

不同处理方式对草莓贮藏保鲜的影响

黄玮婷, 刘 静, 吴 洁, 郭清云, 方中明*

(武汉生物工程学院 应用生物技术研究中心, 武汉 430415)

摘 要: 通过研究 45℃ 预热处理和冰浴 2 种物理处理方式, 以及柠檬酸、CaCl₂ 和维生素 C 等复合化学处理方式对草莓贮藏保鲜效果的影响, 探究了不同保鲜处理方式对贮藏 4 d 和 6 d 后草莓的外观、硬度、失重量、可滴定酸、可溶性固形物、SOD 酶活性和维生素 C 含量的影响, 筛选最适的保鲜剂浓度及贮存条件。结果表明, 冰浴处理 30 min 能明显保持草莓外观与硬度, 有效维持草莓可溶性固形物含量。2% 柠檬酸处理 1 min 能显著提高草莓的 SOD 酶活性, 2% 柠檬酸+3% CaCl₂ 处理 1 min 能明显维持草莓保鲜中重量, 2% 柠檬酸+2% 维生素 C 处理 1 min 能显著保持草莓可滴定酸和维生素 C 含量。综合分析表明, 采用 2% 柠檬酸+2% 维生素 C 处理 1 min 能较大幅度的保持采后草莓的外观、硬度、口感及营养品质, 保鲜期达 6 d 以上, 可用于草莓采后保鲜。

关键词: 草莓; 贮藏保鲜; 保鲜剂

中图分类号: S668.409.3

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2017)05-0924-05

Effects of different treatments on biochemical changes and storage quality attributes of strawberry

HUANG Weiting, LIU Jing, WU Jie, GUO Qinyun, FANG Zhongming

(Center of Applied Biotechnology, Wuhan Institute of Bioengineering, Wuhan 430415)

Abstract: In this study, the effects of preheat at 45℃ and ice water soaking, and combined with the treatment of citric acid, calcium chloride and vitamin C on strawberry quality during the postharvest storage were investigated. The appearance, firmness, weight loss, titratable acid, soluble solids, superoxide dismutase (SOD) activity and vitamin C of the strawberry fruit were determined to optimize the ideal treatment condition and chemical concentration. The results showed that ice water soaking for 30 min was beneficial to maintain appearance, firmness, and soluble solids of strawberries. Moreover, 2% citric acid for 1 min exerted a positive effect on SOD activity. The treatment of 2% citric acid+3% CaCl₂ was suitable for preventing weight loss. The treatment of 2% citric acid+2% vitamin C for 1 min had obvious effects on maintaining titratable acid and vitamin C in the strawberry fruit. Based on the results, we concluded that strawberry fruit treated for 1 min with 2% citric acid +2% vitamin C was the best method for keeping the appearance, firmness, feeling taste, and nutrition of strawberries. The storage life can extend up to 6 days. Therefore, this treatment could be used in preservation of postharvest strawberries.

Key words: strawberry; postharvest storage; preservatives

草莓 (*Fragaria ananassa* Duchesne) 属蔷薇科多年生常绿草本植物, 果实鲜艳, 风味独特, 营养丰富, 有“水果皇后”的美誉。草莓属于非呼吸跃变型果实, 成熟度差的果实难以体现品种固有的品质。草莓含水量高达 90%~95%, 组织娇嫩, 易受机械损伤和微生物侵染而腐烂变质, 在常温下 1~2 d 就会

失去商品价值和加工品质^[1]。由于未能较好地解决其贮藏保鲜问题, 因而大多限于本地销售, 而且上市时间集中, 致使大量的草莓腐烂, 造成严重的资源浪费、经济损失和环境污染, 从而极大地影响了草莓种植户的积极性^[2]。因此, 延缓草莓果实采后衰老、延长草莓保鲜时间, 保持其良好的生理品质和营养

