

1-MCP对‘塞外红’苹果贮藏品质的影响

贾朝爽¹, 包熬民², 王志华¹, 王文辉¹, 王宝侠², 佟伟¹

(1.中国农业科学院果树研究所, 辽宁 兴城, 125100;

2.通辽市林业科学研究院, 内蒙古 通辽, 028000)

摘要: **目的** 为了研究 1-甲基环丙烯 (1-MCP) 处理对‘塞外红’苹果贮藏品质的影响。**方法** 以‘塞外红’苹果为实验材料, 对其采后的营养指标、质构、穿刺参数等进行测定, 研究室温(20±1)℃条件下 3 种浓度 1-MCP 处理 (0, 0.5 μL/L 和 1.0 μL/L) 对‘塞外红’果实品质的影响, 并对 3 个处理组果实在贮藏 21 天后的营养、质地等指标进行相关性分析。**结果** 与 CK 组相比, 经过 0.5 μL/L 和 1.0 μL/L 的 1-MCP 处理均可以显著抑制贮藏期间果实的软化速率, 且处理效果差异不显著 ($P>0.05$); 随着贮藏时间的增加, 在贮藏 15 d 后, 0.5 μL/L 的 1-MCP 处理组果实的可溶性固形物含量较高; 0.5, 1.0 μL/L 的 1-MCP 处理组果实的可滴定酸含量均显著大于 CK 组 ($P<0.05$), 其中 1.0 μL/L 的 1-MCP 处理组的可滴定酸含量最高 (0.70%); 在贮藏 15 d 后, CK 组与 0.5 μL/L 的 1-MCP 处理组果实维生素 C 含量无显著差异性, 且在贮藏 21 d 期间均大于 1.0 μL/L 的 1-MCP 处理组果实; 经 0.5 和 1.0 μL/L 的 1-MCP 处理可以对果实质构 (粘附性、内聚性、弹性、胶黏性、咀嚼性)、穿刺参数 (穿刺果肉做功、果肉硬度、破裂力、屈服力、屈服功、屈服位移) 等的下降有抑制作用, 且不同处理组之间贮藏品质具有一定的相关性。**结论** 为了使效益最大化, 建议选用 0.5 μL/L 的 1-MCP 来处理果实。

关键词: 塞外红; 1-MCP; 果肉; 贮藏; 品质

中图分类号: TS255.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2019)19-0057-09

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.19.008

Effect of 1-MCP Treatment on Storage Quality of 'Saiwaihong' Apples

JIA Chao-shuang¹, BAO Ao-min², WANG Zhi-hua¹, WANG Wen-hui¹, WANG Bao-xia², TONG Wei¹

(1. Research Institute of Pomology, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Xingcheng 125100, China;

2. Tongliao Forestry Research Institute, Tongliao 028000, China)

ABSTRACT: The work aims to study the effects of 1-Methylcyclopropene (1-MCP) treatment on the storage quality of 'Saiwaihong' apples. With 'Saiwaihong' apple as experimental material, its nutritional indexes, texture and puncture parameters after harvest were determined. The effects of 1-MCP with three concentrations (0, 0.5 μL/L and 1.0 μL/L) on the fruit quality of 'Saiwaihong' were studied at (20±1) °C, and the correlation between nutrition, texture and other indexes of the fruits subject to the three treatment groups after the 21-day storage was analyzed. The results showed that, 1-MCP treatment with concentrations of 0.5 μL/L and 1.0 μL/L could significantly inhibit fruit softening rate compared with CK during storage, and the difference of treatment effect was not significant ($P>0.05$). After 15 days of storage, the soluble solids were higher in the 0.5 μL/L 1-MCP group. The titrable acids of the fruits in the 0.5 and 1.0 μL/L 1-MCP treatment groups

收稿日期: 2019-07-22

基金项目: 中国农业科学院科技创新工程项目 (CAAS-ASTIP-2017-RIP); 内蒙古自治区林业厅科技支撑项目 ([2016]2 号)

作者简介: 贾朝爽 (1990—), 女, 硕士, 主要研究方向为果品采后生理及贮藏保鲜技术。

通信作者: 王志华 (1975—), 女, 副研究员, 主要研究方向为果品采后生理与贮运保鲜技术。

were significantly higher than CK group ($P < 0.05$), with the highest content (0.70%) in the 1.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP treatment group. After storage for 15 days, there was no significant difference in VC content between CK group and 0.5 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP treatment group, and the VC content was greater than 1.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP treatment group during storage for 21 days. Treatment with 0.5 and 1.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP could inhibit the decrease of fruit texture (adhesion, cohesion, elasticity, glue viscosity, chewing) and puncture parameters (puncture flesh work, flesh hardness, rupture force, yield force, yield work, yield displacement), and the storage quality of different treatment groups had a certain correlation. To maximize the benefits, it is recommended to treat the fruits with 0.5 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP.

KEY WORDS: Saiwaihong; 1-MCP; pulp; storage; quality

‘塞外红’苹果别名‘锦绣海棠’,具有色泽艳丽、风味浓郁、产量高和抗逆性强等优良品质,该品种于20世纪70年代原产于通辽市开鲁县北兴村^[1-2],经过林业科研人员多年的不懈努力,‘塞外红’苹果在该市的种植面积已接近5万亩(1亩 \approx 667 m^2),每亩丰产效益达到8000元,促进了通辽地区苹果产业的发展,推动了当地的经济。随着引种栽培地域的扩大,‘塞外红’苹果遍布辽宁、黑龙江、山东、吉林、河南等多个省,具有广阔的发展前景^[3-4]。由于苹果属于呼吸跃变型果实,在贮藏期间质地容易软化,影响了果实的食用价值和贮藏性,因此制约苹果产业发展^[5-7]。

水果保鲜常用气调保鲜、低温保鲜、1-甲基环丙烯(1-Methylcyclopropene, 1-MCP)处理等方法,可以延长果实的贮藏时间。由于气调保鲜成本高,尚未在我国普及^[8]。1-MCP为乙烯受体抑制剂,通过阻断乙烯与受体的结合,进而抑制果实质地变软,延缓果实后熟与衰老,抑制细胞分解,并且安全无毒、简便高效,可以较好地保持果实品质^[9-10],已被广泛应用于香蕉^[11]、梨^[12]、苹果^[13]、李子^[14]等果品采后保鲜领域。先前众多学者已经将1-MCP应用在苹果研究中,贮藏环境大多为低温,未见对‘塞外红’果实的常温贮藏品质进行研究^[15-16]。由此,文中以‘塞外红’苹果为实验材料,贮藏条件为室温(20 ± 1) $^{\circ}\text{C}$,测定果实的色泽、营养等指标,以探讨常温下不同浓度1-MCP对‘塞外红’苹果质地和品质的影响,为1-MCP在‘塞外红’苹果贮藏保鲜中的应用研究提供理论依据和技术支撑,以期筛选出适宜且高效的1-MCP处理技术,进而延缓‘塞外红’苹果贮藏期间品质的下降,并应用于实践中以提升其商品价值。

