

海藻糖涂膜对鲜切苹果品质的影响

胡云峰¹, 贾冬梅¹, 魏增宇²

(天津科技大学 食品营养与安全省部共建教育部重点实验室, 天津 300457)

摘要: **目的** 为了抑制鲜切苹果发生酶促褐变, 改善其口感, 延长其保质期。 **方法** 以富士苹果为实验材料, 研究质量分数不同 (0%, 0.1%, 0.5%, 1%, 5%) 的海藻糖涂膜剂处理对鲜切苹果的保鲜效果, 并测定褐变指数、Vc 含量、SSC 含量、可滴定酸含量、MDA 含量等指标。 **结果** 采用海藻糖涂膜剂处理鲜切苹果的最佳质量分数为 1%, 可显著提高其品质。经质量分数为 1% 的海藻糖处理鲜切苹果后, 其色泽口感俱佳, 褐变抑制作用较强, 明显降低了褐变指数和 MDA 的增长率, 延缓了 Vc、SSC 和可滴定酸等含量的下降。 **结论** 海藻糖涂膜处理不仅可以抑制鲜切苹果在贮藏期间的褐变进程, 而且还可以赋予其更好的风味, 提高产品的品质, 延长其保质期, 对鲜切果蔬的保鲜研究具有重要意义。

关键词: 鲜切苹果; 褐变; 海藻糖; 涂膜; 保鲜效果

中图分类号: TS255.3 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2020)07-0010-06

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2020.07.002

Effect of Trehalose Coating on Quality of Fresh-cut Apples

HU Yun-feng¹, JIA Dong-mei¹, WEI Zeng-yu²

(Tianjin University of Science & Technology, State Key Laboratory of Food Nutrition and Safety, Tianjin 300457, China)

ABSTRACT: The work aims to inhibit the enzymatic browning, improve the taste and prolong the shelf life of fresh-cut apple. With Fushu apple as the experimental material, the effects of trehalose coating with different mass fractions (0%, 0.1%, 0.5%, 1%, 5%) on the preservation of fresh-cut apples were studied, and a series of indicators such as the browning index, Vc, SSC, titrable acids, MDA content were determined. The results showed that the best mass fraction of trehalose coating on fresh-cut apple was 1%, which could improve the quality of fresh-cut apple significantly. The fresh-cut apple treated with 1% (mass fraction) trehalose had a good color and taste, and the browning inhibition was strong. The browning index and growth rate of MDA were significantly reduced, and the decline of Vc, SSC and titrable acid was delayed. The treatment of trehalose coating can not only inhibit the browning of fresh-cut apples during storage, but also give them a better flavor, improve product quality and prolong shelf life, which is of great significance to the preservation of fresh-cut fruits and vegetables.

KEY WORDS: fresh-cut apples; browning; trehalose; coating; fresh-keeping effect

鲜切苹果也称最少加工苹果、半加工苹果、轻度加工苹果, 因其具有新鲜、即食、方便、营养等特点, 从而深受国内外广大消费者的喜爱。由于鲜切果蔬在加工过程中不可避免地会受到削皮、去核、切块等造

成的机械损伤, 导致产品出现成熟衰老加速、营养成分流失、褐变严重、感官品质下降等现象, 这极大地影响了消费者对其感官参数的评定^[1-2]。在加工过程中, 苹果极易发生酶促褐变, 细胞内的膜易被破坏,

收稿日期: 2019-10-25

基金项目: 天津市林果现代产业技术体系项目 (ITTFPRS2018010)

作者简介: 胡云峰 (1966—), 女, 天津科技大学研究员, 主要研究方向为农产品加工与贮藏。

使得多酚氧化酶（PPO）与酚类底物结合，形成有色的醌类化合物，导致黑色素增加^[3—5]。

解决鲜切果蔬褐变问题的思路之一是在鲜切果蔬表面形成一种保护膜。市面上常用的防止酶促褐变的方法是添加化学护色剂或抗氧化剂，如亚硫酸钠、亚硝酸钠等，但这会在食品安全方面造成一定影响。涂膜可以与食物和环境积极地相互作用，赋予所需的感官和营养特征，从而提高产品的保质期^[6]。刘怡康等^[7]研究了蜂胶涂膜在鲜切苹果上的保鲜效果。范林林等^[8]研究了壳聚糖涂膜对鲜切苹果品质的影响，李芳菲等^[9]在鲜切桃上进行了壳聚糖涂膜处理，表现出很好的保鲜效果。