收稿日期: 2017-01-17

基金项目: 国家自然科学基金(31301250)和湖北省教育厅科学技术研究项目(B2017287)共同资助。

作者简介: 黄玮婷, 讲师。E-mail: weitingpink@hotmail.com

* 通信作者: 方中明, 副教授。E-mail: zmfang@mail.hzau.edu.cn

价值是草莓生产和销售中亟需解决的难题。

在草莓保鲜研究方面,安磊和刘曼利用壳聚糖、海藻酸钠和魔芋葡甘聚糖对草莓进行保鲜试验,其中壳聚糖保鲜效果最好^[3]。荣瑞芬和于涛用紫外线照射采摘后的草莓,结果表明 75 min 紫外照射效果最好,腐烂率明显降低^[4]。陶永元等表明甘草乙醇提取物等与壳聚糖混合配制的保鲜液对草莓保鲜有明显效果^[5]。余璐璐等利用 20 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 水杨酸处理对草莓保鲜进行研究,结果表明草莓保鲜时间可以延长 6 d 以上^[6]。

对于水果保鲜来说,保鲜剂种类和浓度的使用安全最为重要。虽然国家对保鲜剂使用的剂量、方法、品种和范围有严格的规定,但在实际操作过程中,可能会因为保鲜剂浓度使用不当,对消费者的健康产生损害。例如低浓度水杨酸有利于草莓保鲜,而高浓度水杨酸则易造成食物中毒。所以,探寻安全有效且便于操作的保鲜方式,对草莓的贮藏保鲜来说十分重要。

热处理和冷处理等处理,作为自然安全的物理方式,在保鲜中有一定使用。如钟曼茜等研究表明,50 $^{\circ}\text{C}$ 热处理番木瓜能显著遏制果实软化,抑制可溶性固形物下降,有效减少失重率,增强 SOD 酶活性^[7]。肖立志研究表明,65 $^{\circ}\text{C}$ 热处理结合 1.5% 的双乙酸钠复合保鲜更容易降低鲜切荸荠的失重率和腐烂率,且能有效维持可溶性固形物和维生素 C 的含量^[8]。而在化学类保鲜剂中,柠檬酸类盐由于其可以抑制腐败微生物的繁殖,安全无毒,可用于保鲜中延长保质期^[9]。另外,氯化钙由于其可以保持果实硬度,安全无毒,近年来,在蓝莓^[10]和辣椒^[11]保鲜中使用效果较高。此外,维生素 C 由于其可以抑制细菌生长,且安全无毒害,在保鲜中也有一定应用。如刘锴栋等利用 50 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的维生素 C 对圣女果进行保鲜,结果表明其能够有效地抑制采后圣女果的成熟衰老进程,具有较好地保鲜效果^[12]。

本研究选用上述热处理和冷处理 2 种物理处理方式,及柠檬酸、氯化钙和维生素 C 3 种化学保鲜剂处理方式,筛选出最佳的保鲜处理方式,结果旨在为草莓采后贮藏提供更加安全、适用和有效的保鲜技术。

1 材料与方法

1.1 材料

材料:草莓为法兰地品种,3~4 月份摘于武汉市黄陂区草莓园。选取个体大小均匀的八分熟草莓,带果柄,无病害及机械损伤。

试剂:柠檬酸,氯化钙,维生素 C,草酸,氢氧化钠,2,6-二氯酚靛酚,50 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ (pH7.8) 磷酸缓冲液,50 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ Tris-HCl,10 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ HCl,50 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 邻苯三酚。

器材:恒温水浴锅,紫外分光光度计,GY-1 型手持式硬度计,碱式滴定管,LB32T 型手持折光仪,微量移液器,天平,容量瓶,漏斗,研钵,滤纸,不锈钢刀,三角烧瓶,试管,pH 计。

