

二氧化氯浓度对翠红李贮藏品质的影响

Effect of chlorine dioxide concentration on storage quality of Cuihong plum

赵治兵 刘永玲 李莹 巴良杰 罗冬兰

ZHAO Zhi-bing LIU Yong-ling LI Ying BA Liang-jie LUO Dong-lan

(贵阳学院, 贵州 贵阳 550005)

(Guiyang College, Guiyang, Guizhou 550005, China)

摘要:目的:探究二氧化氯对翠红李保鲜效果,为翠红李采后保鲜技术提供新途径。方法:以翠红李为试验材料,不同浓度二氧化氯(20, 40, 60 mg/L)处理后于(1.0±0.5)℃冷藏。结果:与对照组比较,40 mg/L 二氧化氯处理可显著降低翠红李果实的腐烂率、呼吸强度、多酚氧化酶活性($P<0.05$),可显著抑制翠红李色差 L^* 值、硬度、可溶性固形物含量、可滴定酸含量、维生素 C 含量、过氧化物酶活性、霉菌及酵母菌菌落总数($P<0.05$)。结论:40 mg/L 二氧化氯处理的翠红李的贮藏效果最好,能够明显推迟翠红李的代谢进程,保持较好的贮藏品质。

关键词:翠红李;二氧化氯;贮藏品质

Abstract: Objective: This study aimed to exploring the fresh-keeping effect of chlorine dioxide on Cuihong plum, and then providing a new way for postharvest fresh-keeping technology of Prunus. **Methods:** Cuihong plum fruits were treated with different concentrations of chlorine dioxide (20, 40, 60 mg/L) and then refrigerated at (1.0±0.5)℃. **Results:** Compared with the control group, the group treated with 40 mg/L chlorine dioxide significantly reduced the decay rate, respiratory intensity, polyphenol oxidase activity ($P<0.05$), and inhibited the color difference L^* value, hardness, soluble solids content, titratable acid content, V_C content, peroxidase activity, the total number of mold and yeast colonies of Prunus ($P<0.05$). **Conclusion:** Treatment with 40 mg/L chlorine dioxide has the best storage effect, which can delay the metabolic process of Cuihong plum and maintain good storage quality.

Keywords: Cuihong plum; chlorine dioxide; storage quality

基金项目: 贵阳学院科研资金资助(编号:GYU-KY-(2021)); 贵州省科技计划项目(编号:黔科合成果[2020]1Y043); 贵阳市科技计划项目(编号:筑科合同[2020]37-1号)

作者简介: 赵治兵,男,贵阳学院高级实验师,硕士。

通信作者: 罗冬兰(1991—),女,贵阳学院讲师,硕士。

E-mail: luodonglan1991@163.com

收稿日期: 2021-03-22

翠红李属蔷薇科李属,因富含多种营养物质而深受消费者喜爱^[1]。其采收季节往往为高温多雨的 6、7 月份,采后果实呼吸强度大,乙烯释放速率快,并且果实易受病原菌感染而腐烂变质^[2-3]。

二氧化氯(ClO_2)作为世界卫生组织推荐的 A1 级安全消毒产品^[4],因其具有安全、高效、广谱的杀菌性能已被广泛应用于果蔬保鲜等领域^[5-6]。赵明慧等^[7]研究表明适宜浓度的二氧化氯处理采后苹果,能够更好地维持果实的贮藏品质,并且可以有效清除果实表面的菌落总数;徐呈祥等^[8]研究发现二氧化氯可以保持采后贡柑较好的贮藏品质;蔡琦玮等^[9]报道了二氧化氯可显著延缓低温贮藏期蓝莓好果率的下降,降低果实的呼吸强度。目前,有关二氧化氯在李果实保鲜方面的研究尚未见报道。试验拟以翠红李为试验材料,探讨不同浓度二氧化氯对采后翠红李贮藏品质的影响,旨在为翠红李保鲜技术提供更多的技术参考和理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