海藻糖作为一种新型天然糖类，具有成膜性好、渗透性优良和一定的甜度，不会引起美拉德反应，有利于保持食品色泽，因此它不仅可以起到护色保鲜的作用，还可以改善产品口感，可作为防止食品劣化、保持食品新鲜风味、提升食品品质的独特材料，大大显示出作为天然食用甜味糖的功能^[10]。文中将采用不同浓度的海藻糖涂膜液对鲜切苹果进行涂膜处理，并测定相关指标，以研究海藻糖涂膜对鲜切苹果品质的影响。

1 实验

1.1 材料与设备

主要材料：结晶海藻糖，由山东福洋生物科技有限公司提供；新鲜富士苹果，购自天津市金元宝农产品交易市场，选购后立即贮藏于天津科技大学农产品保鲜实验室冷库中备用。

主要试剂：草酸，2，6-二氯酚靛酚，酚酞，邻苯二甲酸氢钾，三氯乙酸，硫代巴比妥酸，均为分析纯，由天津市化学试剂一厂生产。

主要仪器：JJ-1000 精密型电子天平，常熟双杰测试仪器厂；DK-98-1 型电热恒温水浴锅，天津市泰斯特仪器有限公司；WY060T 型手持折光仪，日本爱宕(ATAGO)株式会社；Color Meter ZE2000 色差计，日本电色工业株式会社；TGL-16M 高速台式冷冻离心机，德国 Eppendorf 公司；TU-1810 紫外可见分光光度计，北京普析通用仪器有限责任公司。

1.2 方法

1.2.1 不同浓度海藻糖涂膜剂的制备

在温度 4℃下，按质量分数分别为 0%，0.1%，0.5%，1%，5%的添加量配制海藻糖涂膜液，不断搅拌并溶解。

1.2.2 样品的处理

将新鲜苹果放入 0℃冷库内预冷 1 h，挑选完好、成熟度适中的苹果进行清洗、去皮、切块等处理。切

块后将苹果迅速放入配制好的海藻糖涂膜液中浸渍涂覆，浸渍时间为 5 min，取出后快速沥干，并置于 4℃的恒温环境中，每隔 2 d 测定 1 次指标。

1.2.3 测定指标及方法

1.2.3.1 感官品质评价

由 6 人组成的感官评定小组评测鲜切苹果的保鲜效果，按照外观形状、色泽、口感和风味进行综合评分，各项满分为 10 分，总分 40 分。评分标准见表 1。

表 1 鲜切苹果感官评分标准
Tab.1 Sensory scoring criteria of fresh-cut apples

评价指标	评分		
	1~3	4~6	7~10
外观形状	块形不均匀且皱缩	块形较均匀无皱缩	块形均匀且完整，表面光滑
色泽	褐变严重，光泽差	有轻微褐变，光泽较好	无褐变且光泽鲜亮
口感	质地变软，口感不佳	微脆，口感较好	水分饱满且脆甜，口感极佳
风味	无香味，酸臭味较浓	有轻微酸味	无异味且有苹果甜香味

1.2.3.2 褐变指数的测定

用褐变指数（BI 值）表示鲜切苹果的褐变程度^[11]。使用色差仪测定苹果块的 L, a, b 值，并利用公式计算 BI 值：

$$BI值 = \frac{100 \times (x - 0.31)}{0.172}$$

$$式中：x = \frac{(a^* + 1.75 \times L^*)}{(5.645 \times L^* + a^* - 3.023 \times b^*)}, L^*, a^*, b^*$$

值分别表示苹果块的明亮程度、红绿度和黄蓝度^[12]。

1.2.3.3 Vc 含量的测定

采用 2，6-二氯酚靛酚滴定法^[13]对苹果块的 Vc 含量进行测定，其含量用 mg/kg 表示。

1.2.3.4 可溶性固形物的测定

使用手持折光仪测定苹果块的可溶性固形物（SSC）含量^[14]。

1.2.3.5 可滴定酸含量的测定

采用酸碱滴定法测定可滴定酸的含量。用 0.05 mol/L NaOH 溶液滴定，直至溶液颜色变为粉色，且 30 s 不褪色。记录 NaOH 溶液的用量，重复 3 次实验。再以蒸馏水代替滤液作为空白对照。