1.2 方法

将柠檬酸、氯化钙和维生素 C 试剂配制成 2% 柠檬酸与 1% 维生素 C、2% 维生素 C、3% 维生素 C、1% CaCl_2 、2% CaCl_2 和 3% CaCl_2 溶液的组合。30 个草莓为 1 组,以蒸馏水处理的草莓为对照组,将草莓分别置于各处理溶液中浸泡 1 min。浸泡后取出放置阴凉处晾干,用保鲜膜封口,并在保鲜膜上扎 15 个小孔,处理好后置于 20~25 $^{\circ}\text{C}$ 的室内通风阴凉处贮藏。本实试验另设置了 45 $^{\circ}\text{C}$ 预热处理 30 min 和冰浴 30 min 2 组试验。各项生理参数均在处理后 0、4 和 6 d 测定,以第 0 天蒸馏水处理的草莓为对照组。

1.3 草莓果实各项生理参数的测定

草莓果实硬度的测定采用 GY-1 型手持式硬度计,单位为牛(N; $\text{kg}\cdot\text{cm}^{-2}$)。重量采用电子天平称量。草莓可溶性固形物的测定采用 LB32T 型手持折光仪。草莓可滴定酸含量的测定采用酸碱中和滴定法。SOD 酶活性的测定采用试剂盒(WST-1 法)进行。草莓维生素 C 含量测定采用 2,6-二氯酚靛酚法。

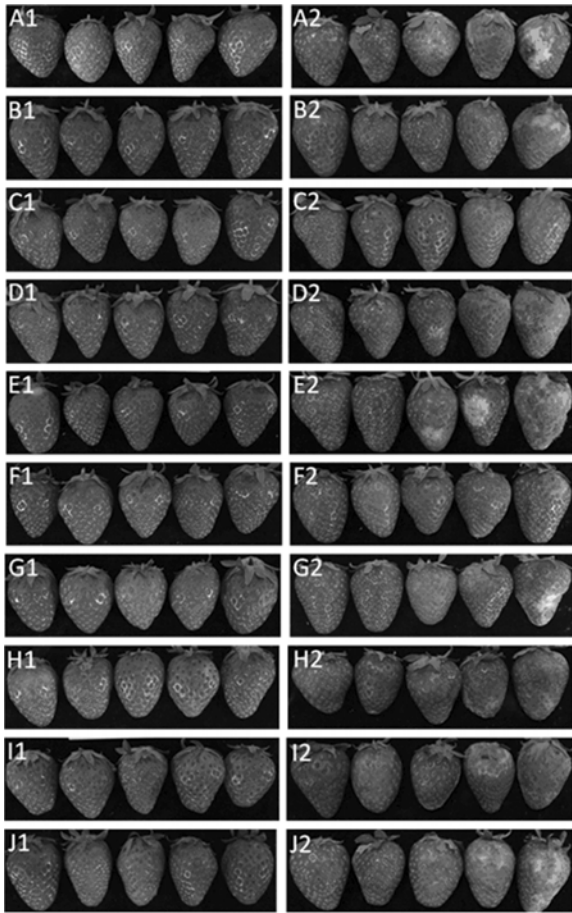
1.4 统计分析

草莓硬度、重量、可滴定酸和可溶性固形物均为草莓未处理前测得的值,再减去各个处理数据统计当天的测得的数值,即为减少量。草莓 SOD 酶活性和维生素 C 含量均为处理当天草莓的物质含量。数据差异性分析采用 SPSS 17.0 对试验数据进行方差分析(ANOVA),并以 Duncan's 进行差异显著性检测,处理统计的当天与蒸馏水对照有显著性差异的用星号(*)表示。

2 结果与分析

2.1 不同处理方式对草莓外观的影响

外观和色泽直接影响草莓货架期。从图 1 可知,经过处理的草莓在第 4 天外观并无太大变化,说明草莓自然状态下放置 4 d 基本不会引起霉变现象。而到第 6 天时,冰浴处理和 2% 柠檬酸+2% 维生素 C 处理的草莓组外观无明显变质,其他各组有发霉现象,其中冰浴处理对保鲜外观效果最好,其次为 2% 柠檬酸+2% 维生素 C 处理。



