

1-MCP 和溶菌酶对西兰花的采后保鲜效果

李长亮^{1,2}, 李翠红², 魏丽娟², 冯毓琴²

(1. 甘肃农业大学, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃省农业科学院农产品贮藏加工研究所, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 针对西兰花采后贮藏过程中花球黄化和霉变的问题, 采用 1-甲基环丙烯(1-Methylcyclopropene, 1-MCP)、溶菌酶, 以及 1-MCP+溶菌酶复合的方法对西兰花进行保鲜处理, 观察了低温贮藏条件下西兰花的感官品质及生理变化特性的研究。结果表明, 各处理均能提高西兰花的感官品质和总酚含量, 抑制叶绿素和 Vc 的降解, 提高 SOD 和 CAT 的活性, 其中 1-MCP+溶菌酶联合处理对西兰花的保鲜效果最佳。

关键词: 1-MCP; 溶菌酶; 西兰花; 保鲜

中图分类号: S635.9 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2021)05-0045-05

doi: 10.3969/j.issn.1001-1463.2021.05.011

Effect of 1-MCP and Lysozyme on Fresh-keeping of Broccoli

LI Changliang^{1,2}, LI Cuihong², WEI Lijuan², FENG Yuqin²

(1. Gansu Agricultural University, Lanzhou Gansu 730070, China 2. Agricultural Product Storage and Processing Institute, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China)

Abstract: In order to solve the problem of yellowing and mildew of broccoli during the storage, broccoli was

收稿日期: 2021-04-12

基金项目: 甘肃省农业科学院青年基金(2020GAAS41); 甘肃省引导科技创新发展专项资金项目(2019GAAS03); 甘肃省农业科学院科技支撑计划项目(2017GAAS42); 甘肃省瓜菜产业技术体系(GARS-GC-6)。

作者简介: 李长亮(1990—), 男, 甘肃会宁人, 助理研究员, 硕士, 主要从事果蔬贮藏保鲜研究工作。Email: 862368536@qq.com。

通信作者: 冯毓琴(1968—), 女, 甘肃秦安人, 研究员, 博士, 主要从事蔬菜贮藏保鲜研究工作。Email: 1060859084@qq.com。

- 趋势[J]. 农业展望, 2015(8): 66-69.
- [9] 张淑平. 巴旦杏的营养评价及乳饮料的开发[J]. 食品工业科技, 2000(1): 5.
- [10] ABBEY M, NOAKES M, BELLING G B, [J]. Fruits vegetables and nuts, 1996, 59 (5): 995-999.
- [11] 杨海燕. 巴旦杏植物蛋白饮料的研制[J]. 新疆农业大学学报, 1998, 21(4): 327-328.
- [12] 程静, 李述刚, 侯旭杰, 等. 巴旦杏含乳饮料的稳定性研究[J]. 塔里木大学学报, 2007, 19(2): 17-21.
- [13] 彭玲, 黄剑. 苹果大麦乳的研制[J]. 宜春学院学报, 2008(30): 30-31.
- [14] 李明娟, 张雅媛, 游向荣, 等. 大麦饮料加工工艺优化[J]. 保鲜与加工, 2020, 20(4): 158-164.
- [15] 张勤, 左秀凤, 崔三凯, 等. 糙米饮料稳定性的研究[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2017, 36(8): 58-62.
- [16] 左锋, 关琛, 董洋洋, 等. 提高全脂核桃乳稳定性生产工艺研究[J]. 农产品加工(学刊), 2014(16): 22-24.

(本文责编: 郑立龙)

treated with 1-methylcyclopropene(1-MCP), lysozyme and 1-MCP + lysozyme, and then stored at low temperature (2 °C), sensory quality and physiological changes were observed. The results showed that all treatments can improve the sensory quality and total phenol content of broccoli, inhibit the degradation of chlorophyll and Vc, and enhance the activity of SOD and CAT, and the combined treatment of 1-MCP+lysozyme had the best effect on the freshness preservation of broccoli.