1.2.3.6 丙二醛的测定

参照吴松霞等^[15]的方法，采用硫代巴比妥酸法测定丙二醛（MDA）的含量。分别在 532，600，450 nm 波长下测定吸光度值。MDA 浓度（ $\mu\text{mol/L}$ ）的计算：

$$C = 6.45(A_{532} - A_{600}) - 0.56A_{450}$$

1.3 数据分析

采用 Excel 和 Origin 9.0 整理数据, 并作图进行分析。

2 结果与分析

2.1 海藻糖涂膜对鲜切苹果感官品质的影响

鲜切苹果在贮藏期间的感官品质变化见图 1, 评分结果见表 2。由图 1 可以看出, 随着贮藏时间的增加, 鲜切苹果的褐变情况显著加重, 但海藻糖涂膜剂

的添加使鲜切苹果的褐变情况得到了有效抑制。由表 2 的评分结果可知, 经过海藻糖涂膜处理的苹果块均比对照组的保鲜效果好。其中, 质量分数为 1% 的海藻糖涂膜处理对鲜切苹果的褐变抑制能力较强, 且外形均匀、有光泽, 在第 4 天评分仍达到 32 分。经质量分数为 5% 海藻糖涂膜处理的鲜切苹果虽然有轻微褐变, 色泽不够好, 评分较低, 但其酸甜适中、口感俱佳。海藻糖质量分数低于 1% 时对鲜切苹果褐变的抑制情况较差, 最终分数仅在 20~25 分, 未能很好地抑制鲜切苹果的褐变。这说明海藻糖涂膜的最佳使用浓度 (质量分数) 为 1%, 其保鲜效果最好。

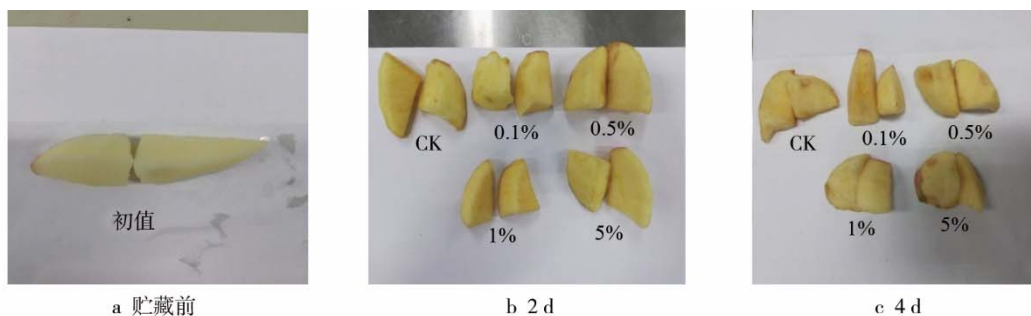


图 1 鲜切苹果在贮藏期间感官品质的变化

Fig.1 Changes in sensory quality of fresh-cut apples during storage

表 2 鲜切苹果的感官评分
Tab.2 Sensory score of fresh-cut apples

贮藏时间/d	海藻糖的质量分数				
	对照	0.1%	0.5%	1%	5%
0	39.5	39.5	39.5	39.5	39.5
2	23	33	36	38.5	38
4	10	20.5	25	32	29

2.2 海藻糖涂膜对鲜切苹果褐变指数的影响

鲜切苹果表面的颜色变化是最能够直观反映鲜切苹果褐变情况的性能指标, 褐变指数能反映鲜切苹果的褐变程度。利用色差计得到鲜切苹果表面的褐变指数变化情况见图 2。从图 2 中可以看出, 褐变指数逐渐升高, 对照组的 BI 值上升幅度大, 由 48.56 最终上升到 86.05; 随着海藻糖涂膜剂浓度的增加, 升高幅度逐渐降低; 在贮藏 4 d 后, 经质量分数为 0.1%, 0.5%, 1% 和 5% 海藻糖涂膜处理后, BI 值的增长率分别为 34.6%, 25.5%, 16%, 16.3%。由此可知, 质量分数为 1% 的海藻糖涂膜处理组抑制作用最强, 海藻糖涂膜可以有效延缓鲜切苹果的表面褐变进程。

