

农产品贮藏加工

壳聚糖结合脱氢乙酸钠涂膜对槟榔品质的影响

潘嘹^{1,2}, 姚小玲¹, 卢立新^{1,2}, 张大海³

(1.江南大学, 无锡 214122; 2.江苏省食品先进制造装备技术重点实验室, 无锡 214122;
3.宿迁利华农业发展有限公司, 宿迁 223833)

摘要: **目的** 以槟榔为实验材料, 基于气调贮藏 (O_2 和 CO_2 的体积分数均为 4%) 技术, 探究壳聚糖结合脱氢乙酸钠涂膜对槟榔的保鲜效果。 **方法** 采用不同质量分数壳聚糖溶液 (0, 0.5%, 1.0%, 1.5%) 结合质量浓度为 50 mg/L 的脱氢乙酸钠对槟榔进行涂膜, 测定其在气调贮藏期间对槟榔感官品质、腐烂率、营养品质的影响。 **结果** 涂膜后的槟榔各项品质显著优于未涂膜槟榔。 **结论** 经壳聚糖 (0.5%) / 脱氢乙酸钠 (50 mg/L) 涂膜后的槟榔在贮藏期 30 d 内能保持良好的品质, 能延缓果皮变黄。

关键词: 壳聚糖; 脱氢乙酸钠; 涂膜; 气调贮藏; 槟榔; 采后品质

中图分类号: TS255 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2019)03-0001-05

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.03.001

Effect of Chitosan and Sodium Dehydroacetate Coating on the Quality of Betel Nuts

PAN Liao^{1,2}, YAO Xiao-ling¹, LU Li-xin^{1,2}, ZHANG Da-hai³

(1.Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 2.Jiangsu Key Laboratory of Advanced Food Manufacturing Equipment and Technology, Wuxi 214122, China; 3.Lihua Agricultural Development Co., Ltd., Suqian 223833, China)

ABSTRACT: The work aims to investigate the fresh-keeping effect of chitosan and sodium dehydroacetate coating on the betel nut based on modified atmosphere storage (the volume fractions of O_2 and CO_2 are 4%), with betel nut as the experimental material. The betel nuts were coated with chitosan solution of different mass fractions (0, 0.5, 1.0, and 1.5) combined with 50 mg/L (mass concentration) sodium dehydroacetate. The sensory quality, rot rate and nutritional quality of betel nuts during the modified atmosphere storage were tested. The quality of coated betel nut was significantly better than that of uncoated betel nut. The betel nut coated with chitosan (0.5%)/sodium dehydroacetate (50 mg/L) can maintain good product quality during the 30 days storage period and delay the yellowing of the peel.

KEY WORDS: chitosan; sodium dehydroacetate; coating; modified atmosphere storage; betel nut; postharvest quality

槟榔是海南的主要经济作物之一,也是广受人们喜欢的水果。鲜槟榔销售具有季节性,采摘后其感官品质变化快,易腐败变质,难以长期贮藏。

鲜槟榔保鲜工艺主要有物理保鲜、化学保鲜以及生物保鲜等,其中物理保鲜是最为简单有效的保鲜方法。物理保鲜可分为低温保鲜和气调保鲜。李洪立^[1]、

张彪^[2]等研究了贮藏温度对槟榔品质的影响,结果表明,槟榔属于四大南药之一,最佳贮藏温度为 13 ℃,贮藏温度过低 (低于 10 ℃) 易对槟榔造成冷害。夏兵^[3]、黄水生^[4]、李瑶瑶^[5]等人研究发现,在 O_2 (体积分数为 2%~5%), CO_2 (体积分数为 20%~30%) 气氛下能够降低槟榔病害,减缓果皮黄化发生,保持较

收稿日期: 2018-11-18

基金项目: 国家科技支撑计划 (2015BAD16B06); 江苏省苏北科技专项资金项目 (BN2015164)

作者简介: 潘嘹 (1986—), 男, 江南大学博士, 主要研究方向为食品与药品包装。

通信作者: 卢立新 (1966—), 男, 博士, 江南大学教授, 主要研究方向为食品与药品包装、包装装备等。

高的硬度和外观。为了提升保鲜效果,除采用物理保鲜外,还需要结合化学保鲜或生物保鲜,从而实现槟榔的综合保鲜。化学保鲜具有延缓果蔬衰老、防腐杀菌等效果。李雯^[6]的研究表明,槟榔经柠檬酸(质量分数为3%)、CaCl₂(质量分数为2%)、施保功(质量分数为0.01%)混合保鲜液浸泡涂膜后,能够有效抑制槟榔的呼吸作用,延缓褐变。SO₂气体熏蒸能显著降低槟榔的腐烂率,同时结合果蜡涂覆工艺,防止SO₂直接接触槟榔,保护其细胞组织^[7]。