1 实验

1.1 材料与仪器

主要材料‘塞外红’苹果于2018年9月7日采自内蒙古通辽市一管理水平中上等的果园,采收的果实为九成熟(果面颜色全红),采收后当天用汽车运回中国农业科学院果树研究所(辽宁兴城),挑选大小均匀、果皮颜色基本一致、无磕碰伤、无病虫害的果

实进行处理。

主要仪器:美国FTC质构仪,北京盈盛恒泰科技有限责任公司;PR-101 α 折糖仪,日本ATAGO公司;CR-400色差仪,日本MINOLTA公司;808 Titrando自动电位滴定仪,瑞士Metrohm公司。

1.2 方法

实验共设3个1-MCP处理浓度,分别为0(未采用1-MCP处理,作为对照组,记为CK组)、0.5 $\mu\text{L/L}$ 和1.0 $\mu\text{L/L}$,每个处理组重复3次实验,每次用果量约为50 kg,在常温(20 ± 1) $^{\circ}\text{C}$ 、密闭环境下对3个处理组的果实熏蒸12 h,熏蒸结束后立即将果实放入厚度为0.02 mm聚乙烯(PE)保鲜袋袋口(主要防止果实失水),放置于常温(20 ± 1) $^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度85%~90%的环境条件下贮藏21 d,在贮藏期间每3 d取20个果样测定相关指标,平行测定3次,共计60个果,取其平均值。

1.3 指标测定

1) 果肉质构分析。实验时迅速将果肉置于质构仪平板上,使用食品物性分析仪圆柱形探头(TMS-PRO,直径为75 mm),起始力为2 N,果肉形变量为10%,测试果肉的粘附性、内聚性、弹性、胶黏性、咀嚼性。

2) 果肉硬度穿刺试验。使用圆柱探头(直径6 mm)对苹果果肉进行去皮穿刺试验,穿刺部位选择苹果赤道线相反方向2个部位,重复做3次实验,共60个样品,求其平均值。

3) 硬度(去皮)。采用南非GS-15型水果质地分析仪测定,探头直径为11.3 mm,单位为 kg/cm^2 。

4) 可溶性固形物含量(SSC)。采用日本PR-101 α 型折糖仪测定,随机选取大小均匀的20个果实,去果皮、去核后,使用研磨机将其捣碎成浆并过滤,取滤液置于糖度计中进行读数,重复做3次实验,取其平均值,单位为%。

5) 可滴定酸(TA)含量测定。采用瑞士Metrohm 808 Titrando自动电位滴定仪测定。称取上述过滤后的滤液3 g,用蒸馏水定容至30 mL,使用NaOH标

准滴定溶液(0.09875 mol/L)滴定,待出现滴定终点时停止,记录可滴定酸含量,重复做3次实验,取其平均值,单位为%。

6) 维生素C含量的测定。采用瑞士808 Titrand自动电位滴定仪,称取100 g果肉,加入100 mL草酸进行榨汁,过滤,称取滤液30 g,使用2,6-二氯酚溶液进行滴定,待出现滴定终点时停止,记录维生素C含量,重复做3次实验,取其平均值,单位为mg/100 g。

1.4 数据处理

采用Microsoft Excel 2016软件进行分析,采用SPSS 22.0软件进行差异显著性分析, $P < 0.05$ 表示差异显著,应用Origin 2018软件制图。

2 结果与分析

2.1 1-MCP处理对‘塞外红’苹果质地的影响

2.1.1 1-MCP处理对‘塞外红’苹果果实质地特性的影响

由图1(图中不同英文小写字母表示各处理间差异显著($P < 0.05$),全文同)可知,粘附性是指果粒对舌头、牙齿等接触时具有的粘着性^[17],在贮藏过程中,3组处理组果实在粘附性方面都表现为先升高后下降的趋势,且1.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP处理组果实粘附性显著高于其他2组($P < 0.05$),CK处理组粘附性最

低;内聚性可以保持果实完整^[18],3组处理组果实内聚性变化趋于一致,均随着贮藏时间的延长而降低,且经1-MCP处理的2组果实无显著差异性($P > 0.05$),但均显著大于CK组($P < 0.05$);弹性主要反映组织结构 and 果肉内部分子之间总结合力大小^[19],CK处理组果实弹性在贮藏期间明显下降,显著低于其他处理组($P < 0.05$),0.5 $\mu\text{L/L}$ 和1.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP处理组果实弹性略有下降,但变化不明显;胶黏性与果实的硬度有关,是指将食品咀嚼为吞咽的形态所需要的能量^[20],3组处理组果实胶黏性在贮藏期间均呈现下降趋势,其中CK组胶黏性显著低于其他2组($P < 0.05$),1.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP处理组果实胶黏性最高;咀嚼性为硬度、弹性和内聚性的乘积,指将样品咀嚼成稳定状态下所需能量^[21],3组处理组果实咀嚼性随着贮藏时间的延长,均呈现一定的下降趋势,但CK组下降幅度明显大于其他2组($P < 0.05$)。1-MCP处理组和CK组果肉粘附性、内聚性、弹性、胶黏性、咀嚼性在常温贮藏过程中总体变化趋势趋于一致,说明TPA测试能够较准确地反映粘附性、内聚性、弹性、胶黏性、咀嚼性的变化规律^[22]。

2.1.2 1-MCP处理对‘塞外红’苹果果实穿刺参数的影响

穿刺果肉时所作的功称为穿刺果肉做功^[7]。由图2可知,3个处理组穿刺果肉做功在常温贮藏21 d时均比贮藏前有所降低,CK组果实从215.43 N/mm下降了74.12 N/mm,做功下降34.40%,下降得最多;

