

农产品贮藏加工

咪鲜胺和二氧化氯处理对仔姜贮藏品质的影响

徐斌^{1,2}, 唐继兴¹, 赵焱焱¹, 林琼¹, 戴琪¹, 林星宇³, 段玉权¹

(1. 中国农业科学院农产品加工研究所, 北京 100193; 2. 新疆农业科学院农产品贮藏加工研究所, 乌鲁木齐 830091; 3. 浙江大学, 杭州 310027)

摘要: **目的** 采用咪鲜胺、二氧化氯(ClO₂)单独或复合处理仔姜, 研究各处理对仔姜贮藏品质的影响, 以期寻找仔姜安全高效的贮藏方法。**方法** 以新鲜的仔姜为实验材料, 在温度14℃条件下, 分别采用咪鲜胺、ClO₂单独或复合处理, 并以去离子水为对照, 分别浸泡10 min, 自然晾干后放入14℃恒温、恒湿气调库中贮藏28 d, 每4 d取样, 测定不同处理组样品的腐烂率、发芽率、质量损失率、硬度、色差、丙二醛(MDA)含量、多酚氧化酶(PPO)活性等理化指标。**结果** 与对照组相比, 咪鲜胺(450 mg/kg)处理、ClO₂(80 mg/L)处理、咪鲜胺(450 mg/kg)+ClO₂(80 mg/L)复合处理均能有效保持仔姜贮藏期间的品质, 处理后仔姜的腐烂率、发芽率、质量损失率均降低, 并能有效防止仔姜的木质化, 有效保持了仔姜的色泽和亮度, 降低了其MDA含量和多酚氧化酶(PPO)活性。**结论** 与咪鲜胺和ClO₂单独处理相比, 采用咪鲜胺+ClO₂复合处理后保鲜效果更好, 可作为仔姜贮藏保鲜的有效手段。

关键词: 仔姜; 咪鲜胺; 二氧化氯; 采后; 品质

中图分类号: TS255.3 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2022)13-0100-07

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2022.13.013

Effect of Treatment of Prochloraz and Chlorine Dioxide on Storage Quality of Tender Ginger

XU Bin^{1,2}, TANG Ji-xing¹, ZHAO Yao-yao¹, LIN Qiong¹, DAI Qi¹, LIN Xing-yu³, DUAN Yu-quan¹

(1. Institute of Food Science and Technology, CAAS, Beijing 100193, China; 2. Research Institute of Agricultural Products Storage and Processing, XAAS, Urumqi 830091, China; 3. Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

ABSTRACT: The tender ginger was used as the test material to explore the effect of combined or individual treatment of prochloraz and chlorine dioxide (ClO₂) on storage quality of tender ginger. Under the temperature of 14 °C, the tender ginger was treated separately or in combination with prochloraz and chlorine dioxide (ClO₂), and was soaked in deionized water for 10 min, then was dried naturally, and stored in a 14 °C constant temperature and humidity storage for 28 d. Take samples every 4 d, and determine the decay rate, germination rate, mass loss rate, hardness, color difference, malondialdehyde (MDA) content, polyphenol oxidase (PPO) activity of ginger in different treatment groups. The results showed that, compared with the control, the treatments of 450 mg/kg prochloraz, 80 mg/L ClO₂, 450 mg/kg prochloraz and 80 mg/L ClO₂ can effectively maintain the quality of the ginger during storage. The rotten rate, germination rate and weight loss rate of tender ginger were reduced by the treatments. And the treatments can effectively prevent the lignifica-

收稿日期: 2021-09-18

基金项目: 国家重点基础研究发展规划(2019YFC1604504)

作者简介: 徐斌(1985—), 男, 硕士, 助理研究员, 主要研究方向为农产品加工及贮运保鲜。

通信作者: 段玉权(1972—), 男, 博士, 研究员, 主要研究方向为果蔬采后生物学与保鲜加工; 赵焱焱(1992—), 女, 博士, 副研究员, 主要研究方向为果蔬采后生物学与保鲜加工。

tion of tender ginger, meanwhile effectively maintain the color and brightness of the tender ginger. The MDA content and the activity of PPO were reduced by the treatments. Compared with individual treatment of prochloraz or ClO₂, the combined treatment of prochloraz and ClO₂ has better fresh-keeping effect, and can be used as an effective measure for storage and preservation of tender ginger.