A1~2. 蒸馏水处理; B1~2. 45 °C 预热处理; C1~2. 冰浴处理; D1~2. 2% 柠檬酸处理; E1~2. 2% 柠檬酸处理+1% 维生素 C 处理; F1~2. 2% 柠檬酸+2% 维生素 C 处理; G1~2. 2% 柠檬酸+3% 维生素 C 处理; H1~2. 2% 柠檬酸+1%CaCl₂ 处理; I1~2. 2% 柠檬酸+2%CaCl₂ 处理; J1~2. 2% 柠檬酸+3%CaCl₂ 处理; A1~J1. 处理 4 d 的草莓外观; A2~J2. 处理 6 d 的草莓外观

A1-2. Distilled water soaking treatment; B1-2. 45 °C preheat water soaking treatment; C1-2. Ice water soaking treatment; D1-2. 2% Citric acid treatment; E1-2. 2% citric acid+1% vitamin C treatment; F1-2. 2% citric acid+2% vitamin C treatment; G1-2. 2% citric acid+3% vitamin C treatment; H1-2. 2% citric acid+1%CaCl₂ treatment; I1-2. 2% citric acid+2%CaCl₂ treatment; J1-2. 2% citric acid+3%CaCl₂ treatment; A1-J1. Appearance of strawberry treated for 4 days; A2-J2. Appearance of strawberry treated for 6 days

图 1 不同处理方式对草莓外观的影响

Figure 1 Effects of different treatments on appearance of strawberry

2.2 不同处理方式对草莓硬度的影响

采摘后的草莓随着果实成熟度的增加以及草莓贮藏时间的延长, 由于组织软化或破坏导致果实硬度下降。因此, 草莓果实硬度是衡量贮藏品质的重要指标之一。如图 2 所示, 与对照相比, 随着贮藏时间的延长, 各组草莓果实硬度均呈下降趋势。第 4 天各组与对照相比较, 预热处理硬度减少量最低,

为 0.41 kg·cm⁻², 其次为 2%柠檬酸+1%维生素 C 处理, 硬度减少量为 0.62 kg·cm⁻²。第 6 天, 2%柠檬酸+1%维生素 C 硬度减少量与对照有显著差异, 硬度减少量为 0.07 kg·cm⁻², 冰浴、热处理、2%柠檬酸与维生素 C 的其他组合、2%柠檬酸+1%的氯化钙处理对草莓硬度的减少也有明显的缓解作用。