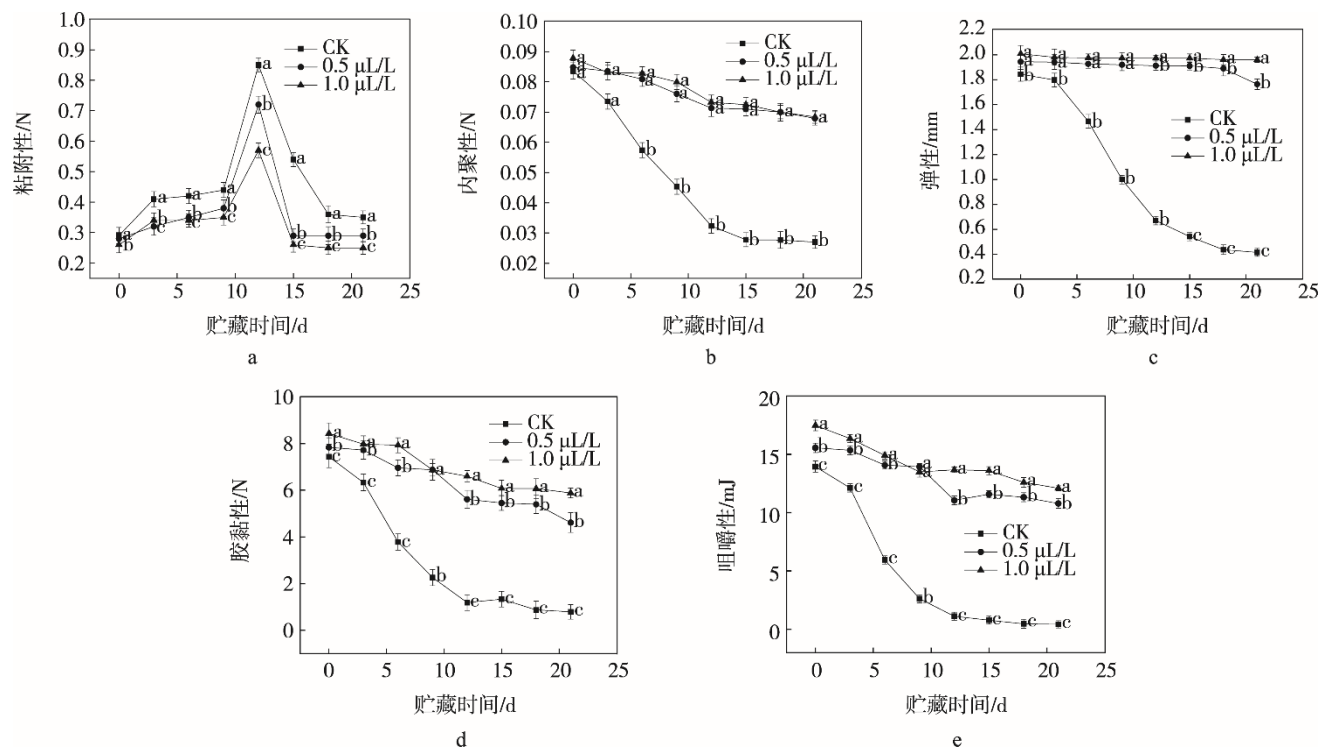


图1 1-MCP处理对‘塞外红’苹果常温贮藏期间果实质地特性的影响

Fig.1 Effect of 1-MCP on fruit texture characteristics of 'Saiwaihong' apples during room temperature storage

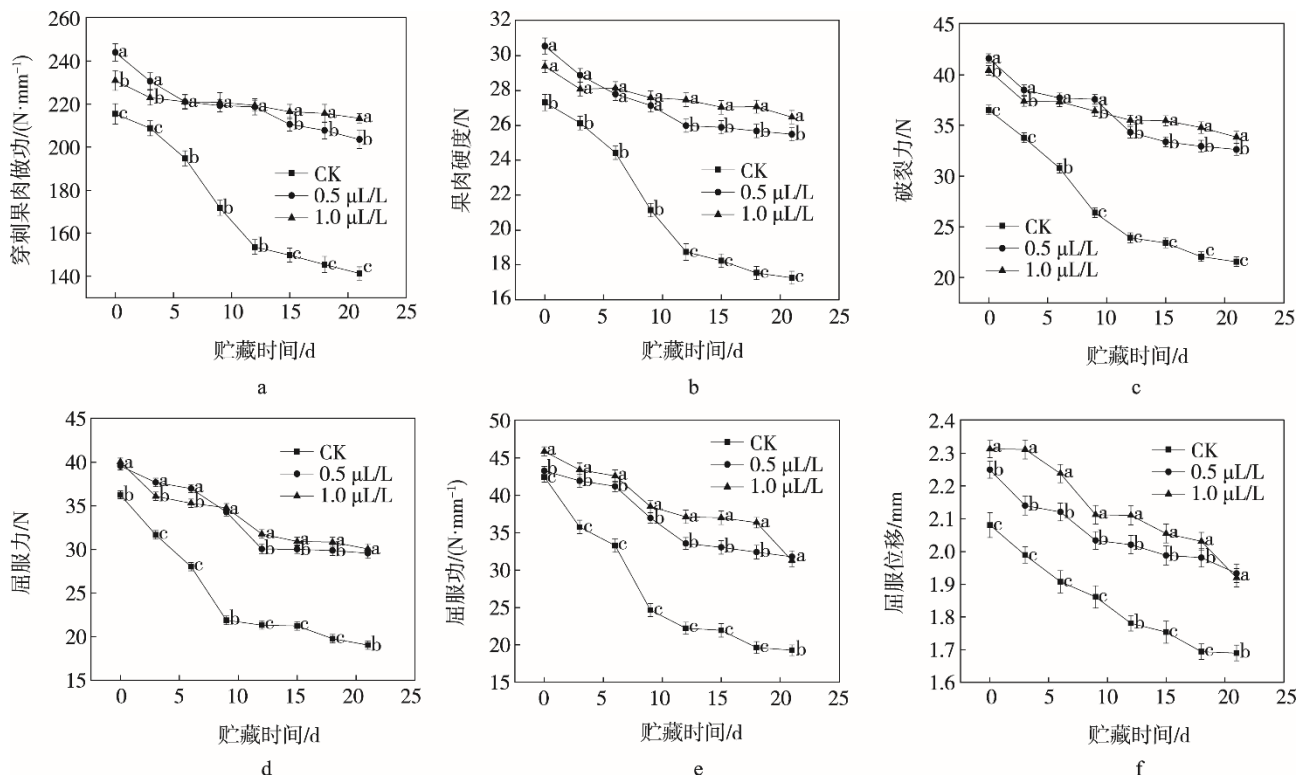


图2 1-MCP处理对‘塞外红’苹果常温贮藏期间果实穿刺参数的影响

Fig.2 Effect of 1-MCP on fruit puncture parameters of 'Saiwaihong' apples during room temperature storage