Key words: 1-MCP; Lysozyme; Broccoli; Preservation

西兰花又名青花菜、绿菜花、意大利芥蓝等,属于十字花科芸薹属甘蓝的一种变种。西兰花富含蛋白质、碳水化合物、脂肪、矿物质等营养物质以及总酚、抗坏血酸、硫代葡萄糖苷和萝卜硫素等功能性成分,具有抗氧化和延缓衰老等多重医疗保健作用,越来越受到人们的青睐,素有“蔬菜皇冠”之称^[1-3]。目前,我国西兰花种植总面积约 10 万 hm²,在江苏、浙江、福建、山东、甘肃和云南等地均有种植,总产量约 150 万 t,占全球总产量的 7% 左右,且我国西兰花种植面积仍呈现增长的趋势,是我国出口的重要蔬菜品种^[4-5]。由于西兰花采收后花球组织代谢旺盛,且属于呼吸跃变型蔬菜,在贮藏过程中极易黄化萎蔫,花球表面易霉变,严重制约了西兰花产业的快速发展^[6]。研究开发绿色高效的西兰花保鲜技术对提高西兰花贮藏品质、提高商品价值和促进产业减损增效、保鲜增值具有十分重要的意义。

目前,西兰花保鲜采用光照、气调处理、低温保鲜与气调相结合、热处理、微真空处理、减压冷藏、涂膜保鲜等物理保鲜技术,乙醇处理、臭氧处理、1-甲基环丙烯处理等化学保鲜技术,以及生物素处理、植物提取液处理等生物保鲜技术^[7]。1-甲基环丙烯(1-Methylcyclopropene, 1-MCP)是一种绿色保鲜剂,广泛应用于多种果蔬贮藏保鲜中,在西兰花保鲜中的应用研究较多。唐欣影^[8]、纪淑娟等^[9]研究表明,2-3 μL/L 1-MCP 处理可以有效抑制西兰花的花球黄化,保持感官品质,提高商品价值。溶菌酶又称胞壁质酶,作为一种天然蛋白质,具有

无毒、安全等优点,能够通过水解细菌中的多糖致使细胞壁破裂,抑制细菌增长^[10]。近年来受到越来越多学者的关注,广泛应用于水产品 and 果蔬保鲜研究中。我们采用 1-MCP、溶菌酶以及 1-MCP+溶菌酶处理新鲜西兰花,研究西兰花在采后贮藏期间的生理品质和相关酶活性变化,以期解决西兰花贮藏过程中易黄化和霉变的问题,并为西兰花贮藏保鲜研究提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

供试西兰花采自甘肃永登县龙泉镇瑞芝村。挑选大小均匀、无病虫害、无机械损伤的西兰花,放入加有冰袋的泡沫箱中于 3 h 之内运回甘肃省农业科学院农产品贮藏加工研究所实验室进行相应处理。

试剂为 1-MCP、溶菌酶、丙酮、标准抗坏血酸溶液、浓盐酸、蛋氨酸(MET)、氮蓝四唑(NBT)、核黄素、硫代巴比妥酸、乙酸钠、聚乙烯吡咯烷酮、愈创木酚、邻苯二酚等,均为分析纯。

1.2 仪器与设备

SQP 型电子天平, Cary-100 型紫外-可见分光光度计, TGL-16M 台式离心机, HH-S6 型电热恒温水浴锅。

1.3 试验方法

1.3.1 西兰花处理 根据前期有关 1-MCP 和溶菌酶在其他高原夏菜上的应用研究及预实验,确定本实验选择 2.00 μL/L 1-MCP、0.1% 溶菌酶以及两者结合处理采后西兰花。将挑选好的新鲜西兰花随机分成 4 组,每组 30 个,分别为对照组(CK):未做任何处理;

1-MCP 处理组(处理 I): 将西兰花置于密闭泡沫箱中, 在 25 °C 室温环境下, 用有效浓度为 2.00 μL/L 的 1-MCP 熏蒸处理 24 h; 溶菌酶处理组(处理 II): 将西兰花置于配制好的 0.1% 溶菌酶溶液中浸泡 10 min, 取出自然晾干; 1-MCP+ 溶菌酶处理组(处理 III): 先按处理 I 对西兰花进行 1-MCP 熏蒸处理, 再按处理 II 进行溶菌酶浸泡处理, 取出自然晾干。将处理好的西兰花置于 2 °C 条件下贮藏(冷链物流温度), 每隔 5 d 取样测定相关指标。

1.3.2 指标测定 感官品质参考国崇文等^[11]的方法, 以西兰花的外观、形态、气味、腐败程度作为综合感官评定内容进行分级标准评定, 具体评价标准见表 1; 叶绿素含量参照邹琦^[12]方法测定; Vc 含量采用金邦荃^[13]的方法测定; 总酚采用福林酚法测定^[14]; 过氧化氢酶(CAT)活性参照杨节^[15]的测定方法测定; 超氧化物歧化酶(SOD)活性采用潘百明等^[16]的方法测定。各指标测定时, 分别将每次处理的 3 个西兰花花球剪碎混合后测定, 3 次重复。