化学保鲜剂虽然成本低廉、效果显著,但运用不当易对人体造成危害。生物保鲜剂主要来源于生物体自身或其代谢产物,具有无毒安全的特点。由于生物保鲜剂的安全性和有效性,诸多学者对其展开了研究。在众多生物保鲜剂中,壳聚糖的使用最为广泛。壳聚糖是一种天然碱性多糖,是甲壳素脱去部分乙酰基后的产物。壳聚糖涂布后能够在果蔬表面形成一层生物薄膜,从而减缓果蔬的呼吸速率,达到保鲜的目的。张苏敏^[8]采用血桐提取液、壳聚糖溶液对槟榔进行浸泡处理,结果表明,上述混合保鲜液的使用能够使槟榔的保持期在室温条件下得到延长。此外,壳聚糖涂膜还广泛应用于番木瓜^[9-10]、番石榴^[11]、鲜切苹果^[12]、红心猕猴桃^[13]、番茄^[14]等果蔬产品的保鲜,并获得了良好的效果。壳聚糖能够有效抑制果蔬的呼吸,但其抑菌效果不显著,往往需要和其他抑菌剂结合使用。脱氢乙酸钠^[15]是一种FDA批准使用的高效、广谱的食品防腐添加剂,具有抑菌效果显著、pH范围广等特点。Duan X等^[16]研究发现脱氢乙酸钠可以显著抑制青霉的生长,SD显著降低了柑橘类水果在贮藏期间的质量损失率,但对着色指数、硬度、总可溶性固形物、pH和维生素C含量的影响不大。

文中拟将壳聚糖涂膜与脱氢乙酸钠结合,研究复配保鲜剂与气调贮藏协同保鲜对槟榔品质的影响,为槟榔的长期贮藏建立技术基础。

1 实验

1.1 材料

实验材料:挑选新鲜、大小一致、无病虫害的海南万宁槟榔作为实验材料,采摘当天通过空运冷链运输至实验室;壳聚糖(脱酰度80%~95%),购于国药集团化学试剂有限公司;脱氢乙酸钠(AR),购于国药集团化学试剂有限公司;二氧化氯溶液(50 mg/L),购于潍坊市佰特消毒剂有限公司。

1.2 主要仪器及设备

主要仪器和设备:加热磁力搅拌器,德国IKA, HS-4, 转速范围100~1500 r/min, 加热温度范围50~500℃,控温精度±10℃;气调保鲜箱,广州标际,

GQ-160, 气调范围(O₂体积分数0~100%, CO₂体积分数0~5%),控温范围0~60℃,温度精度±1℃,控湿范围小于95%,相对湿度精度±5%;恒温恒湿箱,台湾KSON, THS-D7C-100AS, 气调范围控温范围203~423 K, 温度精度±0.2 K, 控湿范围10%~98%,湿度精度±2%;顶空分析仪,美国Illinois, 6600, O₂测量范围1%~100%, O₂测量精度±0.2%, CO₂测量范围0.1%~100%, CO₂测量精度±0.2%;色差计,日本KonicaMinolta, CR-400/410, 显示范围0.01%~160%, 测量误差小于0.6;电子天平,瑞士Mettler Toledo, AB204-N, 称量范围0~210 g, 称量精度±0.1 mg。

1.3 方法

1.3.1 涂抹材料制备

1) 分别取5, 10, 15 g壳聚糖溶解的乙酸(质量分数1%)溶液,使壳聚糖的质量分数分别为0.5%, 1.0%, 1.5%。

2) 使用磁力搅拌器加热至50℃,搅拌1 h,使壳聚糖完全溶解。

3) 待溶液冷却后分别加入脱氢乙酸钠,使壳聚糖溶液中脱氢乙酸钠的质量浓度达到0.4 g/L。

1.3.2 保鲜工艺

1) 将挑选剪枝后的槟榔放入二氧化氯溶液中浸泡3 min,用清水洗净后风冷晾干。

2) 将二氧化氯溶液浸泡后的槟榔分组后分别在壳聚糖质量分数为0.5%, 1.0%, 1.5%的壳聚糖/脱氢乙酸钠溶液中充分浸泡,然后取出风冷晾干,完成涂膜。

3) 将壳涂膜后的槟榔使用保鲜袋分装,放入气调保鲜箱内,气氛环境为O₂(体积分数4%), CO₂(体积分数4%), N₂(体积分数92%),温度为13℃,相对湿度为90%。