0.5 μL/L 1-MCP 处理组果实下降了 16.58%，1.0 μL/L 1-MCP 处理组果实做功下降得较少，为 7.61%。果肉硬度指探头刺穿果肉后，进行一定的位移所感受到的平均力^[23]。贮藏前 0.5 μL/L 1-MCP 处理组果肉的硬度最大，CK 处理组的果肉硬度最小。随着贮藏时间的延长，CK 组果肉硬度从 27.32 N 下降到 17.26 N，下降了 36.81%，下降得最多，其次是 0.5 μL/L 1-MCP 处理组果实下降了 16.56%，1.0 μL/L 1-MCP 处理组果实下降得最少，下降了 9.91%。

破裂力是指果肉破裂所需要的应力^[24]。贮藏前 0.5 μL/L 1-MCP 处理组的果实破裂力最大，CK 组最小。CK 组的果实破裂力在贮藏 21 d (21.56) 时比贮藏前 (36.52) 下降了 14.96%，下降幅度最大，0.5 μL/L 1-MCP 处理组果实下降了 8.98%，1.0 μL/L 1-MCP 处理组果实下降得最少，下降了 16.30%。屈服力指果实首次出现破碎时的力，屈服功指挤压破裂或者刺破果肉时所做的功，屈服位移则指挤压或者刺破果实后所进行的距离^[25]。贮藏前 1.0 μL/L 1-MCP 处理组果实的屈服力、屈服功和屈服位移最大，而 CK 组的最小。CK 组果实在常温贮藏 21 d 时比贮藏前的屈服力下降了 47.50%，屈服功下降了 54.58%，屈服位移下降了 18.80%，均下降最多；0.5 μL/L 1-MCP 处理组果实的屈服力下降了 25.28%，屈服功下降了 26.58%，屈服位移下降了 14.07%；1.0 μL/L 1-MCP 处理组果实的屈服力下降了 24.90%，屈服功下降了 31.86%，屈服位移下降了 17.01%。

2.2 1-MCP 处理对‘塞外红’苹果果实品质的影响

2.2.1 1-MCP 处理对‘塞外红’苹果果实硬度的影响

由图 3 可知，室温放置果实 21 d 后，CK 组、0.5 μL/L 1-MCP 处理组、1.0 μL/L 1-MCP 处理组的果实硬度分别下降了 46.22%，6.34%，6.34%，其中 1-MCP 处理组的果实硬度仍处在 9.48~9.61 kg/cm² 范围内，且无显著性差异 ($P>0.05$)，但均显著高于 CK 组 (5.62 kg/cm², $P<0.05$)，足以说明经 1-MCP 处理后的‘塞外红’果实可以保持较好的硬度。这是由于 1-MCP 可以

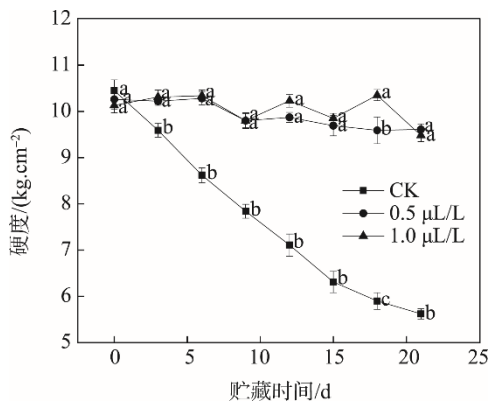


图3 1-MCP处理对‘塞外红’苹果常温贮藏期间果实硬度的影响

Fig.3 Effect of 1-MCP on fruit firmness of 'Saiwaihong' apples during room temperature storage

破坏与果实软化相关酶类(纤维素酶、淀粉酶)的活性,抑制细胞壁物质降解,从而达到延缓果实软化的作用^[26],该试验结果与颜廷才等^[27]对‘寒富’苹果的研究结果相类似。由于 0.5 μL/L 与 1.0 μL/L 1-MCP 处理组效果差异不显著 ($P>0.05$),从经济情况考虑,宜选用 0.5 μL/L 1-MCP 处理来维持果实硬度。

2.2.2 1-MCP 处理对‘塞外红’苹果果实可溶性固形物含量的影响

由图 4 可知,3 组处理组果实的可溶性固形物含量呈现先上升后下降再上升的趋势,前期可溶性固形物的上升可能是由于果实的成熟度不均衡,果实在未完全成熟时被采收^[28],期间出现下降则可能是由于果实进行呼吸作用,细胞内的糖分被氧化分解^[29];后期又出现上升,则可能是由于果实内的淀粉向可溶性糖发生了转化^[30-31]。随着贮藏时间的增加,3 组处理果实的可溶性固形物在贮藏 12 d 之前无显著差异性 ($P>0.05$),在贮藏 12 d 后,1.0 μL/L 1-MCP 处理组果实的可溶性固形物含量最高 (18.79%),显著高于其他处理组 ($P<0.05$),在贮藏 15 d 后,0.5 μL/L 1-MCP 处理组果实的可溶性固形物含量较高,与其他处理组无显著性差异 ($P>0.05$)。

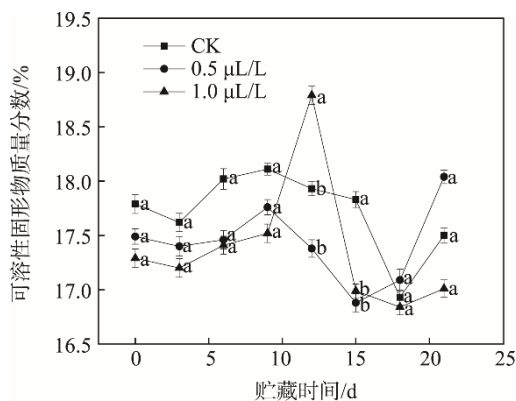


图 4 1-MCP 处理对‘塞外红’苹果常温贮藏期间果实可溶性固形物含量的影响

Fig.4 Effect of 1-MCP on fruit soluble solids content of 'Saiwaihong' apples during room temperature storage