KEY WORDS: tender ginger; prochloraz; chlorine dioxide; post-harvest; quality

仔姜又名鲜姜, 为姜科 (*Zingiberaceae*) 姜属、多年生宿根草本植物的根茎, 它广泛种植于我国中南、西南等地区, 以及日本、印度等国家。根据采收期的不同, 又分为鲜食的仔姜、做种的老姜及作为调味品的生姜。仔姜脆嫩、少辣, 含有丰富的姜辣素、纤维素和生姜蛋白酶等物质, 具有抗氧化、增强血液循环等作用。仔姜具有皮薄、肉质脆嫩、含水丰富等特点, 在贮藏过程中易失水萎蔫, 同时仔姜在采收过程中易受到机械损伤, 导致其抗病性减弱, 易受到微生物的侵染, 最终腐烂变质, 这会造成极大的经济损失^[1-2], 因此开发有效的仔姜保鲜技术是一项亟待解决的问题。

近年来, 针对仔姜的贮藏保鲜手段层出不穷, 但高效的技术方法却十分匮乏。二氧化氯 (ClO₂) 是世界公认的 A1 级安全消毒剂^[3-5]。我国将二氧化氯列为果蔬保鲜和鱼类加工中的食品添加剂, 它具有高效广谱杀菌性, 可以杀灭多种病原微生物, 且不会对动、植物产品产生毒性^[6-7]。已有的研究表明, 二氧化氯在李子^[8]、菠菜^[9]、樱桃^[10]、青椒^[11]、核桃^[12]和龙眼^[13]等的贮藏保鲜中取得了良好的应用效果。咪鲜胺 (Prochloraz) 属咪唑类杀菌剂, 具有广谱杀菌、耐雨水冲刷等特点, 对于果蔬贮藏过程中的病害防治具有显著效果^[14]。目前, 咪鲜胺已被广泛应用于荔枝^[15]、火龙果^[16]、红毛丹^[17]、淮山药^[18]、荸荠^[19]等果蔬的贮藏保鲜中。由于咪鲜胺为化学药剂, 存在药剂残留问题, 所以在果蔬贮藏保鲜处理中的限制性颇多^[20]。二氧化氯作为一种氧化剂, 可以去除或显著减少果蔬表面的农药残留, 因此将二氧化氯与咪鲜胺有机结合, 对探索安全高效的仔姜保鲜新技术具有重要意义。

文中参照咪鲜胺和二氧化氯在果蔬中的安全使用剂量, 对比低浓度咪鲜胺处理、低浓度二氧化氯处理、低浓度咪鲜胺+二氧化氯复合处理对仔姜采收后贮藏保鲜品质的影响, 并定期取样, 监测贮藏期间果蔬的相关理化性质变化情况, 以期探明一种高效安全的复合保鲜方法, 为仔姜贮藏品质保持及延长贮藏期提供理论指导。

1 实验

1.1 材料与试剂

供试的仔姜采自四川省乐山市, 采收后带泥运至

中国农业科学院农产品加工研究所实验室, 挑选无机械损伤、无病虫害、大小均匀的仔姜。

主要化学试剂: 咪鲜胺, 德国拜耳作物科学公司; 食品级二氧化氯片剂 (有效成分的质量分数为 10%), 泰安嘉纳利环保科技有限公司。

1.2 仪器与设备

主要仪器与设备: 试验气调库, 天津捷胜东辉保鲜科技有限公司; GY-B 硬度计, 浙江托普仪器有限公司; WY060T 手持折光仪, 日本 ATAGO 株式会社; 色差仪, 杭州彩谱科技有限公司。

1.3 方法

将购买的仔姜用流动清水洗净、晾干, 然后于 14 °C 库内静置 6 h, 以去除田间热。分别采用低浓度咪鲜胺 (质量分数为 450 mg/kg)、ClO₂ (质量浓度为 80 mg/L)、低浓度咪鲜胺 (质量分数为 450 mg/kg)+ClO₂ (质量浓度为 80 mg/L) 复合处理等 3 种方式, 并以去离子水为对照。将处理后的仔姜分别浸泡 10 min, 然后自然晾干后放入 14 °C 恒温气调库中, 采用加湿装置将库中的相对湿度控制在 90%, 将处理组的仔姜用 PE 薄膜覆盖包裹, 每个处理组有 70 块仔姜, 每 4 d 取样一次, 测定不同处理组仔姜的贮藏品质及生理指标。