2.3 海藻糖涂膜对鲜切苹果 Vc 含量的影响

Vc 含量变化是衡量水果营养价值的一个重要指标。鲜切苹果保鲜的目的不仅是维持产品外观形态的良好, 更应保持产品的营养价值。不同浓度海藻糖处理鲜切苹果, 其 Vc 含量的变化见图 3。随着贮藏时

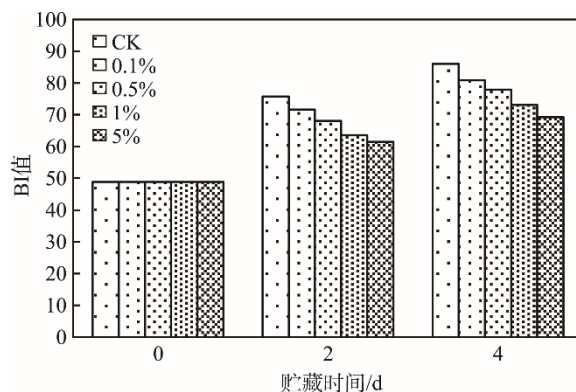


图 2 鲜切苹果在贮藏期间褐变指数的变化

Fig.2 Change in browning index of fresh-cut apples during storage

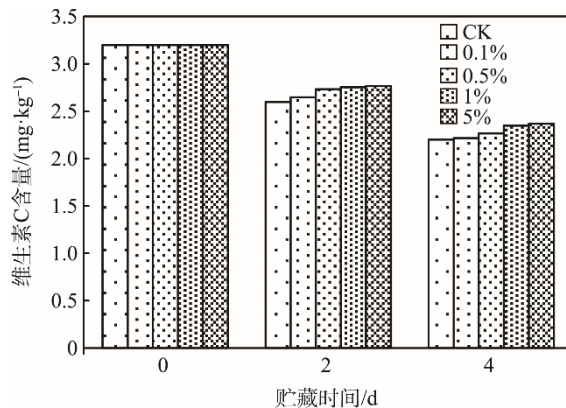


图 3 鲜切苹果在贮藏期间维生素 C 含量的变化

Fig.3 Change in vitamin C content in fresh-cut apples during storage

间的增加, 对照组和各处理组的 Vc 含量均呈现下降趋势, 这可能与酶促分解和物理溶解等有关, 对照组的 Vc 含量下降程度最大, 下降了 31.2%, 鲜切苹果的营养物质流失严重; 经海藻糖涂膜剂处理后, 鲜切苹果 Vc 含量的下降得到较为显著的抑制, 其中用海藻糖涂覆液浓度 (质量分数) 为 1% 处理后的鲜切苹果, 其 Vc 含量显著 ($P < 0.05$) 高于较低浓度处理组, 由 31.96 mg/kg 降低到 23.46 mg/kg, 下降了 26.6%。海藻糖涂覆液浓度 (质量分数) 为 5% 处理组果实的 Vc 含量由 31.96 mg/kg 降到 23.68 mg/kg, 下降了 25.9%。实验结果表明, 海藻糖涂膜处理可延缓 Vc 的下降速度, 减少 Vc 的消耗和营养流失。

2.4 海藻糖涂膜对鲜切苹果 SSC 的影响

鲜切苹果在贮藏期间 SSC 的变化情况见图 4。可溶性固形物 (soluble solid content SSC) 主要包含可溶性糖和一些可溶有机质, 是果实风味的重要因素, 其含量高低能直接反映果实的成熟程度和品质状况。从图 4 可以看出, 随着贮藏时间的增加, 未涂膜鲜切苹果的可溶性固形物含量呈显著下降的趋势, 由 14.8% 下降到 10.6%。涂膜处理组的 SSC 值分别下降到 10.9%, 11.3%, 11.6%, 11.8%, 均高于对照组。经质量分数为 1%、5% 的海藻糖涂膜处理对 SSC 下降的抑制作用强于低浓度处理, 分别使 SSC 减少了 3.2%, 3.0%。由此可见, 质量分数为 5% 的海藻糖处理组能更好地抑制 SSC 的下降。海藻糖的添加抑制了可溶性固形物含量的下降, 且随着海藻糖添加量的升高抑制作用得到加强。这说明海藻糖涂膜对鲜切苹果的品质有明显改善。