2.2.3 1-MCP 处理对‘塞外红’苹果果实可滴定酸含量的影响

可滴定酸含量是评价苹果品质的重要指标之一,对果实的风味品质也产生重大影响。由图 5 可知,3 组处理组果实的可滴定酸含量变化具有一致性,均呈现先下降后上升再下降趋势。0.5, 1.0 μL/L 1-MCP 处理组果实在贮藏前 6 d 呈下降趋势,随后上升,而 CK 组果实在贮藏前 12 d 呈下降趋势,随后上升。在贮藏 21 d 后,0.5, 1.0 μL/L 1-MCP 处理组果实的可滴定酸含量均显著大于 CK 组 ($P<0.05$),其中 1.0 μL/L 1-MCP 处理组的可滴定酸含量最高 (0.70%),说明 1-MCP 处理能够延缓‘塞外红’果实在常温贮藏期间可

滴定酸含量的降低速率。

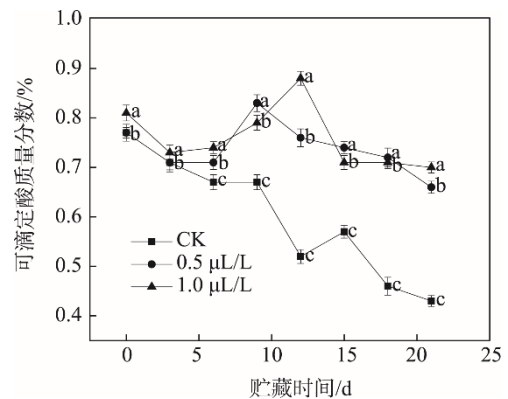


图 5 1-MCP 处理对‘塞外红’苹果常温贮藏期间果实可滴定酸的影响

Fig.5 Effect of 1-MCP on fruit titratable acid content of 'Saiwaihong' apples during room temperature storage

2.2.4 1-MCP 处理对‘塞外红’苹果果实维生素 C 含量的影响

由图 6 可知,3 组处理组‘塞外红’果实 Vc 含量在贮藏 3 d 前呈现上升趋势,随后迅速下降,均在第 3 天达到峰值。在贮藏前期 (6 d 前),CK 组果实 Vc 含量显著高于其他处理组 ($P<0.05$)。在贮藏 6~15 d 时,CK 组果实的 Vc 含量显著低于其他处理组 ($P>0.05$)。在贮藏 15 d 后,CK 组与 0.5 μL/L 1-MCP 处理组果实的 Vc 含量无显著差异性,且在贮藏 21 d 期间均大于 1.0 μL/L 1-MCP 处理组果实,说明 1-MCP 处理对于短期及长期常温贮藏‘塞外红’果实 Vc 含量的作用不明显。

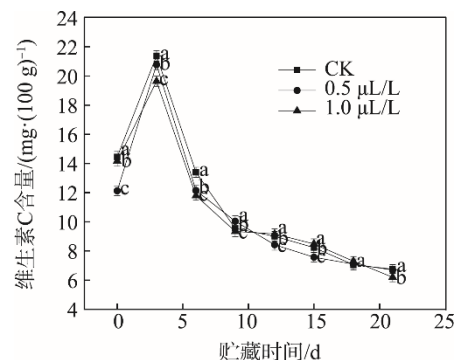


图 6 1-MCP 处理对‘塞外红’苹果常温贮藏期间果实维生素 C 含量的影响

Fig.6 Effect of 1-MCP on fruit vitamin C content of 'Saiwaihong' apples during room temperature storage

2.3 ‘塞外红’苹果质地与各项品质间的相关性分析

3 个处理组果实在贮藏 21 d 后,其各项指标间的相关性见表 1—2。硬度与屈服功互呈极显著正相关,与屈服力和屈服位移互呈显著正相关。可滴定酸含量与内聚性、弹性、咀嚼性、果肉硬度、破裂力互呈显

表1 不同1-MCP处理的‘塞外红’苹果在常温贮藏期间各项品质与基本指标及质构参数的相关性
 Tab.1 Correlation between different basic index and texture parameters of 'Saiwaihong' apples treated with 1-MCP during storage at room temperature

指标	硬度	可溶性固形物	可滴定酸	维生素C	粘附性	内聚性	弹性	胶凝性	咀嚼性
硬度	1	0.057	0.986	-0.553	-0.906	0.991	0.989	0.964	0.991
可溶性固形物	0.057	1	-0.109	0.800	0.371	-0.079	-0.089	-0.212	-0.074
可滴定酸	0.986	-0.109	1	-0.683	-0.964	1.000*	1.000*	0.995	0.999*
维生素C	-0.553	0.800	-0.683	1	0.854	-0.661	-0.668	-0.756	-0.657
粘附性	-0.906	0.371	-0.964	0.854	1	-0.955	-0.958	-0.986	-0.953
内聚性	0.991	-0.079	1.000*	-0.661	-0.955	1	1.000**	0.991	1.000**
弹性	0.989	-0.089	1.000*	-0.668	-0.958	1.000**	1	0.992	1.000**
胶凝性	0.964	-0.212	0.995	-0.756	-0.986	0.991	0.992	1	0.990
咀嚼性	0.991	-0.074	0.999*	-0.657	-0.953	1.000**	1.000**	0.990	1
屈服功	1.000**	0.064	0.985	-0.547	-0.903	0.990	0.988	0.962	0.990
果肉硬度	0.992	-0.069	0.999*	-0.654	-0.952	1.000**	1.000*	0.990	1.000**
破裂力	0.993	-0.062	0.999*	-0.648	-0.950	1.000*	1.000*	0.988	1.000**
屈服力	0.998*	-0.012	0.995	-0.609	-0.933	0.998*	0.997*	0.980	0.998*
屈服位移	1.000*	0.078	0.982	-0.535	-0.897	0.988	0.986	0.958	0.988
穿刺果肉做功	0.988	-0.098	1.000**	-0.675	-0.960	1.000*	1.000**	0.993	0.988

注：“*”表示 $P < 0.05$ ，“**”表示 $P < 0.01$

表2 不同1-MCP处理的‘塞外红’苹果在常温贮藏期间各项品质与穿刺参数的相关性
 Table.2 Correlation between different qualities and puncture parameters of 'Saiwaihong' apples treated with 1-MCP during storage at room temperature