1.4 测定指标与方法

1.4.1 腐烂率和发芽率

挑选出已经腐烂的仔姜, 仔姜的腐烂率按照式 (1) 计算^[21]。

$$\text{腐烂率} = \frac{\text{仔姜腐烂茎块数量}}{\text{仔姜总数量}} \times 100\% \quad (1)$$

仔姜的发芽率按照式 (2) 计算。

$$\text{发芽率} = \frac{\text{仔姜发芽茎块数量}}{\text{仔姜总数量}} \times 100\% \quad (2)$$

1.4.2 质量损失率的测定

采用称量法来计算仔姜的质量损失率^[22], 计算式 (3)。

$$\text{质量损失率} = \frac{\text{贮藏前仔姜质量} - \text{贮藏后仔姜质量}}{\text{贮藏前仔姜质量}} \times 100\% \quad (3)$$

1.4.3 硬度的测定

仔姜的硬度采用 GY-4 水果手持式硬度计进行

测量,探头直径为 11 mm。在每个仔姜块茎对称的地方取 2 个点,各削去厚度约 1 mm 的姜皮,然后进行测定。每个处理组重复 3 次实验,取平均值,单位以 N 表示。

1.4.4 色差的测定

仔姜色差的测定参考游玉明等^[23]的方法。选择仔姜块茎中部附近的表皮,测定其贮藏前的色泽(L_0^* 、 a_0^* 、 b_0^*)和贮藏后的色泽(L^* 、 a^* 、 b^*),并按式(4)计算色差 ΔE 。

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L_0^*)^2 + (a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2} \quad (4)$$

式中: L^* 为亮度; a^* 为红绿值; b^* 为黄蓝值。

1.4.5 丙二醛含量的测定

丙二醛(MDA)含量的测定采用 MDA 含量检测试剂盒(索莱宝,BC0025),严格按照说明书进行操作。

1.4.6 多酚氧化酶活性的测定

多酚氧化酶(PPO)活性的测定采用多酚氧化酶活检测试剂盒(索莱宝,BC0195),严格按照说明书进行操作。

1.5 数据处理与分析

采用 Microsoft Excel 2019 进行数据统计,每次实验重复 3 次,取平均值±标准差。采用 Origin 9.0 软件作图。采用 SPSS 17.0 软件进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理对腐烂率和发芽率的影响

仔姜的含水量丰富、外皮幼嫩,在贮藏过程中易发生腐烂。由图 1a 可知,对照组的仔姜从贮藏 12 d 开始出现腐烂,而经咪鲜胺和 ClO_2 单独处理的仔姜

直到贮藏 24 d 时才开始出现腐烂,且腐烂率分别为 3.18% 和 2.98%,远低于对照组(10.06%)。值得注意的是,咪鲜胺/ ClO_2 复合处理组的仔姜在整个贮藏期间未出现腐烂现象。

在贮藏过程中,如果环境的湿度过大,则易出现仔姜发芽现象,从而加速仔姜的腐烂,缩短其贮藏期。对照组的仔姜在贮藏 12 d 时出现了发芽现象,发芽率为 11.78%,并随着贮藏期的延长逐渐增加。咪鲜胺单独处理组的仔姜在贮藏 12 d 时出现了发芽现象,但发芽率仅为 2.66%,显著低于对照组($P < 0.05$)。 ClO_2 处理组和咪鲜胺+ ClO_2 复合处理组的仔姜在贮藏前 16 d 均未出现发芽现象,直到贮藏第 20 天时才出现发芽现象,但发芽率始终显著低于对照组($P < 0.05$)。这说明,咪鲜胺和 ClO_2 处理均能抑制仔姜的发芽,其中二者复合处理的效果更好。

2.2 不同处理对硬度和质量损失率的影响

在贮藏过程中,由于仔姜的呼吸作用和蒸腾作用仍在继续,因此仔姜会出现失水现象,导致其质量发生损失。由图 2a 可知,在贮藏期间,仔姜的质量损失率呈现上升趋势。各处理组仔姜的质量损失率呈现与对照组相似的变化趋势。在贮藏 20、24、28 d 时, ClO_2 处理组和咪鲜胺+ ClO_2 复合处理组仔姜的质量损失率显著低于对照组和咪鲜胺单独处理组($P < 0.05$)。