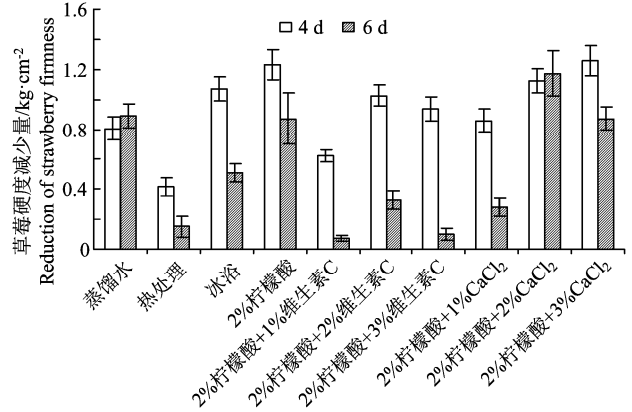


图 2 不同处理方式对草莓硬度的影响

Figure 2 Effects of different treatments on firmness of strawberry

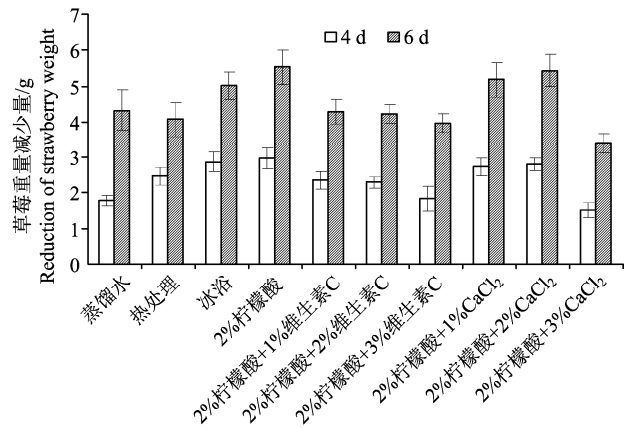


图 3 不同处理方式对草莓重量的影响

Figure 3 Effects of different treatments on weight of strawberry

2.3 不同处理方式对草莓重量的影响

草莓在贮藏过程中会因为蒸腾作用、呼吸作用和微生物的浸染等, 导致质量下降, 其中水分的蒸发是重量减少的主要因素。由图 3 可分析, 不同处理后的草莓在第 4 天和第 6 天时, 2%柠檬酸+3%CaCl₂ 处理的草莓果实重量减少最少, 而单独使用 2%柠檬酸处理的草莓失重最多, 2%柠檬酸+维生素 C 的各个处理重量减少量也较少, 也能控制草莓水分蒸发。

2.4 不同处理方式对草莓可滴定酸含量的影响

可滴定酸度是草莓品质的重要构成性状之一, 是影响果实风味品质的重要因素之一。对于鲜食品种, 要求高糖中酸, 则风味浓, 品质优; 对于加工品种, 则要求高糖高酸。呼吸作用会消耗有机酸,

其他生理过程也会消耗有机酸, 部分有机酸会转化为糖分, 自然状态下, 草莓随着贮藏时间的延长, 酸度随着成熟度与贮藏时间的增加而逐渐下降。由图 4 可知, 贮藏第 4 天和第 6 天时, 热处理、2%柠檬酸+2%维生素 C 2 个处理的草莓酸度减少量低, 均比蒸馏水对照达到了显著差异。但柠檬酸与 CaCl₂ 的各个组合并不能有效保持草莓的酸度。