翠红李: 贵州省修文县实验基地;
二氧化氯: 食品级,北京华龙星宇科技有限公司;
便携式残氧仪: CheckPoint II 型,丹麦 Dansensor 公司;
色差仪: C-R400 型,日本柯尼卡美能达公司;
质构仪: TA-XT Plus 型,英国 SMS 公司;
紫外分光光度计: UV-2550 型,日本 Shimadzu 公司;
迷你数显折射计: PAL-1 型,日本 ATAGO 公司;
台式高速冷冻离心机: TGL-16A 型,长沙平凡仪器仪表有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 试验处理 选择果皮颜色转为紫红色,果实近圆形的 8~9 成熟、无机械伤、健康的翠红李,分别用质量浓度为 20, 40, 60 mg/L 的二氧化氯进行处理,对照组用相同质量的蒸馏水处理,每个处理浸泡 5 min 后自然晾干,

分别用厚度为 20 μm 的 PE 保鲜袋进行装袋,每袋 3 kg,每个处理平行 3 次,预冷 24 h 后扎袋进行低温贮藏 $[(1.0 \pm 0.5) ^\circ\text{C}]$ 。贮藏期间,每隔 15 d 对各组翠红李鲜果相关指标进行检测分析,共测 60 d。

1.2.2 测定方法

- (1) 腐烂率:采用计数法测定。
- (2) L^* 值:通过色差仪对翠红李 L^* 值进行测定, L^* 值越大,果实亮度越亮^[10]。
- (3) 果皮硬度:通过 P/2 探头的质构仪对翠红李(未削皮)进行测定,穿刺深度 6 mm,测前及测后速度均为 2 mm/s,测中速度 1 mm/s。
- (4) 呼吸强度:参照张鹏等^[11]的方法。
- (5) 可溶性固形物含量:采用迷你数显折射仪测定。
- (6) 可滴定酸含量:按 GB/T 12456—2008 执行。
- (7) 维生素 C 含量:依据钼蓝比色法^[12]。
- (8) 多酚氧化酶(PPO)和过氧化物酶(POD)含量:参照曹建康等^[12]的方法。
- (9) 霉菌及酵母菌菌落总数:参照 Lacombe 等^[13]的方法。

1.3 数据处理

采用 OriginPro 2018 软件进行统计分析,采用 SPSS 22.0 软件进行差异显著分析($P < 0.05$ 为差异显著)。

2 结果与分析

2.1 腐烂率的变化

由图 1 可知,贮藏期间,不同处理组的翠红李腐烂率呈上升趋势。贮藏第 15 天,对照组的腐烂率开始快速上升,而不同浓度二氧化氯处理组的变化均缓慢。贮藏第 45 天,果实腐烂率大小为对照组 $> 20 \text{ mg/L}$ 处理组 $> 60 \text{ mg/L}$ 处理组 $> 40 \text{ mg/L}$ 处理组。贮藏第 60 天,20,40,60 mg/L 处理组和对照组的翠红李腐烂率分别为 18.75%,14.65%,20.56%,27.65%,且对照组与其他处理组有显著差异($P < 0.05$),而 40 mg/L 处理组与其他组也有显著差异($P < 0.05$)。因此,二氧化氯处理组能够降低

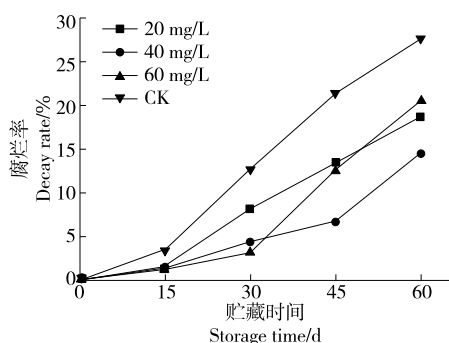


图 1 翠红李贮藏期腐烂率的变化

Figure 1 Changes of decay incidence of Cuihong plum during storage

翠红李贮藏期腐烂率的上升,与巴良杰等^[14]的结论一致。这主要是由于二氧化氯处理降低了果实表面的菌落总数,提高了果实的抗病性,从而推迟翠红李的衰老进程,降低果实腐烂率^[14]。60 mg/L 处理组的贮藏效果不如 40 mg/L 的,可能是由于高浓度的二氧化氯加快了果实膜酯化衰老,在贮藏后期加快了果实腐烂,与田红炎等^[15]的结果一致。综合比较,40 mg/L 二氧化氯对果实腐烂率的降低效果最好。