1.3.3 呼吸速率测定

采用密闭法^[17]测定槟榔呼吸速率。

1) 将10个槟榔放置于密封罐内并密封(槟榔体积约占密封罐容积的12%)。

2) 将密闭容器罐放入恒温恒湿箱,设定贮藏温度为13℃。

3) 每隔10 h使用顶空分析仪测量容器内的O₂和CO₂浓度。

4) 根据O₂浓度的变化来计算果蔬的呼吸速率,呼吸速率计算公式如下:

$$R_{O_2} = \frac{(C_{O_2}^{t_i} - C_{O_2}^{t_f}) \cdot V}{100 \times m \times (t_f - t_i)} \quad (1)$$

式中, t_i 和 t_f 分别为测量起始终止时间(h); $C_{O_2}^{t_i}$,

$C_{O_2}^{t_i}$ 分别表示测试时前一阶段和后一阶段 O_2 的体积分数(%) ; V 为密封容器的自由体积 (mL) ; m 为槟榔质量 (kg)。

1.3.4 表皮色差测定

采用色差计对槟榔表皮进行测试。每个处理组随机取 5 个槟榔,使用色差计于槟榔直径最大处取 3 个点测定 a 值并记录,取平均值对比色差并作图分析。

1.3.5 腐烂率测定

采用腐烂指数^[18]表征腐烂指数程度,见式(2):

$$\text{腐烂指数} = \sum \frac{S \times N_s}{S_{\max} \times N_T} \times 100\% \quad (2)$$

式中: S 为腐烂等级(无腐烂为 0 级,腐烂面积 0~20% 为 1 级,腐烂面积占 20%~40% 为 2 级;腐烂面积 40%~60% 为 3 级,腐烂在 60% 以上为 4 级); N_s 为腐烂等级为 S 的果实数量; $S_{\max}$ 为最高腐烂等级; N_T 为总果实数量。

1.3.6 质量损失测定

采用差重法^[5]进行测定,具体计算见式(3)。

$$w = \frac{m_q - m_h}{m_q} \times 100\% \quad (3)$$

式中: w 为质量损失率(%); m_q 为贮藏前果实质量(g); m_h 为贮藏后果实的质量(g)。

2 结果与分析

2.1 壳聚糖涂膜对槟榔呼吸速率的影响

呼吸速率是表征果蔬采摘后生理活动强度的指标之一。由于文中呼吸速率的测定采用密闭法测试,在贮藏初期,容器内气氛与大气气氛相同,见图 1。随着贮藏时间的推移,容器内部会逐渐形成低 O_2 浓度、高 CO_2 浓度的气氛,从而抑制槟榔的有氧呼吸,

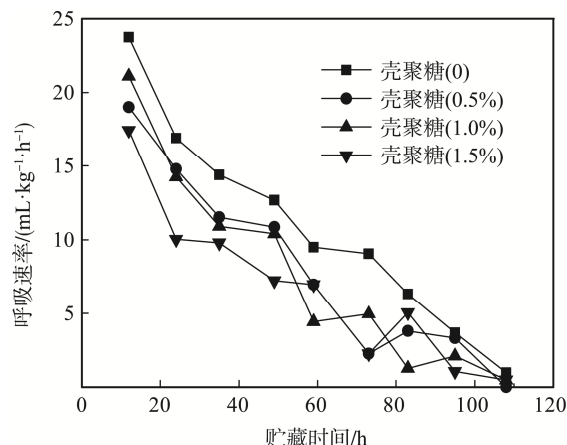


图 1 壳聚糖涂膜对槟榔呼吸速率的影响
Fig.1 Effects of chitosan coating on respiration rate of betel nuts

呼吸速率逐渐降低,最终呼吸速率接近 0,表明氧气完全消耗,无氧呼吸开始占主导地位。试验结果表明,壳聚糖涂膜组槟榔的呼吸速率始终低于无涂膜组,随着壳聚糖涂膜浓度增大,槟榔的呼吸速率逐渐降低。在贮藏后期,涂膜组的呼吸速率出现波动,这可能是由于槟榔的腐败导致涂膜出现缺陷,以及微生物的生理活动引起呼吸速率的变化。