指标	屈服功	果肉硬度	破裂力	屈服力	屈服位移	穿刺果肉做功
硬度	1.000**	0.992	0.993	0.998*	1.000*	0.988
可溶性固形物	0.064	-0.069	-0.062	-0.012	0.078	-0.098
可滴定酸	0.985	0.999*	0.999*	0.995	0.982	1.000**
维生素C	-0.547	-0.654	-0.648	-0.609	-0.535	-0.675
粘附性	-0.903	-0.952	-0.950	-0.933	-0.897	-0.960
内聚性	0.990	1.000**	1.000*	0.998*	0.988	1.000*
弹性	0.988	1.000*	1.000*	0.997*	0.986	1.000**
胶凝性	0.962	0.990	0.988	0.980	0.958	0.993
咀嚼性	0.990	1.000**	1.000**	0.998*	0.988	1.000*
屈服功	1	0.991	0.992	0.997*	1.000**	0.987
果肉硬度	0.991	1	1.000**	0.998*	0.989	1.000*
破裂力	0.992	1.000**	1	0.999*	0.990	0.999*
屈服力	0.997*	0.998*	0.999*	1	0.996	0.996
屈服位移	1.000**	0.989	0.990	0.996	1	0.985
穿刺果肉做功	0.987	1.000*	0.999*	0.996	0.985	1

注：“*”表示 $P < 0.05$ ，“**”表示 $P < 0.01$

著正相关,与穿刺果肉做功互呈极显著正相关。内聚性与破裂力、屈服力、穿刺果肉做功互呈显著正相关,与弹性、咀嚼性、果肉硬度互呈极显著正相关。弹性与果肉硬度、破裂力、屈服力互呈显著正相关,与咀嚼性、穿刺果肉做功呈极显著正相关。咀嚼性与果肉硬度、破裂力互呈极显著正相关,与屈服力呈显著正相关。屈服功与屈服力互呈显著正相关,与屈服位移互呈极显著正相关。果肉硬度与破裂力呈极显著正相关,与屈服力、穿刺果肉做功呈显著正相关。破裂力与屈服力、穿刺果肉做功互呈显著正相关。

3 讨论

近年来,众多学者研究 1-MCP 处理对苹果采后品质生理的影响, Lee 等^[32]以苹果为实验材料,发现 1-MCP 处理可以显著降低果实在贮藏期间的呼吸速率,且对甲醇和酯类代谢也会产生较大影响。Siddiq 等^[33]研究了 1-MCP 处理苹果果实,可以增大苹果的硬度,加大总酸含量。反映苹果果实品质变化的最直接指标为果肉质地变化,颜廷才等^[27]以‘寒富’苹果为实验材料,发现 1-MCP 处理可以维持果实的硬度。文中实验研究结果同样表明,1-MCP 处理能够显著抑制‘塞外红’苹果果实硬度和可滴定酸含量的下降。已有学者证实,1-MCP 处理能够延缓水果的咀嚼性、胶凝性、粘附性、弹性、内聚性等品质的下降^[34—37],也可以延缓果肉硬度、破裂力、屈服力、屈服功、果肉做功等参数的下降^[7]。文中实验结果也表明,1-MCP 处理延缓了果实软化和衰老,很好地维持了果实的品质。硬度可以代表果实的整体品质,通过实验可知,其与屈服功互呈极显著正相关($r=1.000^{**}$),与屈服力和屈服位移互呈显著正相关(r 分别为 0.998*, 1.000*),说明除硬度外,屈服功、屈服力和屈服位移也可以表征果实的品质信息。

文中研究表明,1-MCP 处理可以显著抑制‘塞外红’贮藏期间果实软化,随着 1-MCP 浓度的增加,抑制效果差异不显著($P>0.05$),这与郭丹等^[38]研究 1-MCP 对‘岳帅’苹果的软化效果存在一定差异性。这可能是由于不同苹果品种在不同的生长环境下质地品质也存在差异性。虽然 1-MCP 对果实有良好的保鲜效果,但发挥其最大功效却与诸多因素有关,比如处理时间、浓度、果实品种、成熟度等。除 1-MCP 处理之外,气调贮藏、冷藏、涂膜等技术均可以抑制呼吸强度和细胞壁降解酶活性,从而在一定程度上防止果实的软化^[39—40]。将 1-MCP 处理结合其他贮藏技术将会使 1-MCP 更好地发挥作用,使果品品质更优。刘玲等^[41]研究了 1-MCP 处理结合冰温贮藏‘富士’苹果,可以使果实贮藏后货架期延长,降低果实呼吸强度和乙烯生成速率,较好地保持了果实的品质。后期应着重研究 1-MCP 处理结合其他技术对‘塞外红’果实贮藏

后品质的研究,使果实品质得到更好的维持,增大商品价值。

4 结语

在常温贮藏期间,‘塞外红’苹果各项品质指标均出现下降,文中研究表明 1-MCP 处理可延缓硬度、可滴定酸含量、质构、穿刺参数的下降,对果实的软化起到了明显的抑制作用,其中 0.5 $\mu\text{L/L}$ 和 1.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理均较好地维持了果实的品质,所以选用 0.5 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 来处理果实,从而降低了成本。果实在贮藏 15 d 后,1-MCP 处理对果实的可溶性固形物和维生素 C 含量的影响不明显,还待后续进一步深入研究。

参考文献:

- [1] 王宝侠,包敖民,刘德盛,等.‘塞外红’苹果高接苗木培育技术[J].北方果树,2016(5):36—37.
WANG Bao-xia, BAO Ao-min, LIU De-sheng, et al. Cultivation Techniques of High Grafting Seedlings of 'Saiwaihong' Apple[J]. Northern Fruits, 2016(5): 36—37.
- [2] 王宝侠.优质小苹果——塞外红[J].中国果业信息,2014,31(8):71.
WANG Bao-xia. High Quality Apple-'Saiwaihong'[J]. China Fruit News, 2014, 31(8): 71.
- [3] 王宝侠,董志源,张秀君,等.优质小苹果——‘塞外红’的选育[J].果树学报,2014,31(4):739—741.
WANG Bao-xia, Dong Zhi-yuan, ZHANG Xiu-jun, et al. High Quality Apple-Breeding of 'Saiwaihong'[J]. Journal of Fruit Science, 2014, 31(4): 739—741.
- [4] 王宝侠,叶秀云,宝金山,等.优质小苹果——‘塞外红’选育及配套栽培技术研究[J].中国科技成果,2019,20(9):77—78.
WANG Bao-xia, YE Xiu-yun, BAO Jin-shan, et al. High Quality Apple-Breeding and Cultivation Techniques of 'Saiwaihong'[J]. Scientific and Technological Achievements in China, 2019, 20(9): 77—78.
- [5] WEI J, MA F, SHI S, et al. Changes and Postharvest Regulation of Activity and Gene Expression of Enzymes Related to Cell Wall Degradation in Ripening Apple Fruit[J]. Postharvest Biology & Technology, 2010, 56(2): 147—154.
- [6] HUNJOONG K, MOKIONG K, CHEOL C, et al. Effects of Harvest Maturity on Storability of Refrigerated air-stored 'Fuji' Apples[J]. Journal of the Korean Society for Horticultural Science, 2006, 47: 19—22.
- [7] 杨玲,丛佩华,王强,等.不同苹果品种在贮藏过程中果实质构的变化[J].果树学报,2016,33(11):1439—1446.
YANG Ling, CONG Pei-hua, WANG Qiang, et al. Texture Changes of Different Apple Varieties during Storage[J]. Journal of Fruit Science, 2016, 33(11): 1439—