2.2 L^* 值的变化

由图 2 可知,贮藏期间,翠红李果实 L^* 值呈下降趋势。贮藏 0~30 d,不同处理组的果实 L^* 值无显著差异,贮藏第 45 天,40 mg/L 处理组的 L^* 值显著高于对照组($P < 0.05$),但与 20,60 mg/L 处理组均无显著差异。贮藏第 60 天,20,40,60 mg/L 处理组的果实 L^* 值分别比对照组高 5.57%,14.46%,8.61%。因此,二氧化氯处理可以降低果实 L^* 值的下降,延缓果实表面颜色变暗,其中 40 mg/L 处理组的效果最好,可能是由于适宜的二氧化氯浓度可以抑制果实的氧化衰老^[16]。60 mg/L 处理组在贮藏 0~30 d 内果实 L^* 值与 40 mg/L 处理组的无显著差异,而贮藏后期 L^* 值下降较快,可能是高浓度的二氧化氯加快了果实衰老,与腐烂率结果一致,其相关机理还需进一步研究。

2.3 硬度的变化

由图 3 可知,贮藏 0~15 d,不同处理组的果实硬度无显著差异($P > 0.05$)。从贮藏第 15 天开始,40 mg/L 处理组果实硬度下降得缓慢,而其他处理组的果实硬度下降得较快。贮藏第 45 天,不同处理组果实硬度大小为 40 mg/L 处理组 $> 60 \text{ mg/L}$ 处理组 $> 20 \text{ mg/L}$ 处理组 $>$ 对照组。贮藏第 60 天,20,40,60 mg/L 处理组和对照组的果实硬度分别为 6.53,7.56,7.02,5.43 kg/cm^2 ,其中处理组的果实硬度均显著高于对照组($P < 0.05$),说明二氧化氯处理能够保持翠红李果实的硬度。这可能是由于二氧化氯处理可以降低果实的果胶酶活性,从而推迟翠

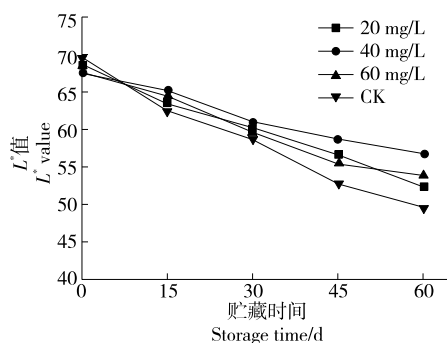


图 2 翠红李贮藏期 L^* 值的变化

Figure 2 Changes of L^* value of Cuihong plum during storage

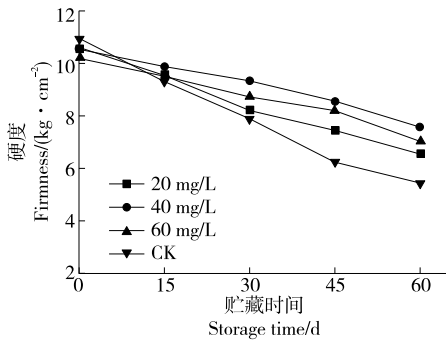


图3 翠红李贮藏期硬度的变化

Figure 3 Changes of firmness of Cuihong plum during storage

红李的软化速度^[17]。

2.4 呼吸强度的变化

由图4可知,贮藏期间,翠红李的呼吸强度呈先上升后下降的趋势,且贮藏0~60 d,对照组的果实呼吸强度一直高于其他处理组,说明二氧化氯处理能够降低果实呼吸强度,与王亚萍等^[16]的结论一致。这可能是由于二氧化氯诱导参与呼吸作用相关酶产生了抗逆作用,降低了果实呼吸强度,从而维持果实较低的代谢活动。贮藏第30天,呼吸强度达到峰值,此时,不同处理组果实呼吸强度的大小为对照组>60 mg/L处理组>20 mg/L处理组>40 mg/L处理组。贮藏第60天,40 mg/L处理组的果实呼吸强度显著低于其他处理组($P<0.05$)。因此,综合比较,40 mg/L二氧化氯处理对贮藏期翠红李呼吸强度上升的抑制效果更好。