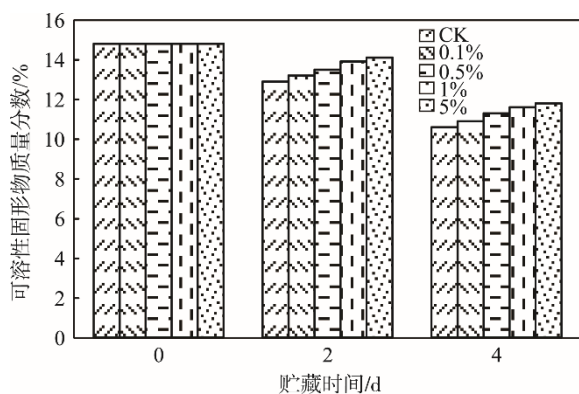


图 4 鲜切苹果在贮藏期间可溶性固形物含量的变化
Fig.4 Changes in soluble solids content of fresh-cut apples during storage

2.5 海藻糖涂膜对鲜切苹果可滴定酸含量的影响

可滴定酸 (TA) 是评价鲜切苹果贮藏品质的关键指标之一, 能直接反映果实的风味和口感, 也可间

接反映果实的呼吸代谢水平。鲜切苹果在贮藏期间可滴定酸含量的变化见图 5, 可知鲜切苹果在贮藏期间的可滴定酸含量呈现逐渐下降的趋势, 损失严重。对照组和各浓度海藻糖处理组的可滴定酸质量分数分别比初始值下降了 65.7%, 57.1%, 51.4%, 43.8%, 34.3%, 添加了海藻糖的鲜切苹果, 其可滴定酸含量的下降得到了显著抑制, 而且质量分数为 5% 的海藻糖处理组下降幅度小于其他处理组。由此可知, 海藻糖涂膜处理能够延缓组织的衰老, 减少鲜切苹果可滴定酸含量的损失, 保鲜效果显著。

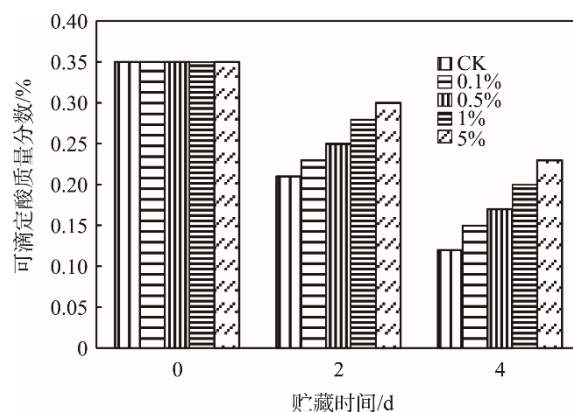


图 5 鲜切苹果在贮藏期间可滴定酸含量的变化
Fig.5 Change in titratable acid content of fresh-cut apples during storage

2.6 海藻糖涂膜对鲜切苹果 MDA 含量的影响

环境胁迫和组织衰老容易导致水果组织中活性氧的产生和清除之间存在不平衡的状态, 从而导致活性氧积累较多, 进而诱发生物体产生大量自由基, 产生膜脂质过氧化和脱脂作用。此过程不仅对生物细胞膜产生极大的损伤, 同时会产生大量膜脂质过氧化产物——丙二醛 (MDA) [16-17]。MDA 含量的变化显示出生物体受到逆境过氧化伤害的程度, 其含量高低反映了组织衰老的程度, 也间接反应膜损伤程度的大小 [18]。在贮藏期间, MDA 含量变化情况见图 6。在贮藏 4 d 后, 对照组的 MDA 含量增加了 0.559 $\mu\text{mol/L}$, 而经海藻糖涂膜处理的 MDA 值分别增加了 0.547, 0.532, 0.479, 0.467 $\mu\text{mol/L}$ 。由此可看出, 海藻糖涂膜抑制了 MDA 含量的增长, 且浓度越大作用越显著。质量分数为 1% 的海藻糖处理组的抑制作用明显大于质量分数为 0.5% 的海藻糖处理组, 其 MDA 增长率减小了 43.4%。由此可见, 海藻糖处理的浓度 (质量分数) 为 1% 时效果最好。海藻糖涂膜减小了膜的损伤程度, 延缓了组织的衰老速度, 对鲜切苹果起到了一定的护色保鲜作用。