- 1446.
- [8] 王云香, 张亚楠, 曲桂芹, 等. 1-MCP 处理对苹果采收后常温贮藏品质的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(16): 280—285.
WANG Yun-xiang, ZHANG Ya-nan, QU Gui-qin, et al. Effect of 1-Methylcyclopropene Treatment on Postharvest Quality of Apple Fruit Stored at Ambient Temperature[J]. Food Science, 2016, 37(16): 280—285.
- [9] SISLER E C, SEREK M. Inhibitors of Ethylene Responses in Plants at the Receptor Level: Recent developments[J]. Physiologia Plantarum, 1997, 100(3): 577—582.
- [10] MACHADO F L D C, LIMA, RAFAELA M T, ALVES R E, et al. Influence of Waxing Coupled to 1-Methylcyclopropene on Compositional Changes in Early Harvested 'gold' Pineapple for Export[J]. Acta Scientiarum. Agronomy, 2014, 36(2): 219.
- [11] XU F, LIU Y, XU J, et al. Influence of 1-Methylcyclopropene (1-MCP) Combined with Salicylic Acid (SA) Treatment on The Postharvest Physiology and Quality of Bananas[J]. Journal of Food Process Preservation, 2019, 43: e13880.
- [12] CHEN Y, SUN J, LIN H, et al. Paper Based 1-MCP Treatment Suppresses Cell Wall Metabolism and Delays Softening of Huanghua Pears During Storage[J]. J Sci Food Agric, 2017, 97(8): 2547—2552.
- [13] XU F, LIU S, XIAO Z, et al. Effect of Ultrasonic Treatment Combined with 1-Methylcyclopropene(1-MCP) on Storage Quality and Ethylene Receptors Gene Expression in Harvested Apple Fruit[J]. Journal of Food Biochemistry, 2019, 43(8): e12967.
- [14] XIONG Z, LI H, LIU Z, et al. Effect of 1-MCP on Postharvest Quality of French Prune During Storage at Low Temperature[J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2019, 43(8): e14011.
- [15] CURRY E. Effects of 1-MCP Applied Postharvest on Epicuticular Wax of Apples (*Malus domestica* Borkh.) during Storage[J]. J Sci Food Agric, 2008, 88: 996—1006.
- [16] TARDELLI F, GUIDI L, MASSAI R, et al. Effects of 1-Methylcyclopropene and Post-Controlled Atmosphere Air Storage Treatments on Fresh-Cut Ambrosia Apple Slices[J]. J Sci Food Agric, 2013, 93: 262—270.
- [17] 郝晓玲, 王如福, 孙建斌. 1-甲基环丙烯延缓果实衰老的应用研究进展[J]. 保鲜与加工, 2012, 12(2): 46—50.
HAO Xiao-ling, WANG Ru-fu, SUN Jian-bin. Application Advances of 1-MCP on Delaying Fruit Senescence[J]. Storage and Process, 2012, 12(2): 46—50.
- [18] 任范伟, 朱兰兰, 周德庆. 秋刀鱼肉质感官评价与质构的相关性分析[J]. 南方农业学报, 2016, 47(11): 1932—1938.
REN Fan-wei, ZHU Lan-lan, ZHOU De-qing. Correlation between Meat Quality Sensory Evaluation and Texture of *Cololabis Saira* [J]. Journal of Southern Agriculture, 2016, 47(11): 1932—1938.
- [19] 张姣, 李程, 顾玉红, 等. 质地多面分析(TPA)法评价‘安哥诺’李质地参数的研究[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(20): 4—7.
ZHANG Jiao, LI Cheng, GU Yu-hong, et al. Study on Evaluation of Texture Parameters of 'Angeleno' Plum by Using Texture Profile Analysis[J]. Food Research and Development, 2016, 37(20): 4—7.
- [20] 王煦松, 扈伊雯, 钱方, 等. 鲑鱼鱼糜制品凝胶弹性及品质的研究[J]. 农产品加工(学刊), 2014(15): 18—19.
WANG Xu-song, HU Yi-wen, QIAN Fang, et al. The Gel Elasticity and Quality of Surimi Products from Spanish Mackerel[J]. Academic Periodical of Farm Products Processing, 2014(15): 18—19.
- [21] 赵璐. 低温贮藏下分割牛肉品质分析及蒸制工艺研究[D]. 西安: 陕西师范大学, 2016.
ZHAO Lu. Quality Analysis and Steaming Technology of Cut Beef under Low Temperature Storage[D]. Xian: Shaanxi Normal University, 2016.
- [22] 辛松林, 徐向波, 罗文, 等. 川秋葵超微粉对面团、吐司质构特性及烘焙品质的影响[J]. 食品科技, 2017, 42(4): 152—156.
XIN Song-lin, XU Xiang-bo, LUO Wen, et al. Effects of Sichuan Okra Superfine Powder on Texture Properties and Baking Qualities of Dough and Toast[J]. Food Science and Technology, 2017, 42(4): 152—156.
- [23] 张翔宇. 不同温度条件下 1-甲基环丙烯对葡萄果实质地的影响和作用机理初探[D]. 天津: 天津科技大学, 2017.
ZHANG Xiang-yu. Research of 1-Methylcyclopropene on Grape Texture under Different Temperature[D]. Tianjin: Tianjin University of Science and Technology, 2017.
- [24] 霍宏亮, 曹玉芬, 徐家玉, 等. 秋子梨果胶含量与果肉硬度的相关性研究[J]. 经济林研究, 2018, 36(4): 47—51.
HUO Hong-liang, CAO Yu-fen, XU Jia-yu, et al. Correlation Analysis between Pectin Content and Sarcocarp Hardness of *Pyrus Ussuriensis* Fruits[J]. Non-wood Forest Research, 2018, 36(4): 47—51.
- [25] 吕洋, 王黎明. 蓝莓机械损伤试验的设计与试验研究[J]. 农机化研究, 2018, 40(12): 199—202.
LYU Yang, WANG Li-ming. Design and Experimental Study of Blue Berry Mechanical Damage Test[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2018, 40(12): 199—202.
- [26] 王燕霞, 王晓蔓, 关军锋. 梨果肉质质地性状分析[J]. 中国农业科学, 2014, 47(20): 4056—4066.
WANG Yan-xia, WANG Xiao-man, GUAN Jun-feng. Flesh Texture Characteristic Analysis of Pear[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2014, 47(20): 4056—4066.
- [27] 颜廷才, 李昂, 张鹏, 等. 1-MCP 两次处理对寒富苹