2.5 可溶性固形物含量、可滴定酸含量和维生素C含量的变化

由图5可知,贮藏0~15 d,对照组果实可溶性固形物含量和可滴定酸含量开始下降,而20,40 mg/L处理组的上升。贮藏第30天,不同处理组果实可溶性固形物含量大小为40 mg/L处理组>20 mg/L处理组>60 mg/L处理组>对照组,此时果实可滴定酸含量和可溶性固形物含量的变化趋势一致。贮藏第60天,20,40,60 mg/L

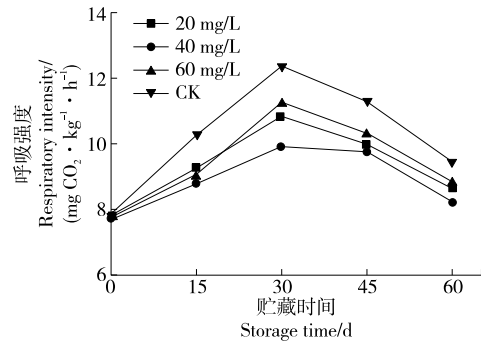


图4 翠红李贮藏期呼吸强度的变化

Figure 4 Changes of respiratory intensity of Cuihong plum during storage

处理组和对照组的果实可溶性固形物含量分别为11.80%,12.20%,11.90%,11.70%,而20,40,60 mg/L处理组和对照组的果实可滴定酸含量分别为0.82%,0.86%,0.76%,0.68%。此时,40 mg/L处理组的果实可溶性固形物含量均显著高于其他处理组($P<0.05$),对照组的果实可滴定酸含量均显著低于其他处理组($P<0.05$)。贮藏期间,翠红李维生素C含量呈先上升后下降趋势。贮藏第15天,不同处理组的维生素C含量均达到高峰,且不同处理组间无显著差异。贮藏45~60 d,不同处理组果实维生素C含量大小为40 mg/L处理组>20 mg/L处理组>60 mg/L处理组>对照组。贮藏第60天,对照组的维生素C含量均显著低于其他处理组($P<0.05$)。经40 mg/L二氧化氯处理的可溶性固形物含量、可滴定酸含量和维生素C含量在贮藏初期均呈上升趋势,可能是由翠红李后熟导致的,随后果实由于其生理代谢,营养物质逐渐减少,而二氧化氯处理抑制了果实营养成分的分解,保持了果蔬采后营养价值。综合比较,二氧化氯处理组能够较好地保持翠红李贮藏期间可溶性固形物含量、可滴定酸含量和维生素C含量,且40 mg/L二氧化氯处理的效果更好。

2.6 PPO和POD的变化

由图6可知,贮藏初期,二氧化氯处理的果实PPO含

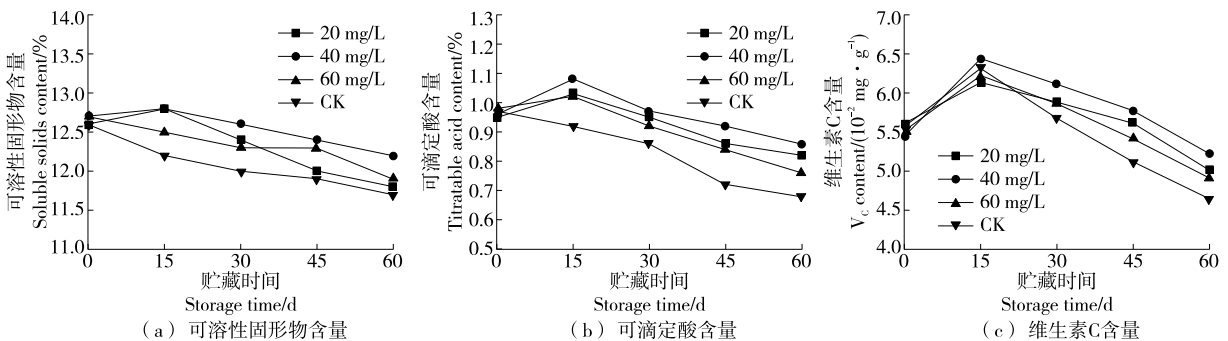


图5 翠红李贮藏期可溶性固形物含量、可滴定酸含量和维生素C含量的变化

Figure 5 Changes of total soluble solids content, titratable acid content and V_C content of Cuihong plum during storage