在贮藏过程中,随着纤维素含量的降低,果蔬的硬度逐渐下降。由于采收时仔姜处于幼嫩时期,随着贮藏时间的延长易发生纤维化或木质化现象,因此会降低仔姜的食用口感。由图 2b 可知,仔姜的硬度随着贮藏期的延长,呈现先上升后下降的趋势。具体而言,对照组的硬度在贮藏前 8 d 逐渐上升,然后下降,各处理组仔姜的硬度在贮藏前 4 d 略有上升,然后逐渐下降。不同处理对仔姜硬度无显著影响。

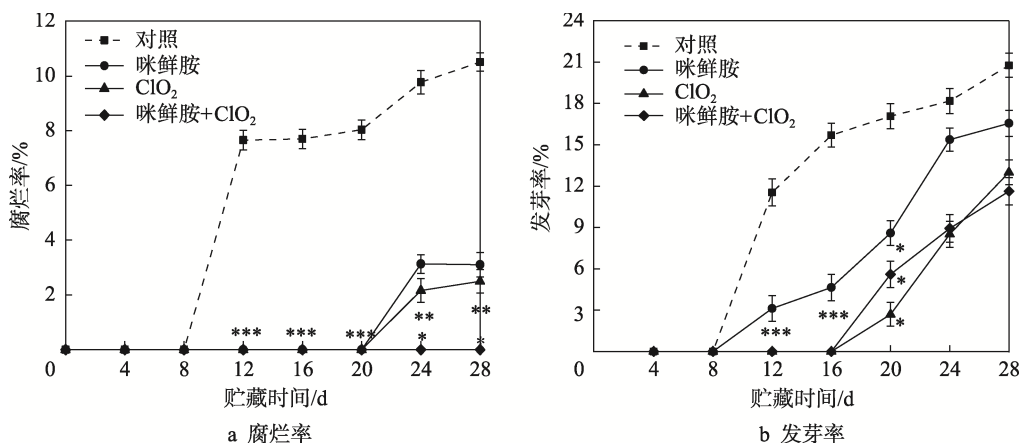


图 1 不同处理对仔姜腐烂率和发芽率的影响

Fig.1 Effect of different treatments on the rotten rate and germination rate of tender ginger

注:显著性差异,*表示 $P < 0.05$,**表示 $P < 0.01$,***表示 $P < 0.001$ 。

2.3 不同处理对色差的影响

随着贮藏时间的延长, 仔姜的色泽逐渐变暗, 亮度降低, 影响了其外观品质。由图 3 可知, 仔姜在贮藏期间 a^* 、 b^* 值呈现上升的趋势, 而 L^* 值逐渐下降。在贮藏 16~24 d 时, 处理组仔姜的 b 值显著高于对照组 ($P < 0.05$), 但各处理组间的差别并不明显 (图 3b)。

由图 3c 可知, 在贮藏 12~24 d 时, 与对照组相比, 各处理均能抑制仔姜亮度的降低, 其中 ClO_2 单独处理的效果相对最好。 ΔE 值在整个贮藏期间呈上升趋势, 在贮藏 0~4 d 时, 各处理组仔姜的色差值小于对照组仔姜的色差值, 但在贮藏 12~24 d 时, 各处理组仔姜的色差显著高于对照组的色差, 其中 ClO_2 单独处理组仔姜的色差值最高。

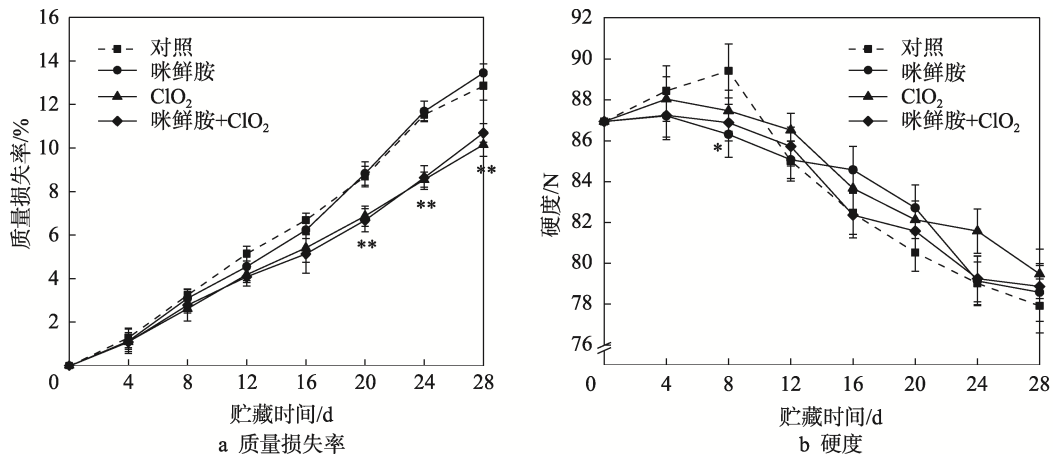


图 2 不同处理对仔姜质量损失率和硬度的影响

Fig.2 Effect of different treatments on the weight loss rate and firmness of tender ginger