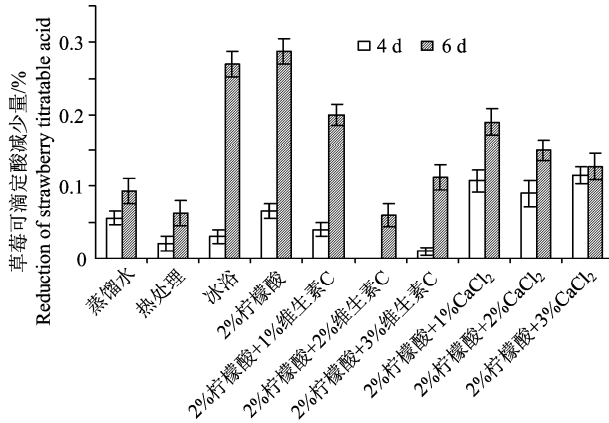


图 4 不同处理方式对草莓可滴定酸含量的影响

Figure 4 Effects of different treatments on titratable acid of strawberry

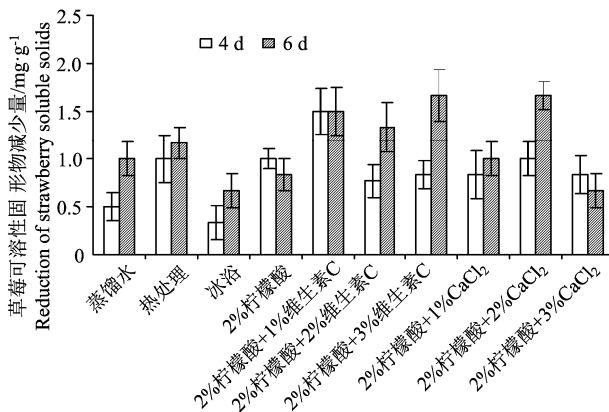


图 5 不同处理方式对草莓可溶性固形物含量的影响

Figure 5 Effects of different treatments on soluble solids of strawberry

2.5 不同处理方式对草莓可溶性固形物含量影响

草莓保鲜过程中, 可溶性固形物是衡量果实口感的主要指标之一, 草莓在自然放置过程中, 可溶性固形物含量会随着贮藏时间的延长而减少。通过比较草莓固形物的减少量(图 5)可知, 处理 4 d 后, 冰浴处理的草莓可溶性固形物减少量明显低于其他处理, 6 d 后, 冰浴处理的草莓可溶性固形物减少量依然最低, 为 0.67 mg·g⁻¹。说明冰浴有利于草莓固形物的保持, 且随着天数的增加, 减少量较少。另外, 在处理第 6 天, 2%的柠檬酸处理和 2%柠檬酸+3%的氯化钙处理也有利于可溶性固形物的维

持, 减少量均较少, 与对照相比达到了显著差异。

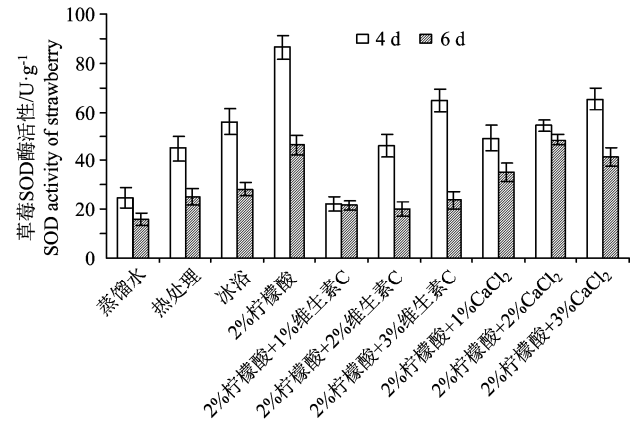


图 6 不同处理方式对草莓 SOD 酶活性的影响

Figure 6 Effects of different treatments on SOD activity of strawberry

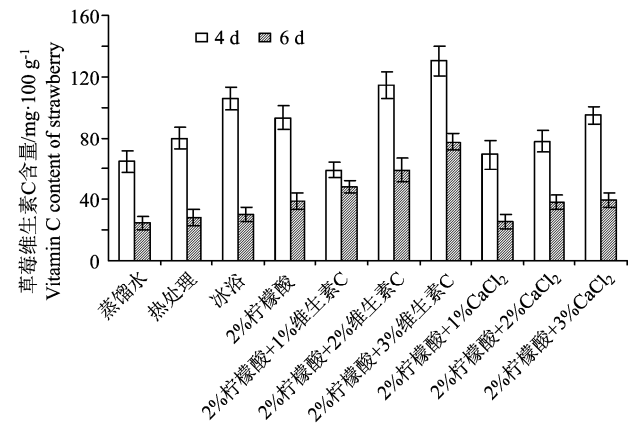


图 7 不同处理方式对草莓维生素 C 含量的影响

Figure 7 Effects of different treatments on vitamin C of strawberry

2.6 不同处理方式对草莓 SOD 酶活性的影响

对果实来说, 较高活性的 SOD 能降低果实贮藏期氧自由基的产生速率, 延缓果实的衰老。由图 6 可知, 多数处理的草莓果实中的 SOD 活性高于对照, 其中单独 2%柠檬酸处理效果最佳, 处理第 4 天和第 6 天的 SOD 活性分别为 86.5 U·g⁻¹、46.6 U·g⁻¹, 与对照相比有显著差异。而在柠檬酸基础上加了维生素 C 的处理, SOD 酶活性比单独 2%柠檬酸处理的低, 但加入氯化钙能够较好的保持 SOD 酶活性。由此可分析, 2%柠檬酸能使草莓保持较高的 SOD 酶活性。