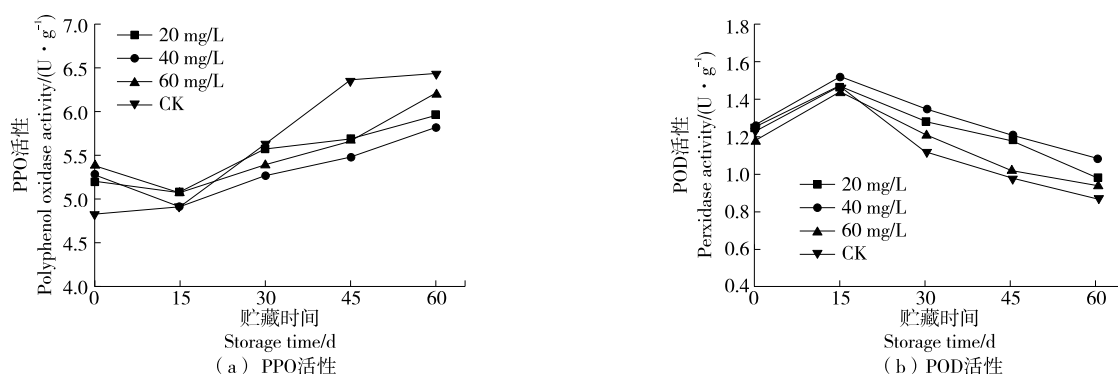


图 6 翠红李贮藏期 PPO 和 POD 的变化

Figure 6 Changes of polyphenol oxidase activity and peroxidase activity of Cuihong plum during storage

量显著高于对照组 ($P < 0.05$), 可能是经二氧化氯处理后的果实对逆境胁迫的响应。贮藏 15~60 d, 不同处理组的果实 PPO 活性呈上升趋势, 而不同处理组的果实 POD 活性呈下降趋势。贮藏第 60 天, 20, 40, 60 mg/L 处理组的果实 PPO 活性分别比对照组低 7.45%, 9.63%, 3.57%; 而 20, 40, 60 mg/L 处理组的果实 PPO 活性分别比对照组高 12.64%, 24.14%, 8.05%。因此, 40 mg/L 二氧化氯处理能更好地抑制翠红李 PPO 活性的上升, 推迟翠红李 POD 活性的下降。

2.7 霉菌及酵母菌菌落总数的变化

由图 7 可知, 贮藏初期, 不同处理组的翠红李果实表面霉菌及酵母菌菌落总数均显著低于对照组 ($P < 0.05$), 说明二氧化氯可以降低翠红李果实表面的霉菌及酵母菌菌落总数; 贮藏 15~30 d, 霉菌及酵母菌菌落总数大小为对照组 > 20 mg/L 处理组 > 40 mg/L 处理组 > 60 mg/L 处理组; 贮藏第 60 天, 20, 40, 60 mg/L 处理组的果实霉菌及酵母菌菌落总数分别比对照组低 0.18, 0.76, 0.39 lg(CFU/g), 且对照组与其他处理组均有显著差异 ($P < 0.05$)。研究^[18-19]表明核果类果实采后主要的侵染性病害为褐腐病, 其中美澳型核果链核盘菌 (*M. fructicola*) 是导致李果实褐腐病的主要致病菌。试验表明, 二

氧化氯处理可以降低翠红李果实霉菌及酵母菌菌落总数, 降低果实腐烂率, 从而保持翠红李果实更好的贮藏品质。60 mg/L 处理组在贮藏 0~30 d 内对翠红李霉菌及酵母菌菌落总数的抑制效果最好, 而贮藏 45~60 d, 60 mg/L 二氧化氯对翠红李霉菌及酵母菌菌落总数抑制效果不如 40 mg/L, 可能是高浓度的二氧化氯可能导致果实膜酯化进程加快, 从而加快翠红李的霉变速度。

3 结论

试验表明, 二氧化氯处理能够保持翠红李更好的贮藏品质, 延缓翠红李的代谢进程。其中采后用 40 mg/L 的二氧化氯处理翠红李的贮藏效果最好, 其能够降低贮藏期的腐烂率、保持果实较好的色差 L^* 值、硬度、可溶性固形物含量、可滴定酸含量和维生素 C 含量, 同时明显延缓呼吸强度、过氧化物酶活性的下降, 抑制果实多酚氧化酶活性的上升, 明显降低翠红李表面霉菌及酵母菌菌落总数。而 60 mg/L 二氧化氯处理对维持翠红李的贮藏效果不如 40 mg/L 的, 可能是高浓度的二氧化氯加快了翠红李果实膜脂代谢进程, 从而导致贮藏后期果实衰老较快。后续可从二氧化氯对翠红李代谢的影响方面揭示其保鲜机理。