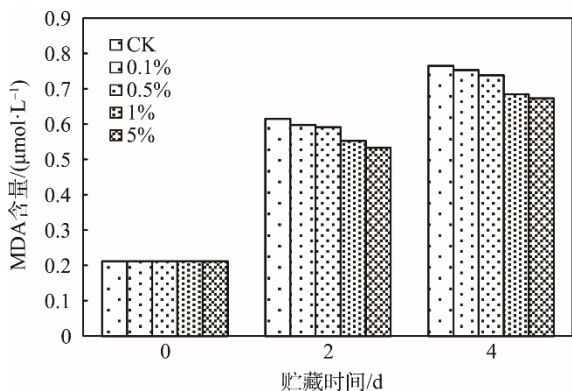


图6 鲜切苹果在贮藏期间MDA含量的变化
Fig.6 Change inMDA content of fresh-cut apples during storage

3 结语

通过研究不同浓度海藻糖涂膜剂对鲜切苹果的保鲜作用,最终得出,采用质量分数为1%的海藻糖处理后的鲜切苹果,相对于对照组和较低浓度处理组,增加了苹果的甜度,使得苹果的品质更佳,口感更好,且减少了Vc和可滴定酸的损失,较好地抑制了MDA的增长。虽然质量分数为5%的海藻糖涂膜处理对Vc和SSC含量的下降抑制作用较强,但其感官品质得分较低,色泽不佳。由此可见,最终选用质量分数为1%为处理鲜切苹果的最佳浓度。这也说明并不是浓度越大,则保鲜效果越好。这可能因为涂膜过厚阻碍了鲜切苹果的呼吸作用,这与范林林的研究结果一致。海藻糖作为一种涂膜保鲜材料,将其应用于鲜切苹果上,不仅可以改善苹果的口感,使之酸甜适口,在赋予一定的风味后又不失其原有的风味,为鲜切果蔬的护色保鲜提供了新思路,且具有重要意义。

参考文献:

- [1] MARTINEZ-HERNANDEZ G B, CASTILLEJO N, ARTES-HERNANDEZ Z F. Effect of Fresh-cut Apples Fortification with Lycopene Microspheres, Revalorized from Tomato By-Products, During Shelf Life[J]. Postharvest Biology & Technology, 2019, 156: 110925.
- [2] 宋欣纯, 管馨馨, 陈晨, 等. 鲜切苹果褐变机理及物理保鲜技术研究进展[J]. 现代园艺, 2019, 375(3): 9—10.
SONG Xin-chun, GUAN Qing-xin, CHEN Chen, et al. Research Progress on Browning Mechanism and Physical Preservation Technology of Fresh-cut Apple[J]. Modern Horticulture, 2019, 375(3): 9—10.
- [3] RASOULI M, SADA M K. Pre-harvest Zinc Spray Impact on Enzymatic Browning and Fruit Flesh Color Changes in Two Apple Cultivars[J]. Scientia Horticulturae, 2018, 240: 318—325.
- [4] LIN Y, LIN H, LIN Y, et al. The Roles of Metabolism of Membrane Lipids and Phenolics in Hydrogen Peroxide-induced Pericarp Browning of Harvested Longan Fruit[J]. Postharvest Biology & Technology, 2016, 111: 53—61.
- [5] LUNADEI L, GALLEGUILLOS P, IGLESIAS B D, et al. A Multispectral Vision System to Evaluate Enzymatic Browning in Fresh-cut Apple Slices[J]. Postharvest Biology & Technology, 2011, 60(3): 225—234.
- [6] AZEVEDO V M, DIAS M V, HELENA D S E H, et al. Effect of Whey Protein Isolate Films Incorporated with Montmorillonite and Citric Acid on the Preservation of Fresh-cut Apples[J]. Food Research International, 2018, 107: 306—313.
- [7] 刘怡康, 杨秦, 郑人伟, 等. 蜂胶涂膜对鲜切苹果的保鲜效果[J]. 食品与机械, 2018, 34(11): 137—140.
LIU Yi-kang, YANG Qin, ZHENG Ren-wei, et al. Preservation Effect of Propolis Coating on Fresh-cut Apples[J]. Food and Machinery, 2018, 34(11): 137—140.
- [8] 范林林, 李萌萌, 冯叙桥, 等. 壳聚糖涂膜对鲜切苹果贮藏品质的影响[J]. 食品科学, 2014, 35(22): 350—355.
FAN Lin-lin, LI Meng-meng, FENG Xu-qiao, et al. Effects of Chitosan Coating on Storage Quality of Fresh-cut Apples [J]. Food Science, 2014, 35(22): 350—355.
- [9] 李芳菲, 马文瑶, 李艳梅, 等. 壳聚糖涂膜处理对鲜切桃的保鲜效果[J]. 海南师范大学学报(自然科学版), 2018(1): 44—49.
LI Fang-fei, MA Wen-yao, LI Yan-mei, et al. Preservation Effect of Chitosan Coating on Fresh Cut Peach[J]. Journal of Hainan Normal University (Natural Science Edition), 2018(1): 44—49.
- [10] 彭亚锋, 周耀斌, 李勤, 等. 海藻糖的特性及其应用[J]. 中国食品添加剂, 2009(1): 65—69.
PENG Ya-feng, ZHOU Yao-bin, LI Qin, et al. Characteristics and Application of Trehalose[J]. China Food Additive, 2009(1): 65—69.
- [11] 张国强, 乔勇进, 王晓, 等. 相对湿度对双孢蘑菇贮藏品质的影响[J]. 食品工业科技, 2019, 40(13): 226—230.
ZHANG Guo-qiang, QIAO Yong-jin, WANG Xiao, et al. Effect of Relative Humidity on Storage Quality of Agaricus Bisporus[J]. Science and Technology of Food Industry, 2019, 40(13): 226—230.
- [12] 林莎莎, 张琦, 于巨, 等. 不同桃品种果皮色差值与色素含量的关系分析[J]. 江西农业学报, 2018, 30(9): 35—38.
LIN Sha-sha, ZHANG Qi, YU Ju, et al. Relationship Between Color Difference and Pigment Content in Fruit Skins of Different Peach Varieties[J]. Journal of Jiangxi Agricultural Sciences, 2018, 30(9): 35—38.