注: 显著性差异, *表示 $P < 0.05$, **表示 $P < 0.01$ 。

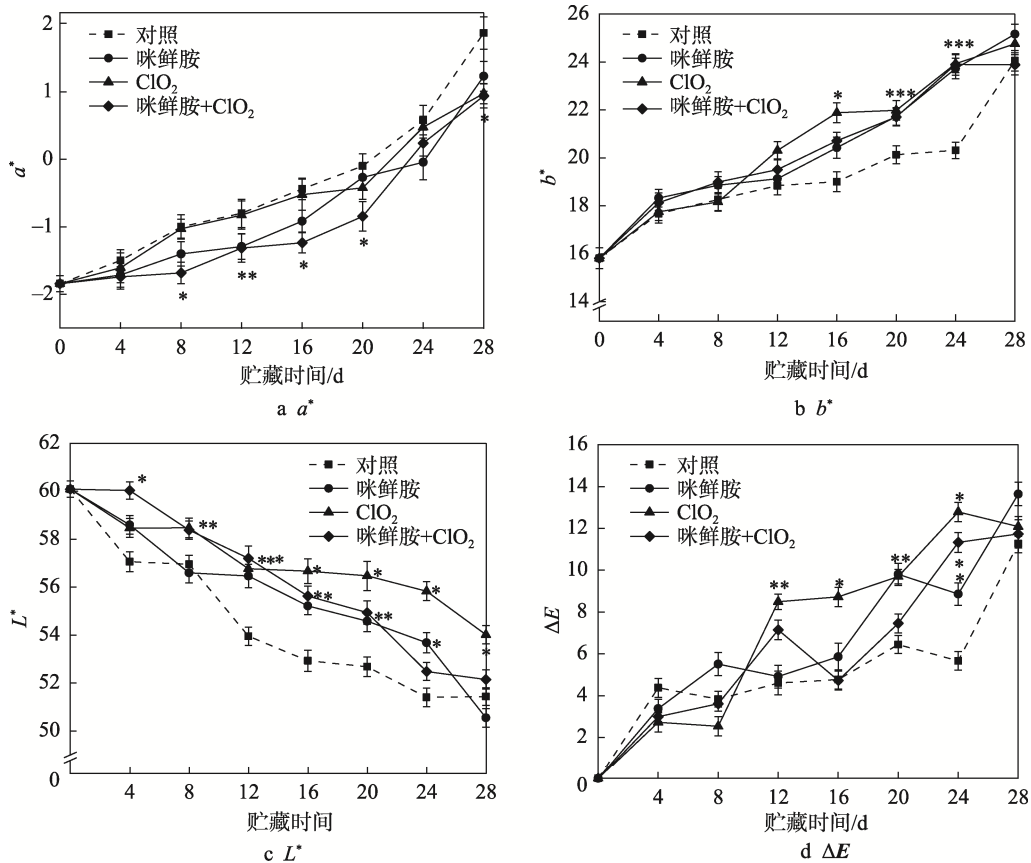


图 3 不同处理对仔姜颜色值的影响

Fig.3 Effect of different treatments on the color change of tender ginger

注: 显著性差异, *表示 $P < 0.05$, **表示 $P < 0.01$, ***表示 $P < 0.001$ 。

2.4 不同处理对MDA值的影响

MDA是膜脂氧化的标志产物,其含量高低直接反映了植物的氧化损伤程度^[24]。由图4可知,在贮藏期间,仔姜的MDA含量随着贮藏期的延长逐渐升高。在贮藏第12天至贮藏结束的过程中,各处理组仔姜的MDA含量均显著低于对照组($P < 0.05$)。其中,咪鲜胺+ClO₂复合处理的效果最明显,说明咪鲜胺+ClO₂复合处理比单一处理更能有效降低贮藏期间仔姜的MDA含量,推测复合处理可以显著缓解膜脂过氧化程度,维持仔姜较好的贮藏品质。