2.7 不同处理方式对草莓维生素 C 含量的影响

维生素 C 含量在贮藏过程中极易流失, 维生素 C 含量是评价草莓营养价值的重要指标之一。草莓果实的维生素 C 含量除了在操作过程中有氧化外, 草莓自身成熟度与贮藏时间对其也有很大影响。由图 7 可知, 2%柠檬酸+3%维生素 C 处理的草莓中维生素 C 最高, 处理第 6 天时高达 77.5 mg·100g⁻¹,

其次为2%柠檬酸+2%维生素C。这可能是由于高浓度的维生素C使其游离的维生素C含量高,渗入草莓的含量大于其消耗的含量。从图中可以看出热处理、冰浴和较高浓度的氯化钙处理4d后对草莓维生素C含量的维持也有一定的效果。

3 讨论与结论

草莓富含各种维生素、矿物质、糖类、氨基酸、柠檬酸以及胡萝卜素,是一种食用较佳的水果^[13]。采摘后的草莓在贮藏期间,随着自身成熟度的增加和贮藏时间的延长,草莓各项指标都有较大变化,营养品质都不能有效维持。本试验通过不同物理温度及适当浓度的柠檬酸、维生素C和CaCl₂3种常用化学保鲜剂对草莓进行处理。其中冰浴处理30min对草莓外观维持较好,这可能是因为冰浴处理可以使果实生理活性降到很低程度,但又能维持正常的新陈代谢,并能有效抑制微生物的生长,有利于果蔬的长期保存^[14]。在本试验中,冰浴30min还能够延缓可溶性固形物含量的减少,这与钟霖霖等所研究的温度对夏秋草莓可溶性固形物含量的影响结果一致^[15]。所以在生产实际中,特别是在草莓运输过程中,可以将采摘后的草莓适当降温,保持草莓外观,减少腐烂率。2%柠檬酸可以有效保持较高的SOD酶活性,这与方中明等利用柠檬酸钠对板栗保鲜进行研究结果一致,其结果表明2%柠檬酸钠处理10min有利于板栗的保鲜^[16]。维生素C处理能有效保证草莓维生素C含量,这可能与处理过程中游离维生素C渗入草莓所致。本研究还发现,45℃预热处理能够维持维生素C含量,原因可能是热水处理使草莓体内维生素C氧化分解的酶类失活,有效增强了草莓的抗氧化机能,并使呼吸作用减弱,延缓其果实衰老进程。有报道表明,45℃热处理可以减缓草莓的呼吸作用^[17],热处理还能够显著延缓青椒^[18]、荸荠^[8]维生素C的氧化分解。而冰浴处理能够保持维生素C含量的原因可能是低温能够抑制酶的活性,抑制呼吸作用,降低维生素C等氧化消耗的速度。刘笑笑等^[19]表明,贮藏材料的维生素C含量对贮藏时间和温度非常敏感,低温4℃可以使黄瓜的维生素C保持率高于室温条件。可滴定酸含量下降可能是因为呼吸作用会消耗有机酸,其他生理过程也会消耗有机酸,部分有机酸会转化为糖分。本试验中,2%柠檬酸+2%维生素C处理效果抑制可滴定酸含量降低的效果明显。同时一定程度上也能抑制霉菌的产生,防止草莓细胞破坏产生

果胶酶和纤维素酶,分解草莓细胞壁,从而保持细胞壁厚度、增加果实的硬度^[20],草莓在各项指标的维持和外观上均较好,可以作为有效的方法应用于草莓保鲜。本试验表明,在草莓贮藏过程中,若需要保证草莓的外观、色泽和口感,则可优先选用冰浴处理方式;若需要综合保证外观及草莓果实的营养价值,则可选用2%柠檬酸+2%维生素C处理,保鲜期达6d以上。