参考文献

- [1] 史洪琴, 罗勇. “脆红李”在遵义的引种表现及栽培技术[J]. 北方园艺, 2014(6): 57-58.
- [2] SHI Hong-qin, LUO Yong. *Prunus salicina* cv. "Cuihongli" Introduction and cultivation techniques in Zunyi[J]. Northern Horticulture, 2014(6): 57-58.
- [3] 巴良杰, 罗冬兰, 吉宁, 等. 生物保鲜纸对李子贮藏期品质的影响[J]. 食品与机械, 2020, 36(7): 140-143, 226.
- [4] BA Liang-jie, LUO Dong-lan, JI Ning, et al. Effect of biological preservative paper on quality of plum during storage[J]. Food & Machinery, 2020, 36(7): 140-143, 226.
- [5] 莫亿伟, 张付康, 杨国, 等. 1-MCP 和壳聚糖复合处理提高岷州桃桃李采后保鲜效果[J]. 果树学报, 2017, 34(1): 75-83.

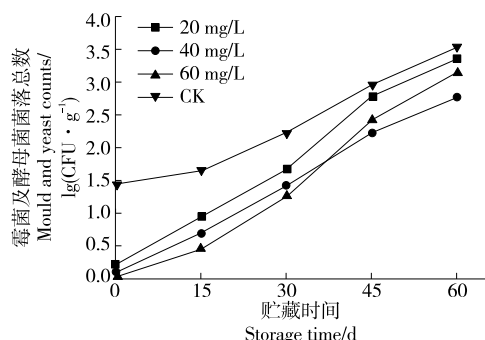


图 7 翠红李贮藏期霉菌及酵母菌菌落总数的变化

Figure 7 Changes of mould and yeast counts of Cuihong plum during storage

- MO Yi-wei, ZHANG Fu-kang, YANG Guo, et al. Effects of combined treatment of 1-MCP and chitosan coating on the storability of Shengzhou Nane (*Prunus salicina* var. taoxingli) fruit[J]. Journal of Fruit Science, 2017, 34(1): 75-83.
- [4] 王妍彦, 张流波. 二氧化氯气体对物体表面消毒效果及其影响因素研究[J]. 中国消毒学杂志, 2018, 35(6): 401-403.
- WANG Yan-yan, ZHANG Liu-bo. Study on the disinfection effect and influence factors of chlorine dioxide gas to object surface[J]. Chinese Journal of Disinfection, 2018, 35(6): 401-403.
- [5] ZHANG Bao-dong, HUANG Chong-xing, ZHANG Lin-yun, et al. Application of chlorine dioxide microcapsule sustained-release antibacterial films for preservation of mangos[J]. Journal of Food Science and Technology, 2019, 56(3): 1 095-1 103.
- [6] 黄兴强, 黄崇杏, 王健, 等. 二氧化氯在食品保鲜中的应用研究进展[J]. 包装工程, 2020, 41(9): 74-80.
- HUANG Xing-qiang, HUANG Chong-xing, WANG Jian, et al. Research progress in the application of chlorine dioxide to food preservation[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(9): 74-80.
- [7] 赵明慧, 饶景萍, 辛付存, 等. 红富士苹果采后二氧化氯处理的保鲜作用[J]. 果树学报, 2011, 28(2): 252-256.
- ZHAO Ming-hui, RAO Jing-ping, XIN Fu-cun, et al. Effects of postharvest chlorine dioxide treatment on fresh-keeping of Red Fuji apple[J]. Journal of Fruit Science, 2011, 28(2): 252-256.
- [8] 徐呈祥, 郑福庆, 马艳萍, 等. 二氧化氯处理对贡柑采后贮藏品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(3): 201-206.
- XU Cheng-xiang, ZHENG Fu-qing, MA Yan-ping, et al. Effect of chlorine dioxide on the quality Gonggan mandarin fruits during postharvest storage[J]. Food and Fermentation Industries, 2020, 46(3): 201-206.
- [9] 蔡琦玮, 张燕, 田元元, 等. 二氧化氯对蓝莓果实品质及活性氧代谢影响的多变量分析[J]. 中国食品学报, 2015, 15(9): 237-245.
- CAI Qi-wei, ZHANG Yan, TIAN Yuan-yuan, et al. Multivariate analyses of chlorine dioxide on quality and metabolism of reactive oxygen species in blueberry fruit[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2015, 15(9): 237-245.
- [10] 吴慧琳, 李苗云, 赵莉君, 等. 发酵酸肉煮制过程品质动力学研究[J]. 食品与机械, 2021, 37(4): 12-18, 25.