- 果腐烂调控及货架品质的影响[J]. 包装工程, 2019, 40(11): 42—51.
- YAN Ting-cai, LI Ang, ZHANG Peng. Effects of Two Treatments of 1-MCP on Rot Regulation of Hanfu Apple and Shelf Quality[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(11): 42—51.
- [28] 彭勇, 王天博, 班清风, 等. 1-MCP和货架温度对“乔纳金”苹果贮后品质的影响[J]. 保鲜与加工, 2019(3): 15—23.
- PENG Yong, WANG Tian-bo, BAN Qing-feng, et al. Effect of 1-MCP and Shelf Temperature on the Shelf Quality of 'Jonagold' Apple[J]. Storage and Process, 2019(3): 15—23.
- [29] 李莹, 任亚梅, 马学敏, 等. 1-MCP处理结合不同贮藏条件对苹果常温货架品质的影响[J]. 北方园艺, 2014(11): 137—143.
- LI Ying, REN Ya-mei, MA Xue-min, et al. Effects of 1-MCP Treatment With Different Storage Conditions on Quality of Apple during Shelf Life at Room Temperature[J]. Northern Horticulture, 2014(11): 137—143.
- [30] USENIK V, KASTELEC D, VEBERI R, et al. Quality Changes during Ripening of Plums (*Prunus domestica* L)[J]. Food Chemistry, 2008, 111(4): 830—836.
- [31] COSTA R C, DELIMAK M G. Prediction of Parameters(Soluble Solid and pH) in Intact Plum Using NIR Spectroscopy and Wavelength Selection[J]. Journal of the Brazilian Chemical Society, 2013, 24(8): 1351—1356.
- [32] LEE J, RUDELL D R, DAVIES P J, et al. Metabolic Changes in 1-Methylcyclopropene (1-MCP) Treated 'Empire' Apple Fruit during Storage[J]. Metabolomics, 2012, 8(4): 742—753.
- [33] SIDDIQ M, HARTE J B, BEAUDRY R M, et al. Physicochemical Properties of Whole Fruit and Sensory Quality of fresh-cut Apples Pre-treated with 1-Methylcyclopropene (1-MCP)[J]. International Journal of Food Properties, 2014, 17(5): 1081—1092.
- [34] 谢国芳, 吴颖, 王新华, 等. 1-MCP结合CT-2对水晶葡萄低温贮藏品质的影响[J]. 中国南方果树, 2017, 46(4): 112—116.
- XIE Guo-fang, WU Ying, WANG Xin-hua, et al. Effect of 1-MCP and CT-2 on Crystal Grape Storage Quality at Low Temperature[J]. South China Fruits, 2017, 46(4): 112—116.
- [35] 王玉玲, 高继鑫, 张新富, 等. 1-MCP处理对蓝莓冷藏保鲜效果的影响[J]. 食品研究与开发, 2015, 36(10): 132—136.
- WANG Yu-ling, GAO Ji-xin, ZHANG Xin-fu, et al. Effects of 1-Methylcyclopropene Treatment on The Blueberry Fruit Quality during Cold Storage[J]. Food Research and Development, 2015, 36(10): 132—136.
- [36] 郭峰, 王毓宁, 李鹏霞, 等. 1-MCP处理对采后红椒质构性能的影响[J]. 食品科学, 2015, 36(16): 272—277.
- GUO Feng, WANG Yu-ning, LI Peng-xia, et al. Effects of 1-Methylcyclopropene Treatments on Texture Properties of Red Pepper during Post-Harvest Storage[J]. Food Science, 2015, 36(16): 272—277.
- [37] 贾艳萍, 刘畅, 李江阔, 等. 常温不同时期1-MCP处理对富士苹果质地的影响[J]. 食品工业科技, 2014, 35(23): 319—322.
- JIA Yan-ping, LIU Chang, LI Jiang-kuo, et al. Effect of Different Treatment Time of 1-MCP on Texture of Fuji Apple Fruit at Room Temperature[J]. Science and Technology of Food Industry, 2014, 35(23): 319—322.
- [38] 郭丹, 韩英群, 魏鑫, 等. 1-MCP处理对“岳帅”苹果冷藏软化及相关生理指标的影响[J]. 食品科学, 2017, 38(17): 266—272.
- GUO Dan, HAN Ying-qun, WEI Xin, et al. Effect of 1-MCP Treatment on Softening and Related Physiological Indices in 'Yueshuai' Apples during Cold Storage[J]. Food Science, 2017, 38(17): 266—272.
- [39] 宋晓雪, 胡文忠, 毕阳, 等. 鲜切果蔬软化机理及其调控的研究进展[J]. 食品工业科技, 2013(4): 397—400.
- SONG Xiao-xue, HU Wen-zhong, BI Yang, et al. Research Progress in Softening Mechanism and Regulation of Fresh-cut Fruits and Vegetables[J]. Science and Technology of Food Industry, 2013(4): 397—400.
- [40] 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(3): 172—177.
- ZHANG Guang-hua, GE Hui-bo, ZHANG Jin-xian, et al. Advances in Research on Strawberry Fruit Softening Mechanisms and Its Regulation[J]. Journal of Fruit Science, 2001(3): 172—177.
- [41] 刘玲, 林洋, 张鹏, 等. 1-MCP处理结合冰温贮藏对富士苹果生理品质的影响[J]. 食品工业科技, 2012, 33(24): 369—373.
- LIU Lin, LIN Yang, ZHANG Peng, et al. Effect of 1-Methylcyclopropene Combined with Controlled Freezing Point Storage on The Physiology and Quality of Fuji Apple[J]. Science and Technology of Food Industry, 2012, 33(24): 369—373.