参考文献:

- [1] MOLDAO-MARTINS M, BEIRAO-DA-COSTA S M, BEIRAO-DA-COSTA M L. The effects of edible coatings on postharvest quality of the "Bravo de Esmolfe" apple[J]. *Eur Food Res Technol*, 2003, 217(4): 325-328.
- [2] 常皓, 赵宏强. 草莓保鲜专利技术发展[J]. *安徽农业科学*, 2015, 43(12): 222-224.
- [3] 安磊, 刘曼. 3种多糖对草莓的保鲜作用[J]. *食品科学技术学报*, 2015, 33(3): 64-69.
- [4] 荣瑞芬, 于涛. 短波紫外线辐照对草莓贮藏保鲜效果的影响[J]. *食品科学*, 2003, 24(1): 146-149.
- [5] 陶永元, 王振吉, 舒康云. 三种保鲜液对草莓的保鲜效果[J]. *贵州农业科学*, 2014, 42(3): 133-135.
- [6] 余璐璐, 曹中权, 朱春娇, 等. 不同浓度水杨酸处理对草莓采后保鲜的影响[J]. *植物生理学报*, 2015, 51(11): 2047-2053.
- [7] 钟曼茜, 黄绵佳, 张史青, 等. 热处理和钙处理对番木瓜果实保鲜效果的比较研究[J]. *中国食物与营养*, 2016, 22(6): 55-59.
- [8] 肖立志. 保鲜液结合热处理对鲜切荸荠冷藏品质的影响[J]. *粮食与食品工业*, 2017, 24(1): 44-47.
- [9] 徐培娟, 刘晶晶. 不同防腐剂对橙汁保鲜效果的比较研究[J]. *食品研究与开发*, 2008, 29(12): 118-120.
- [10] 韩斯, 孟宪军, 汪艳群, 等. 氯化钙处理对速冻蓝莓冷藏期品质的影响[J]. *食品科学*, 2014 (22): 310-314.
- [11] 陈娟娟, 陶乐仁, 马国强, 等. 氯化钙和水杨酸处理对辣椒冷藏品质的影响[J]. *食品工业科技*, 2015, 36(4): 292-295.
- [12] 刘楷栋, 敬国兴, 袁长春, 等. 外源抗坏血酸对圣女果采后生理和抗氧化活性的影响[J]. *热带作物学报*, 2012, 33(10): 1851-1855.
- [13] BILCK A P, GROSSMANN M V E, YAMASHITA F. Biodegradable mulch films for strawberry production[J]. *Polym Test*, 2010, 29(4): 471-476.
- [14] 陶谦, 郇延军. 两种葡萄的冰温高湿保鲜[J]. *无锡轻工大学学报(食品与生物技术)*, 1999, 18(4): 6-10.
- [15] 钟霖霖, 乔荣, 王天文. 温度对夏秋草莓可溶性固形物含量的影响[J]. *贵州农业科学*, 2006, 34(增刊): 53-54.
- [16] 方中明, 白根祥, 殷家俊, 等. 3种化学保鲜剂对板栗储藏和营养品质的影响[J]. *广东农业科学*, 2015, 42(10): 89-93.
- [17] 杜正顺, 巩惠芳, 汪良驹, 等. 热水预处理对草莓果实采后生理与品质的影响[J]. *江西农业学报*, 2008, 20(1): 52-55.
- [18] 张会丽. 青椒采后生理及贮藏技术研究[D]. 郑州:河南农业大学, 2008.
- [19] 刘笑笑, 宋志峰, 樊慧梅, 等. 贮藏条件对黄瓜中维生素C含量的影响[J]. *吉林农业科学*, 2014, 39(6): 69-70.
- [20] 张广华, 葛会波, 张进献, 等. 草莓果实软化机理及调控研究进展[J]. *果树学报*, 2001, 18(3): 172-177.