1.4 数据处理

数据统计分析采用 IBM SPSS Statistics 20 软件, 进行 LSD 显著性分析及相关性分析, 并用 Excel 软件绘图。

2 结果与分析

2.1 不同处理对西兰花贮藏期间感官品质的影响

感官品质是评价果蔬品质最直观的指

标。由图 1 可知, 随着贮藏时间的延长, 各个处理的西兰花感官品质均呈下降趋势。在整个贮藏过程中, 3 个处理组的感官品质均优于对照组, 但在贮藏 10 d 后处理 III 的西兰花感官品质显著高于($P < 0.05$)CK、处理 I、处理 II, 感官品质最佳。

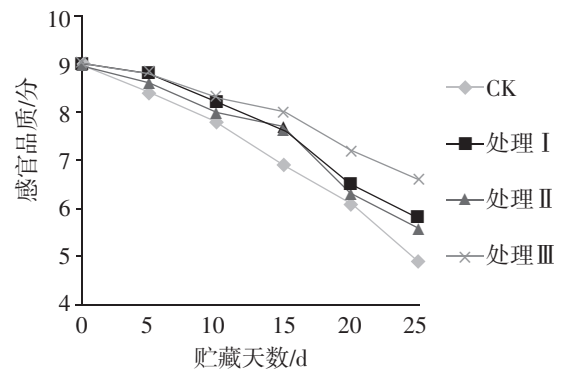


图 1 不同处理对西兰花感官品质的影响

2.2 不同处理对西兰花贮藏期间叶绿素和 Vc 含量的影响

由图 2 可知, 在整个贮藏期间, 所有处理组的叶绿素和 Vc 含量均呈下降趋势。在贮藏前期(15 d 前), 处理 I 和处理 III 的叶绿素、Vc 含量均高于处理 II 和 CK, 差异显著 ($P < 0.05$)。在贮藏后期(15 d 后), 3 个处理的叶绿素、Vc 含量均高于 CK, 差异显著 ($P < 0.05$)。表明在整个贮藏过程中, 3 个处理均能抑制西兰花叶绿素和 Vc 的降解, 特别是在贮藏后期效果更加显著, 其中处理 III 的效果最佳。

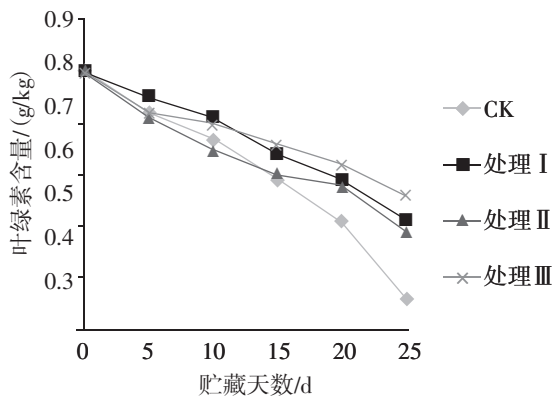
2.3 不同处理对西兰花贮藏期间总酚含量的影响

多酚类物质是西兰花具有抗氧化性的主

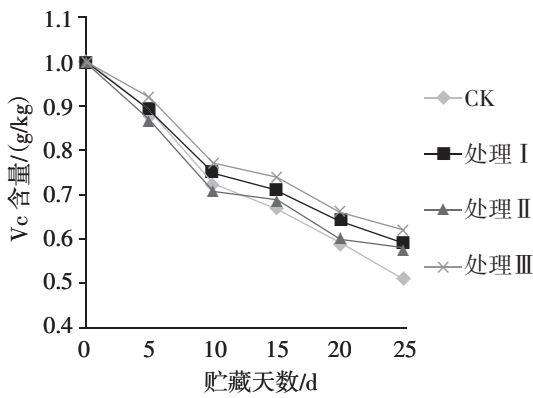
表 1 西兰花感官品质评价标准

评分/分	项目			
	色泽	气味	发霉程度	花蕾开发程度
9	花球整体鲜绿	特有清香味	无发霉	无开放
7	≤10%花蕾变黄	轻度清香味	花球出现霉点 ≤5%	开放 ≤10%
5	10% < 花蕾变黄 ≤30%	无清香味	5% < 花球出现霉点 ≤10%	10% < 开放 ≤30%
3	30% < 花蕾变黄 ≤50%	轻度异味	10% < 花球出现霉点 ≤20%	30% < 开放 ≤50%
1	花蕾变黄 >50%	明显腐臭味	花球出现霉点 >20%	开放 >50%