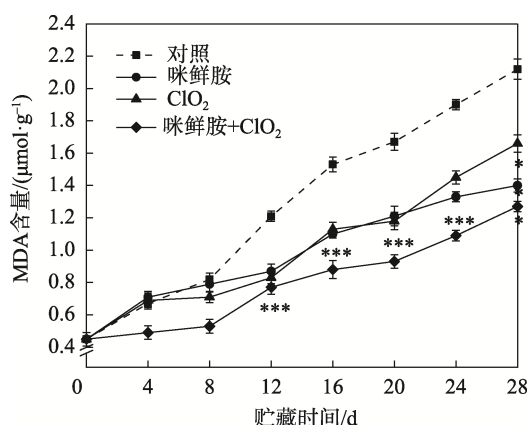


图4 不同处理对仔姜MDA含量的影响
Fig.4 Effect of different treatments on MDA contents of tender ginger

注:显著性差异,*表示 $P < 0.05$,
***表示 $P < 0.001$ 。

2.5 不同处理对多酚氧化酶活性的影响

多酚氧化酶(PPO)是一种含铜的氧化还原酶,在氧分子存在的情况下,会将酚类物质氧化成醌类物质,从而聚合为褐色物质,是导致植物组织褐变的一类重要的酶^[25]。在整个贮藏期间,仔姜的PPO活性随着贮藏期的延长逐渐上升(图5)。从贮藏第16天

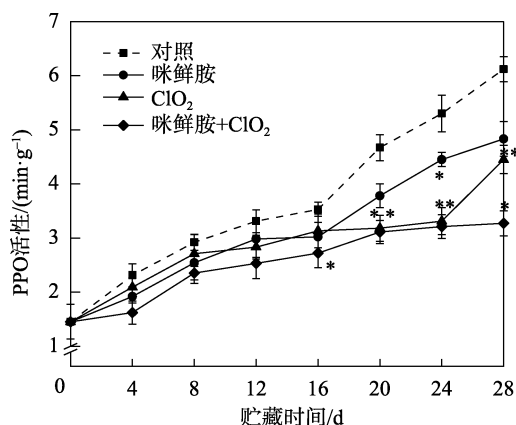


图5 不同处理对仔姜PPO活性的影响
Fig.5 Effect of different treatments on the PPO activity of tender ginger

注:显著性差异,*表示 $P < 0.05$,**表示 $P < 0.01$ 。

开始直至贮藏结束,咪鲜胺+ClO₂复合处理组仔姜的PPO活性始终显著低于对照组($P < 0.05$),而咪鲜胺和ClO₂单独处理组仔姜的PPO活性在贮藏20~28d显著低于对照组($P < 0.05$)。其中,咪鲜胺+ClO₂复合处理的效果相对最好,可以有效降低PPO的活性,从而减轻仔姜中因酚类物质氧化导致的褐变。

3 结语

分别探究了低浓度咪鲜胺和ClO₂单独处理,以及低浓度咪鲜胺+ClO₂复合处理对仔姜贮藏品质的影响。结果发现,低浓度咪鲜胺和ClO₂单独处理在一定程度上能有效保持仔姜贮藏期间的品质,低浓度咪鲜胺+ClO₂复合处理的保鲜效果最佳,品质劣变缓慢,能显著降低仔姜的腐烂率和发芽率,有效保持仔姜的色泽和亮度,减缓失水萎蔫,并有效防止仔姜木质化。此外,复合处理可以显著降低MDA的含量,降低多酚氧化酶(PPO)的活性,减轻仔姜的褐变程度。由此可见,文中研究在兼顾食品安全的基础上提高了仔姜的贮藏品质,为仔姜的贮藏保鲜提供了理论基础。

参考文献:

- [1] 刘继. 仔姜采后保鲜技术及病害防治措施研究[D]. 雅安: 四川农业大学, 2014: 16-26.
LIU Ji. Study on Preservation Technologies and Control of Pathogens during Baby Ginger Storage Period[D]. Ya'an: Sichuan Agricultural University, 2014: 16-26.
- [2] 随国良. 仔姜贮藏保鲜技术的研究[D]. 雅安: 四川农业大学, 2013: 10-30.
SUI Guo-liang. Study on Fresh-Keeping Technology of Young Zingiber[D]. Ya'an: Sichuan Agricultural University, 2013: 10-30.
- [3] HWANG E S, CASH J N, ZABIK M J. Determination of Degradation Products and Pathways of Mancozeb and Ethylenethiourea (ETU) in Solutions Due to Ozone and Chlorine Dioxide Treatments[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2003, 51(5): 1341-1346.
- [4] HAN Y, LINTON R H, NIELSEN S S, et al. Reduction of Listeria Monocytogenes on Green Peppers (Capsicum Annuum L) by Gaseous and Aqueous Chlorine Dioxide and Water Washing and Its Growth at 7 °C[J]. Journal of Food Protection, 2001, 64(11): 1730-1738.
- [5] MAHMOUD B S M, VAIDYA N A, CORVALAN C M, et al. Inactivation Kinetics of Inoculated Escherichia Coli O157: H7, Listeria Monocytogenes and Salmonella Poona on Whole Cantaloupe by Chlorine Dioxide Gas[J]. Food Microbiology, 2008, 25(7): 857-865.

- [6] COLGECEN I, ADAY M S. The Efficacy of the Combined Use of Chlorine Dioxide and Passive Modified Atmosphere Packaging on Sweet Cherry Quality[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2015, 109: 10-19.
- [7] GB 2760—2014, 食品安全国家标准 食品添加剂使用标准[S].
GB 2760—2014, National Standards for Food Safety Standards for the Use of Food Additives[S].
- [8] CHEN Zhao, ZHU Chuan-he. Combined Effects of Aqueous Chlorine Dioxide and Ultrasonic Treatments on Postharvest Storage Quality of Plum Fruit (*Prunus Salicina* L)[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2011, 61(2/3): 117-123.
- [9] MU Yu-wen, FENG Yu-qin, WEI Li-juan, et al. Combined Effects of Ultrasound and Aqueous Chlorine Dioxide Treatments on Nitrate Content during Storage and Postharvest Storage Quality of Spinach (*Spinacia Oleracea* L)[J]. *Food Chemistry*, 2020, 333: 127500.
- [10] ZHAO Han-dong, FU Mao-run, DU Ya-min, et al. Improvement of Fruit Quality and Pedicel Color of Cold Stored Sweet Cherry in Response to Pre-Storage 1-Methylcyclopropene and Chlorine Dioxide Treatments: Combination Treatment of 1-MCP Plus ClO₂ Improves Post-Harvest Quality of Sweet Cherry Fruit[J]. *Scientia Horticulturae*, 2021, 277: 109806.
- [11] DU Ya-min, JIN Tong, ZHAO Han-dong, et al. Synergistic Inhibitory Effect of 1-Methylcyclopropene (1-MCP) and Chlorine Dioxide (ClO₂) Treatment on Chlorophyll Degradation of Green Pepper Fruit during Storage[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2021, 171: 111363.
- [12] MA Yan-ping, LI Pan, WATKINS C B, et al. Chlorine Dioxide and Sodium Diacetate Treatments in Controlled Atmospheres Retard Mold Incidence and Maintain Quality of Fresh Walnuts during Cold Storage[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2020, 161: 111063.
- [13] VICHAIYA T, UTHAIBUTRA J, SAENGNIL K. Gaseous Chlorine Dioxide Increases Energy Status and Energy Metabolism-Related Enzyme Activities Leading to Reduction in Pericarp Browning of Longan Fruit during Storage[J]. *Scientia Horticulturae*, 2020, 263: 109118.
- [14] 王海宏, 周慧娟, 陈召亮, 等. 25%咪鲜胺水乳剂对宫川柑橘贮藏期品质及病害的影响[J]. *食品与机械*, 2010, 26(3): 44-46.
WANG Hai-hong, ZHOU Hui-juan, CHEN Zhao-liang, et al. Effects of Prochloraz Emulsion in Water on Storage Quality and Disease of Gongchuan Orange[J]. *Food & Machinery*, 2010, 26(3): 44-46.
- [15] 李奕星, 李芬芳, 陈娇, 等. 芥末精油微胶囊结合咪鲜胺处理对荔枝贮藏品质的影响[J]. *海南师范大学学报(自然科学版)*, 2020, 33(1): 58-63.
LI Yi-xing, LI Fen-fang, CHEN Jiao, et al. Effects of Mustard Essential Oil Microencapsulation Combined with Prochloraz Treatments on Quality of Litchi (*Litchi Chinensis* Sonn) Fruit during Storage[J]. *Journal of Hainan Normal University (Natural Science)*, 2020, 33(1): 58-63.
- [16] 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. Effect of Different Preservative Treatments on Storage Quality and Related Physiological Indexes of Pitaya Fruit[J]. *South China Fruits*, 2020, 49(1): 75-80.
- [17] 李奕星, 陈美娟, 陈娇, 等. 咪鲜胺、芥末精油微胶囊对红毛丹果实保鲜效果的研究[J]. *海南师范大学学报(自然科学版)*, 2019, 32(4): 390-396.
LI Yi-xing, CHEN Mei-juan, CHEN Jiao, et al. Effects of Prochloraz and Microencapsulation of Mustard Essential Oil on Preservation of Rambutan (*Nephelium Lappaceum* Linn) Fruit[J]. *Journal of Hainan Normal University (Natural Science)*, 2019, 32(4): 390-396.
- [18] 谢冬娣, 韦燕佩, 宋慕波, 等. 咪鲜胺添加纳米 TiO₂ 对淮山药贮藏品质的影响[J]. *江苏农业科学*, 2019, 47(5): 166-169.
XIE Dong-di, WEI Yan-pei, SONG Mu-bo, et al. Effects of Prochloraz with Nano-TiO₂ on Storage Quality of Dioscorea Opposita[J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2019, 47(5): 166-169.
- [19] 谢冬娣, 覃丽丹, 宋慕波, 等. 不同处理方式对荸荠冷藏品质的影响[J]. *食品研究与开发*, 2019, 40(4): 20-25.
XIE Dong-di, QIN Li-dan, SONG Mu-bo, et al. Effects of Different Treatment Methods on the Refrigeration Quality of Water Chestnut[J]. *Food Research and Development*, 2019, 40(4): 20-25.
- [20] 聂青玉. 咪鲜胺壳寡糖复合涂膜对脐橙果实采后品质的影响[J]. *西南师范大学学报(自然科学版)*, 2012, 37(4): 59-63.
NIE Qing-yu. Effect of Oligochitosan and Prochloraz Complex Coating on the Postharvest Quality of Citrus Sinensis Osbeck[J]. *Journal of Southwest China Normal University (Natural Science Edition)*, 2012, 37(4): 59-63.