2.2 壳聚糖涂膜对槟榔表皮色差的影响

壳聚糖不仅有抑菌效果,同时还有抗氧化作用,以及护绿保鲜效果。由图 2 所示,随着贮藏时间的增加, Δa 逐渐增加。这表明槟榔果皮逐渐褪绿,表皮绿色素在逐渐降低。贮藏末期,对照组的 Δa 值为 2.17,质量分数为 0.5%, 1.0%, 1.5% 的壳聚糖涂膜组的 Δa 值分别为 1.72, 1.96, 2.89, 其中质量分数为 0.5% 的壳聚糖涂膜组的 Δa 变化最小,具有最佳的护绿效果。质量分数为 0.5% 的壳聚糖涂膜组的 Δa 值先下降为负值,再逐渐增大。这表明,经过质量分数为 0.5% 壳聚糖涂膜后,槟榔会出现先变绿再逐渐变红的现象。实验结果也表明,浓度过高的壳聚糖涂膜不利于槟榔果实绿色的保持。质量分数为 1.5% 壳聚糖涂膜组果实表皮色差甚至大于未涂膜组。这可能是由于壳聚糖膜致密,有害气体难以排出,从而导致槟榔绿色素迅速降低。此外,在贮藏过程中,高浓度的壳聚糖本身颜色也会发生变化,从而影响测试结果。

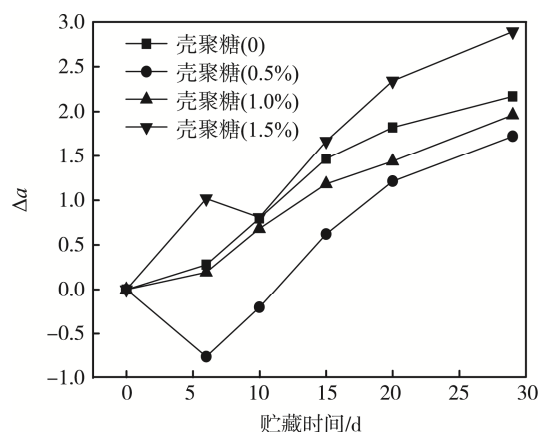


图 2 壳聚糖涂膜对 Δa 值的影响
Fig.2 Effect of chitosan coating on Δa

2.3 壳聚糖涂膜对腐烂率的影响

槟榔在贮藏期间,腐败菌和霉菌会造成槟榔果实发霉变软,使槟榔失去经济价值。实验结果表明,槟榔发霉腐烂首先从果蒂处开始,然后逐渐扩散至其他部位。由图 3 可知,槟榔在贮藏 10 d 后开始出现发霉情况。其中,质量分数为 0.5% 的壳聚糖涂膜组在贮藏末期腐烂率最低,质量分数为 1.0% 和 1.5% 壳聚糖涂膜处理后的槟榔在贮藏前期腐烂率较低,但在贮藏后期显著高于质量分数为 0.5% 的壳聚糖涂膜组和

未涂膜组。这是由于壳聚糖涂膜虽然可以降低有氧呼吸速率,但随着浓度的增加,涂膜的透气性降低,从而促进了厌氧微生物的生长^[19]。

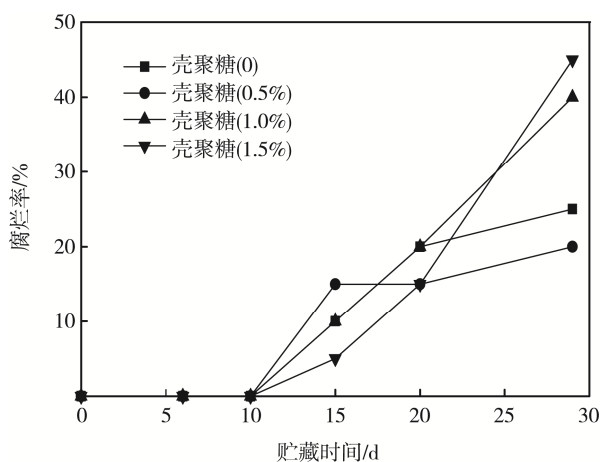


图3 壳聚糖涂膜对腐烂率的影响

Fig.3 Effect of chitosan coating on decay rate

2.4 壳聚糖浓度对槟榔质量损失率的影响

质量损失率能够反映槟榔果实在贮藏过程中水分的流失。如图4所示,壳聚糖涂膜能有效减缓槟榔的质量损失时间,壳聚糖浓度越大,质量损失率越小。在贮藏15 d后,质量分数为1.0%和1.5%的壳聚糖涂膜的槟榔质量损失率变化较快。主要是由于在贮藏后期,这2组槟榔腐败情况较严重,导致壳聚糖膜出现部分脱落。涂膜脱落后,无涂膜保护区域的水分快速流失,导致质量损失率显著增加。此外,失去涂膜保护后,槟榔表面的微生物快速生长,这也会消耗槟榔内的营养成分和水分,导致质量损失。