- [13] 林媚, 吴韶辉. 浙江省 12 个柑橘品种果实品质分析与评价[J]. 浙江农业科学, 2019(6): 963—966.
LIN Mei, WU Shao-hui. Analysis and Evaluation of Fruit Quality of 12 Citrus Varieties in Zhejiang Province[J]. Zhejiang Agricultural Science, 2019(6): 963—966.
- [14] 杜美军, 李喜宏, 张博, 等. 鲜切苹果不同温阶货架品质调控规律[J]. 食品研究与开发, 2019(6): 36—41.
DU Mei-jun, LI Xi-hong, ZHANG Bo, et al. Regulation Rules of Shelf Quality of Fresh-cut Apple at Different Temperature Levels[J]. Food Research and Development, 2019(6): 36—41.
- [15] 吴松霞, 郜海燕, 刘瑞玲, 等. 不同浓度苹果多酚处理对鲜切芋艿品质的影响[J]. 食品科学, 2019, 40(13): 245—251.
WU Song-xia, GAO Hai-yan, LIU Rui-ling, et al. Effects of Different Concentrations of Apple Polyphenols Treatment on the Quality of Fresh Taro[J]. Food Science, 2019, 40(13): 245—251.
- [16] 范灵姣. 抗坏血酸对柿果实采后软化的调控作用及其机制研究[D]. 南宁: 广西大学, 2016: 5—7.
FAN Ling-jiao. Regulatory Effect and Mechanism of Ascorbic Acid on Postharvest Softening of Persimmon Fruit[D]. Nanning: Guangxi University, 2016: 5—7.
- [17] 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: 154—155.
CAO Jian-kang, JIANG Wei-bo, ZHAO Yu-mei. Physiological and Biochemical Experiment Guidance of Fruits and Vegetables after Harvest[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2007: 154—155.
- [18] 胡文忠, 姜爱丽, 杨宏, 等. 茉莉酸甲酯对鲜切苹果生理生化变化的影响[J]. 食品工业科技, 2012, 33(16): 338—341.
HU Wen-zhong, JIANG Ai-li, YANG Hong, et al. Effects of Methyl Jasmonate on Physiological and Biochemical Changes of Fresh Cut Apples[J]. Food Industry Science and Technology, 2012, 33(16): 338—341.