup>a</sup> ±0.02	0.18 <sup>c</sup> ±0.03	0.31 <sup>c</sup> ±0.01	0.81 <sup>b</sup> ±0.05	1.95 <sup>b</sup> ±0.07
1.5% D-SE	0.20 <sup>a</sup> ±0.03	0.10 <sup>d</sup> ±0.01	0.27 <sup>c</sup> ±0.01	0.67 <sup>c</sup> ±0.03	0.86 <sup>c</sup> ±0.04

(下转第330页)

包装材料的透气性对枇杷保鲜影响的结果相一致<sup>[11]</sup>,在包装8d后才达到2.31,保鲜效果最好,其次是OPP包装,之后是LDPE包装。

## 2.5 可溶性固形物的影响

由于大分子物质的降解以及果蔬呼吸的底物被消耗,可溶性固形物含量在果实贮藏过程中发生变化,由图5可知,可溶性固形物整体上先呈上升的趋势,在3~4d时固形物含量达到最大值,然后缓慢下降,对照组下降较明显( $p < 0.05$ ),原因可能是在保鲜贮藏中,水解高分子碳水化合物使还原糖含量上升而且呼吸作用不断的消耗低分子糖,两者的综合作用使得还原糖在保鲜初期含量上升,后期又下降;从不同的材料来看,HDPE薄膜影响小于LDPE和OPP塑料薄膜,但是差异不显著( $p > 0.05$ )。

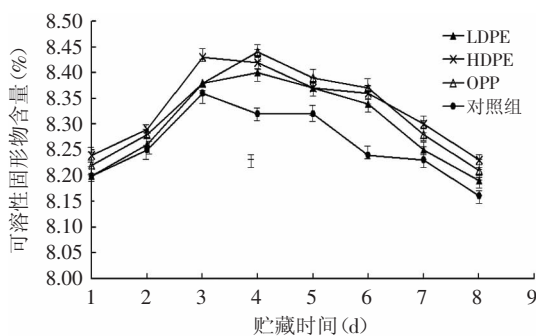


图5 不同包装材料对草莓可溶性固形物含量(TSS)的影响  
Fig.5 The effect of different packaging materials on the total soluble solids (TSS) of strawberries

## 3 结论

从好果率、失重率、 $V_c$ 含量、可溶性固形物和果实硬度等因素来看,三种塑料薄膜包装都能有效地保持草莓的新鲜和品质,减少营养物质的流失,能显著延长草莓的贮藏保鲜期。不同包装材料之间,透气率较差的HDPE、OPP膜保鲜效果较好,透气率较好的LDPE膜保鲜效果较差;比较HDPE、OPP这两种薄

膜,从失重率、 $V_c$ 含量、可溶性固形物和硬度指标来看,HDPE薄膜保鲜效果优于OPP薄膜,至少能保持草莓4~5d新鲜,从好果率来看,差异不太明显。因此总的保鲜效果为HDPE膜最好,其次是OPP膜,再次是LDPE;且HDPE膜热封性能优良,因此作为密封的保鲜包装袋效果较好。同时该实验在评价标准、设计方法与实验结果等方面还有很多问题需要讨论探究,从好果率看,LDPE较其他两种要好,可能是呼吸作用和降解的协同作用,还有可能是实验误差造成的,需要后期继续研究和探讨。

## 参考文献

- [1] 李梦钗. 草莓保鲜技术研究进展[J]. 北方园艺, 2010(12): 210-212.
- [2] 巩惠芳, 杜正顺, 汪良驹. 草莓贮藏保鲜技术研究进展[J]. 保鲜与加工, 2008, 45(2): 4-6.
- [3] 康明丽, 牟德华, 李艳, 等. 提高草莓贮藏品质的研究[J]. 北方园艺, 2005(1): 78-79.
- [4] 陈杭君, 王翠红, 郭海燕, 等. 不同包装方法对蓝莓采后贮藏品质和抗氧化活性的影响[J]. 中国农业科学, 2013, 46(6): 1230-1236.
- [5] 郭利勇, 陈迪新, 周少强. 热水预处理和冷藏对草莓贮藏期和品质的影响[J]. 河南农业科学, 2008(6): 95-97.
- [6] 孟宪军, 姜爱丽, 胡文忠, 等. 箱式气调贮藏对采后蓝莓生理生化变化的影响[J]. 食品工业科技, 2011, 32(9): 379-383.
- [7] 宁正祥. 食品成分分析手册[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1998: 313-314.
- [8] 李莹, 任艳青, 闫化学, 等. 成熟度和贮藏温度对草莓贮藏期间果实品质的影响[J]. 食品工业科技, 2013, 34(4): 335-337.
- [9] DING C K, CHACHIN K, UEDA Y, et al. Modified atmosphere pack -aging maintains postharvest quality of loquat fruit[J]. Postharvest Biology and Technology, 2002, 24: 341-348.
- [10] 黄夏, 潘嫣丽, 唐婷, 等. 不同包装材料对鲜切哈密瓜保鲜效果的影响[J]. 南方农业学报, 2011, 42(12): 1536-1539.
- [11] 张敏. 包装材料的透气性对枇杷保鲜影响的研究[J]. 食品科学, 2008, 29(12): 689-692.

(上接第327页)

- [12] 曾文兵. 可食性复合涂膜保鲜剂对延长鲜切苹果货架期的研究[J]. 食品科学, 2006, 27(2): 262-265.
- [13] Pilar H M, Eva A, Valeria D V, et al. Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria x ananassa*) quality during refrigerated storage [J]. Food Chemistry, 2008, 110(2): 428-435.
- [14] 姜波, 范圣第, 刘长建, 等. 菠萝中维生素C的高效液相色谱分析[J]. 大连民族学院学报, 2003, 5(1): 52-53.
- [15] 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.
- [16] 于军香. 壳聚糖涂膜对沂州木瓜贮藏品质的影响[J]. 食品科学, 2011, 32(4): 264-267.
- [17] 姜爱丽, 胡文忠, 代喆, 等. 箱式气调贮藏对鲜切富士苹果抗氧化系统的影响[J]. 食品与发酵工业, 2011, 37(10): 187-191.
- [18] Lamikanra O, Chen J C, Banks D, et al. Biochemical and microbial changes during the storage of minimally processed

- cantaloupe [J]. Journal Agriculture Food Chemistry, 2000, 48(12): 5955-5961.
- [19] Fan X T, Niemera B A, Mattheis J P, et al. Quality of fresh-cut apple slices as affected by low-dose ionizing radiation and calcium ascorbate treatment [J]. Journal of Food Science, 2005, 70(2): 143-148.
- [20] 冯金霞, 何玲, 蒲雪梅. 银杏叶提取液对鲜切“红富士”苹果品质的影响[J]. 西北农业学报, 2013, 22(6): 92-97.
- [21] 于有伟, 李惠, 邸金花, 等. 壳聚糖植酸天然复合涂膜对鲜切莲藕保鲜效果的研究[J]. 中国食品学报, 2012, 12(3): 131-136.
- [22] 郑仕宏, 周文化, 李忠海, 等. 鲜切砂梨加工技术的研究[J]. 食品与机械, 2006, 22(6): 66-68.
- [23] Bruce R J, West C A. Elicitation of lignin biosynthesis and is operoxidase activity with induced systemic resistance of cucumber to colletotrichum lagenarium [J]. Physiological Molecular Plant Pathology, 1982, 20(8): 73-82.