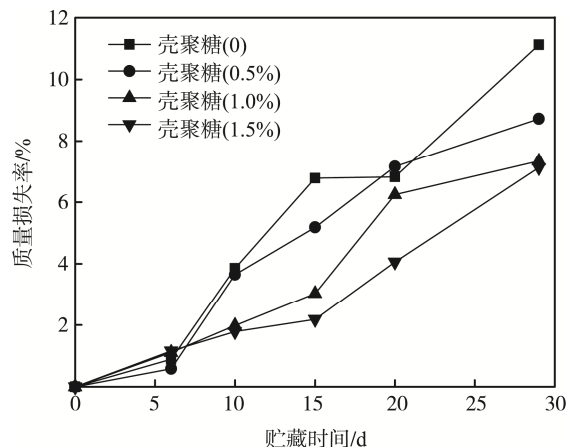


图4 壳聚糖涂膜对槟榔质量损失率的影响

Fig.4 Effect of chitosan coating on weight loss rate of betel nut

3 结语

文中选用质量分数为0.5%,1.0%,1.5%的壳聚糖溶液结合脱氢乙酸钠对槟榔进行涂膜,测量了槟榔

呼吸速率、表皮色差、腐烂率及质量损失率的变化,研究涂膜对槟榔保鲜效果的影响。结果表明,低浓度(0.5%)的壳聚糖结合50 mg/L脱氢乙酸钠涂膜对槟榔具有良好的保鲜效果,能显著抑制槟榔的呼吸速率,减缓表皮变色,降低腐烂率和质量损失。高浓度的壳聚糖脱氢乙酸钠涂膜虽然在贮藏前期能够获得较低的腐烂率和质量损失率,但由于过高浓度的壳聚糖脱氢乙酸钠涂膜会使槟榔表面透气性变差,促使厌氧菌的繁殖,导致在贮藏后期腐烂率和质量损失率会快速增加,缩短了槟榔的货架期。此外,过厚的壳聚糖脱氢乙酸钠涂膜会导致有害气体难以排出,从而影响护绿效果。

参考文献:

- [1] 李洪立. 温度对槟榔保鲜的影响[J]. 安徽农业科学, 2012(36): 17738—17739.
LI Hong-li. Effects of Temperature on Preservation of Areca Catechu[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2012(36): 17738—17739.
- [2] 张彪, 李喜宏, 张文涛, 等. 槟榔不同温度贮藏特性研究[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(2): 206—209.
ZHANG Biao, LI Xi-hong, ZHANG Wen-tao, et al. Storage Characteristics of Betel Nut at Different Temperatures[J]. Food Research and Development, 2017, 38(2): 206—209.
- [3] 夏兵, 吉建邦, 王春生, 等. 槟榔果实采后呼吸机制研究[J]. 食品与机械, 2010, 26(3): 54—56.
XIA Bing, JI Jian-bang, WANG Chun-sheng, et al. Study on Respiration Mechanism of Post-harvest Betel Nut Fruit[J]. Food and Machinery, 2010, 26(3): 54—56.
- [4] 黄水生, 邱泽南, 张昭其, 等. 槟榔果实采后处理技术研究[J]. 广东农业科学, 2012, 39(10): 114—116.
HUANG Shui-sheng, QIU Ze-nan, ZHANG Zhao-qi, et al. Study on Postharvest Managements of Areca Catechu Fruits[J]. Guangdong Agricultural Sciences, 2012, 39(10): 114—116.
- [5] 李瑶瑶, 杨相政, 李善宏. 不同贮藏条件对槟榔品质的影响[J]. 中国果菜, 2014(2): 15—17.
LI Yao-yao, YANG Xiang-zheng, LI Shan-hong. Effects of Different Storage Conditions on Quality of Arecacatechu[J]. China Fruit and Vegetable, 2014(2): 15—17.
- [6] 李雯, 邵远志, 甘晓玲, 等. 槟榔果实贮藏保鲜方法初探[J]. 贵州科学, 2005, 23(Z1): 69—72.
LI Wen, SHAO Yuan-zhi, GAN Xiao-lin, et al. The Preliminary Study on Storage and Fresh-keeping Methods of Arecatechu Fruit[J]. Guizhou Science, 2005, 23(Z1): 69—72.
- [7] 张姣姣, 李喜宏, 郝晓磊, 等. 槟榔果蜡-SO₂ 保鲜技术研究[J]. 食品科技, 2015(11): 356—359.