要活性成分，其含量能反映出西兰花的抗氧化能力的强弱^[17]。如图 3 所示，贮藏期间所有处理组总酚含量均呈现先升高后降低再升高的趋势，且均在 15 d 时出现最低峰，初步推断可能与西兰花自身呼吸跃变有关。与 CK 相比，所有处理均能提高西兰花总酚含量，且在贮藏后期处理 III 的效果更加显著，在第 25 d 时，处理 III 西兰花总酚含量为 1.20 mg/g，显著 ($P < 0.05$) 高于 CK 的 0.86 mg/g、



(a) 叶绿素



(b) Vc

图 2 不同处理对西兰花叶绿素和 Vc 含量的影响

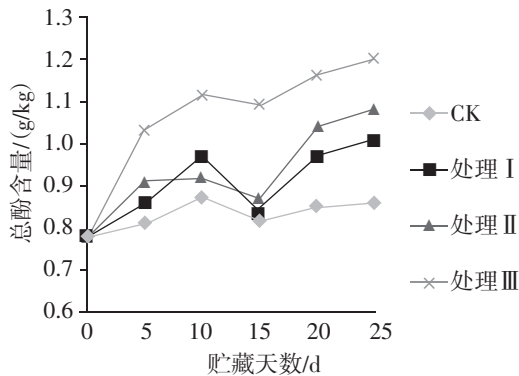
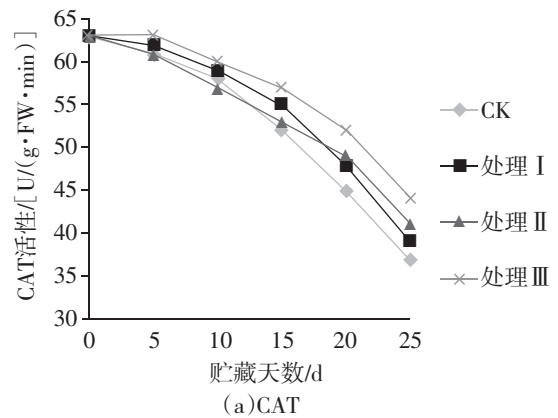


图 3 不同处理对西兰花总酚含量的影响

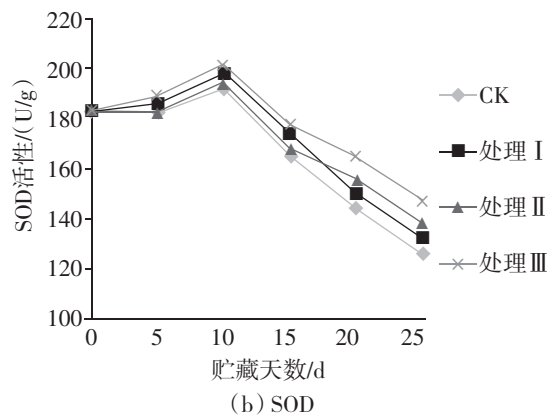
处理 I 的 1.01 mg/g 和处理 II 的 1.08 mg/g。

2.4 不同处理对西兰花贮藏期间过氧化物酶活性的影响

SOD 和 CAT 是植物抗氧化系统中的主要酶类，可以防止超氧阴离子和 H₂O₂ 积累而造成细胞壁的损伤^[18]。由图 4 可以看出，在贮藏期间西兰花 CAT 活性呈持续降低的趋势，SOD 活性先升高后降低。与 CK 相比，在贮藏前期处理 I 和处理 III 能显著 ($P < 0.05$) 增强 CAT 和 SOD 的活性，处理 II 的作用不显著。在贮藏后期 3 个处理组较 CK 均能显著 ($P < 0.05$) 增强 CAT 和 SOD 活性，且处理 II 的效果优于处理 I，初步推断西兰花的微生物侵染主要发生在贮藏后期，处理 II 有效抑制了外部微生物的侵染，从而提高了西兰花 CAT 和 SOD 的活性。在整个贮藏期间，处理 III 的抗氧化能力一直优于处理 I 和处理 II。