- [21] 杜美军, 张鲜桃, 刘震远, 等. 1-MCP 与脉冲熏硫联合调控四川仔姜保鲜效果研究[J]. 中国调味品, 2021, 46(3): 7-10.
DU Mei-jun, ZHANG Xian-tao, LIU Zhen-yuan, et al. Research on the Effect of 1-MCP and Pulse Sulfur Fumigation on the Preservation of Sichuan Tender Ginger[J]. China Condiment, 2021, 46(3): 7-10.
- [22] 李果果, 欧智涛, 陈东奎, 等. 沃柑低温环境贮藏的品质变化分析[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(17): 219-221.
LI Guo-guo, OU Zhi-tao, CHEN Dong-kui, et al. Analysis of Quality Changes of Low-Temperature Environment Storage of Orah[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2019, 47(17): 219-221.
- [23] 游玉明, 汤洁, 张美霞, 等. 外源 24-表油菜素内酯调控仔姜活性氧及酚类代谢减轻冷害[J]. 食品科学, 2021, 42(3): 273-280.
YOU Yu-ming, TANG Jie, ZHANG Mei-xia, et al. 24-Epibrassinolide Alleviates Chilling Injury in Baby Ginger Rhizome by Regulating Active Oxygen and Phenolic Metabolism[J]. Food Science, 2021, 42(3): 273-280.
- [24] 马明杰, 程顺昌, 纪淑娟, 等. 低温胁迫对青椒膜脂代谢的影响[J]. 包装工程, 2020, 41(3): 21-27.
MA Ming-jie, CHENG Shun-chang, JI Shu-juan, et al. Effects of Low Temperature Stress on Membrane Lipid Metabolism of Capsicum Annuum[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(3): 21-27.
- [25] LYU Jing-yi, BAI Lin, HAN Xu-zhou, et al. Effects of 1-MCP Treatment on Sprouting and Preservation of Ginger Rhizomes during Storage at Room Temperature[J]. Food Chemistry, 2021, 349: 129004.

责任编辑: 彭颀