- WU Hui-lin, LI Miao-yun, ZHAO Li-jun, et al. Study on quality kinetics of fermented sour meat during cooking[J]. Food & Machinery, 2021, 37(4): 12-25.
- [11] 张鹏, 李天元, 李江阔, 等. 微环境气体调控对精准相温贮藏期间柿果保鲜效果的影响[J]. 中国食品学报, 2018, 18(3): 180-187.
- ZHANG Peng, LI Tian-yuan, LI Jiang-kuo, et al. Effect of micro-environment gas controlled on fresh-keeping effect of persimmon fruits during accurate phase temperature storage[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2018, 18(3): 180-187.
- [12] 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, 2013: 101-132.
- CAO Jian-kang, JIANG Wei-bo, ZHAO Yu-mei. Experiment guidance of postharvest physiology and biochemistry of fruits and vegetables[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2013: 101-132.
- [13] LACOMBE A L, NIEMIRA B A, GURTLE J B, et al. Atmospheric cold plasma inactivation of aerobic microorganisms on blueberries and effects on quality attributes[J]. Food Microbiology, 2015, 46: 479-484.
- [14] 巴良杰, 罗冬兰, 曹森, 等. 不同保鲜剂处理对火龙果贮藏品质和相关生理指标的影响[J]. 中国南方果树, 2020, 49(1): 75-80.
- BA Liang-jie, LUO Dong-lan, CAO Sen, et al. Effects of different preservatives on storage quality and related physiological indexes of Pitaya[J]. South China Fruits, 2020, 49(1): 75-80.
- [15] 田红炎, 饶景萍. 二氧化氯处理对机械损伤猕猴桃果实的防腐保鲜效果[J]. 食品科学, 2012, 33(18): 298-302.
- TIAN Hong-yan, RAO Jing-ping. Fresh-keeping effects of chlorine dioxide on hayward kiwi fruits with mechanical damage[J]. Food Science, 2012, 33(18): 298-302.
- [16] 王亚萍, 郭叶, 费学谦. 二氧化氯处理对猕猴桃采后部分生理指标的影响[J]. 食品工业科技, 2016, 37(8): 323-325, 329.
- WANG Ya-ping, GUO Ye, FEI Xue-qian. Studies on the changes of kiwifruit's physiology and metabolism under different chlorine dioxide conditions[J]. Science and Technology of Food Industry, 2016, 37(8): 323-325, 329.
- [17] 张顺和, 张超. ClO_2 对冬枣贮藏品质的影响[J]. 现代食品科技, 2006, 22(3): 84-86.
- ZHANG Shun-he, ZHANG Chao. The Effects of chlorine dioxide (ClO_2) on quality of winter jujube[J]. Modern Food Science and Technology, 2006, 22(3): 84-86.
- [18] ZHANG Jie, XIE Jiao, ZHOU Ya-han, et al. Inhibitory effect of *Pichia membranaefaciens* and *Kloeckera apiculata* against *Monilinia fructicola* and their biocontrol ability of brown rot in postharvest plum[J]. Biological Control, 2017, 114: 51-58.
- [19] 张婕, 凡先芳, 姚世响, 等. 李果实褐腐病原菌产生细胞壁降解酶条件优化及其致病机理[J]. 食品科学, 2017, 38(20): 12-19.
- ZHANG Jie, FAN Xian-fang, YAO Shi-xiang, et al. Optimization of culture conditions of *monilinia fructicola* for the production of cell wall degrading enzymes and their involvement in brown rot pathogenesis of postharvest plums[J]. Food Science, 2017, 38(20): 12-19.