(a) CAT



(b) SOD

图 4 不同处理对西兰花 SOD 和 CAT 活性的影响

3 结论

采用 1-MCP、溶菌酶, 以及 1-MCP+溶菌酶对西兰花进行保鲜处理, 以不做任何处理为对照, 对贮藏期间西兰花的感官品质、营养指标和相关酶活性的变化情况进行综合分析。结果表明, 1-MCP+溶菌酶联合处理既能通过提高西兰花过氧化物酶的活性, 防止超氧阴离子和 H_2O_2 的积累而造成其细胞壁的损伤, 又能有效抑制西兰花花球表面发生霉变, 阻止外来微生物的侵染而造成的其细胞壁的损伤。从而提高了西兰花的感官品质和总酚含量, 降低了叶绿素、Vc 的降解速率。综上, 经过 1-MCP+溶菌酶联合处理后, 西兰花通过调控自身代谢和抑制外来微生物侵染两方面有效保持了其细胞的完整性, 延缓衰老, 维持了采后生理品质, 提高了商品价值, 延长了贮藏期。

参考文献:

- [1] M T SAKR, H M IBRAHIM, A E ELAWADY, et al. Growth, yield and biochemical constituents as well as post-harvest quality of water-stressed broccoli (*Brassica oleraceae* L. var. italica) as affected by certain biomodulators[J]. *Scientia Horticulturae*, 2021, 275: 109605.
- [2] 王慧倩, 郑 聪, 王华东, 等. 乙醇熏蒸处理对鲜切西兰花活性成分和抗氧化活性的影响[J]. *食品科学*, 2014, 35(16): 250-254.
- [3] LUND F. Non-nutritive bioactive constituents of plants: Dietary sources and health benefits of glucosinolates[J]. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*, 2003, 73(2): 135-143.
- [4] 高庆生, 陈永生, 管春松, 等. 西兰花生产现状、存在的问题及建议[J]. *蔬菜*, 2020(11): 29-31.
- [5] 赵成飞, 詹周荣, 蒋国滨, 等. 我国西兰花产业现状与发展策略[J]. *新农业*, 2019(5): 18-19.
- [6] 冯毓琴, 李翠红, 慕钰文, 等. 高原夏菜高效预冷与保鲜贮运技术简述[J]. *甘肃农业科技*, 2018(8): 84-86.
- [7] 李长亮, 冯毓琴, 魏丽娟, 等. 1-甲基环丙烯在西兰花贮藏保鲜中的应用研究进展[J]. *食品与发酵工业*, 2021, 47(4): 299-304.
- [8] 唐欣影. ClO_2 缓释剂结合 1-MCP 处理对西兰花常温货架期保鲜作用的研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2017.
- [9] 纪淑娟, 熊振华, 程顺昌, 等. 1-MCP 和 CO_2 自发释放处理对西兰花常温货架期的保鲜作用[J]. *食品与发酵工业*, 2014, 40(2): 202-206.
- [10] 任西营, 胡亚芹, 胡庆兰, 等. 溶菌酶在水产品防腐保鲜中的应用[J]. *食品工业科技*, 2013, 34(8): 390-394.
- [11] 国崇文, 魏宝东, 张 鹏, 等. PE 包装对西兰花贮藏品质的影响[J]. *保鲜与加工*, 2020, 20(1): 53-59.
- [12] 邹 琦. 植物生理生化试验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995: 30-32.
- [13] 金邦荃. 营养学实验指导[M]. 南京: 东南大学出版社, 2008: 9-11.
- [14] 王治同, 梁 瑞, 南海龙. 福林-酚法测定成熟期左优红浆果中的总酚含量[J]. *食品工业*, 2018, 39(8): 281-284.
- [15] 杨 节. 茶树中过氧化氢酶的初步研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2014.
- [16] 潘百明, 苏辉兰, 梁昌祥, 等. 紫茄超氧化物歧化酶的提取及其活性测定[J]. *食品工业*, 2020, 41(2): 143-145.
- [17] 樊田利, 刘若男, 王凤丽, 等. 不同蒸制功率对西兰花营养品质的影响研究[J/OL]. *食品与发酵工业*, (2021-03-31)[2021-04-03]. <https://doi.org/10.13995/j.cnki.11-1802/ts.026765>.
- [18] 刘 风, 赵 玮. 野生胡麻愈伤组织诱导及其对 NaCl 胁迫的生理响应[J]. *甘肃农业科技*, 2018(6): 1-5.

(本文责编: 杨 杰)