- ZHANG Jiao-jiao, LI Xi-hong, HAO Xiao-lei, et al. Application of Fruit Wax Coating and SO₂ Fumigation in Preservation of Fresh Betel Nut[J]. Food Science and Technology, 2015(11): 356—359.
- [8] 张苏敏, 史载锋, 何秀花, 等. 壳聚糖和血桐提取液保鲜槟榔效果研究[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(5): 3050—3051.
- ZHANG Su-min, SHI Zai-feng, HE Xiu-hua, et al. Comparison on the Preservation Effect of Chitosan and Macarangahemsleyana Extracts on Betel Nuts[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2011, 39(5): 3050—3051.
- [9] ASGAR A, MAHMUDTENGKUMUDA M, KAMARUZAMAN S, et al. Potential of Chitosan Coating in Delaying the Postharvest Anthracnose (*Colletotrichum Gloeosporioides* Penz) of Eksotika II Papaya[J]. International Journal of Food Science & Technology, 2010, 45(10): 2134—2140.
- [10] ALI A, MUHAMMAD M T M, SIJAM K, et al. Effect of Chitosan Coatings on the Physicochemical Characteristics of Eksotika II Papaya (*Carica Papaya* L) Fruit During Cold Storage[J]. Food Chemistry, 2011, 124(2): 620—626.
- [11] HONG K, XIE J, ZHANG L, et al. Effects of Chitosan Coating on Postharvest Life and Quality of Guava (*PsidiumGuajava* L) Fruit During Cold Storage[J]. Scientia Horticulturae, 2012, 144: 172—178.
- [12] QI H, HU W, JIANG A, et al. Extending Shelf-life of Fresh-cut 'Fuji' Apples with Chitosan-coatings[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2011, 12(1): 62—66.
- [13] KAYA M, ČESONIENĖ L, DAUBARAS R, et al. Chitosan Coating of Red Kiwifruit (*Actinidia Melanandra*) for Extending of the Shelf Life[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2016, 85: 355—360.
- [14] PAGNO C H, CASTAGNA A, TRIVELLINI A, et al. The Nutraceutical Quality of Tomato Fruit During Domestic Storage is Affected by Chitosan Coating[J]. Journal of Food Processing & Preservation, 2017(Part A): e13326.
- [15] 黎婉园, 姚朔影, 夏枫耿, 等. 脱氢醋酸钠及其抗菌性试验[J]. 中国食品添加剂, 2004(2): 41—44.
- LI Wan-yuan, YAO Shuo-ying, XIA Feng-geng, et al. Studied on Antibacterial Properties of Disodium Dehydroacetate[J]. China Food Additives, 2004(2): 41—44.
- [16] DUAN X, TAOAUTHOR N. Control of Postharvest Green and Blue Molds of Citrus Fruit by Application of Sodium Dehydroacetate[J]. Postharvest Biology & Technology, 2016, 113: 17—19.
- [17] 卢立新. 果蔬及其制品包装[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- LU Li-xin. Packaging of Fruit and FruitProduct[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2005.
- [18] 赵宇瑛, 张丽珍, 吕国涛, 等. 丙酮酸乙酯对樱桃采后保鲜效果的影响[J]. 食品工业科技, 2017, 38(20): 297—302.
- ZHAO Yu-ying, ZHANG Li-zhen, LYU Guo-tao, et al. Effect of Ethyl Pyruvate on Postharvest Preservation of Cherry[J]. Science and Technology of Food Industry, 2017, 38(20): 297—302.
- [19] 彭勇, 李云飞. 壳聚糖和海藻酸钠涂膜对鲜切荸荠褐变、腐烂和品质的影响[J]. 食品工业科技, 2013, 34(17): 334—337.
- PENG Yong, LI Yun-fei. Effect of Chitosan and Sodium Alginate Coating on the Browning, Decay and Quality of Fresh-cut Chinese Water Chestnut[J]. Science and Technology of Food Industry, 2013, 34(17): 334—337.