

农产品贮藏加工

CO₂对模拟运输条件下西兰花品质和贮藏特性的影响

程顺昌, 魏宝东, 周倩, 周鑫, 纪淑娟

(沈阳农业大学 食品学院, 沈阳 110866)

摘要: **目的** 为了研究添加 CO₂ 生成剂对西兰花运输过程中花球品质和代谢特性的影响, 以及筛选西兰花运输过程中适宜的 CO₂ 浓度。 **方法** 以西兰花为实验材料, 研究不同浓度 CO₂ (二氧化碳生成剂) 对西兰花花球采后模拟运输条件下生理特性和品质的影响。 **结果** 保持较低体积分数 (3% 和 6%) 的 CO₂ 能较好地抑制西兰花采后运输条件下的呼吸强度, 延缓乙烯释放量增加的时间和速率, 抑制花球叶绿素的降解, 保持花球的颜色, 同时降低了西兰花在运输期间的腐烂指数。通过进一步的研究结果表明, 经体积分数为 3% CO₂ 处理后延缓了货架期间花球中丙二醛 (MDA) 含量的升高速率, 添加一定浓度的 CO₂ (3%) 后通过诱导过氧化氢酶 (catalase, CAT) 和过氧化物酶 (peroxidase, POD) 的活性, 提高了西兰花组织内部活性氧的清除能力, 从而保持了花球的品质。添加较高浓度 (9% 和 12%) 的 CO₂ 在运输前期 (前 3 d) 具有较好的保鲜效果, 之后反而会促进花球的代谢速率 (呼吸强度和乙烯生成量), 从而加速了花球的黄化及腐烂, 表现出被伤害的症状。 **结论** 运输前在包装内加入可产生体积分数 3% CO₂ 的生成剂能较好地降低西兰花常温运输期间的代谢水平, 保持花球品质, 从而延长了运输时间。

关键词: 西兰花; 二氧化碳生成剂; 气调; 运输

中图分类号: TS255.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2019)01-0001-06

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.01.001

Effect of CO₂ on Quality and Storage Characteristic of Broccoli under Simulated Transport Conditions

CHENG Shun-chang, WEI Bao-dong, ZHOU Qian, ZHOU Xin, JI Shu-juan

(College of Food Science, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China)

ABSTRACT: The work aims to study the effect of addition of CO₂ generation agent on the ball quality and metabolic properties in the process of transporting broccoli and screen the proper concentration of CO₂ in the package during such process. Broccoli was used as experimental material to study the effects of CO₂ (carbon dioxide generation agent) at different concentrations on physiological characteristics and quality of broccoli ball under simulated transportation conditions after harvest. Keeping a low volume fraction (3% and 6%) of CO₂ could better inhibit the respiratory intensity of broccoli during post-harvest transportation, delay the time and rate of increase of ethylene release, inhibit the degradation of chlorophyll in the flower ball, maintain the color of the flower ball, and reduce the decay index of broccoli during transportation. According to further research results, the treatment with CO₂ (volume fraction: 3%) also delayed the increase rate of malondialdehyde (MDA) content in the flower ball during shelf life. A certain concentration of CO₂ (3%) may improve the scavenging ability of active oxygen in broccoli tissue by inducing the catalase (CAT) and peroxidase (POD) activities, thus maintaining the quality of the flower ball. The higher concentration of CO₂ (9% and 12%) had

收稿日期: 2018-11-21

基金项目: “十三五”国家重点研发计划专项 (2018YFD0401303)

作者简介: 程顺昌(1978—), 男, 博士, 沈阳农业大学讲师, 主要研究方向为果蔬采后生物学与贮藏保鲜。

通信作者: 纪淑娟 (1960—), 女, 博士, 沈阳农业大学教授, 主要研究方向为果蔬采后生物学与贮藏保鲜。

a better fresh-keeping effect in the first 3 days of transportation, but later promoted the metabolic rate (respiratory intensity and ethylene production) of the flower ball, accelerated the yellowing and decay of the flower ball and showed the signs of injury. The addition of CO₂ (volume fraction: 3%) generation agent to the package before transportation can better reduce the metabolic level of broccoli during normal temperature transportation and maintain the quality of flower balls, thus prolonging the transportation time.

KEY WORDS: broccoli; carbon dioxide generation agent; controlled atmosphere; transport

西兰花是一种具有较高营养价值和经济效益的特色蔬菜,近年来其种植面积和消费量呈现快速增长趋势^[1]。由于西兰花花球由无数的小花组成,属于繁殖器官,采后生理代谢仍然较旺盛,在室温下极易开花和黄化,且西兰花组织幼嫩多汁,容易失水萎蔫,耐贮性也差,在环境温度为 20℃以上时贮藏 1~3 d 便失去其商品价值^[2-3]。目前,西兰花主要采用加冰结合冷藏进行运输。加冰运输不但提高了运输成本,而且当出现长途运输冷链断链或制冷不及时时,常会导致冰水浸泡花球,从而影响花球品质,因此研究适宜西兰花采后运输环境的控制途径,显得尤为重要。

气调贮藏是一种有效的果蔬贮藏方式,该方法通过降低 O₂ 的浓度来提高 CO₂ 的浓度,这样有利于延缓果蔬成熟的衰老进程,延缓黄化,从而保持果蔬的贮藏品质。目前在欧美等发达国家普遍采用人工气调方式进行果蔬贮藏,贮藏效果好,但成本较高。我国主要采用自发气调贮藏的方式,该方式依靠果蔬自身的呼吸作用,不断降低贮藏环境中 O₂ 的浓度,同时提高 CO₂ 的浓度,未对气体比例进行精确控制,贮藏效果较好,成本也较低^[4-6]。笔者将气调原理引入西兰花的运输过程中,贮藏运输前加入一定含量的 CO₂ 气体生成剂的效果不如人工气调^[7]的贮藏效果,但优于自发气调贮藏的效果。此外贮藏加入一定量的 CO₂ 生成剂是一种简单、有效、可同时应用于西兰花贮藏和运输环节的处理方式^[8-10]。通过提高西兰花运输过程中包装箱内 CO₂ 的浓度,以减少或替代冰的加入,从而降低运输成本,保持西兰花品质。考虑到生产的可操作性,这里采用二氧化碳生成剂,使之在包装箱内产生特定浓度的 CO₂。文中通过比较不同二氧化碳生成剂使用量对西兰花运输过程中花球品质及生理代谢的影响,以期探讨二氧化碳生成剂的作用效果,筛选较好的二氧化碳作用浓度,为开发适用于西兰花的物流保鲜剂提供理论依据,为延长西兰花长途运输和常温货架期提供参考。

1 实验

1.1 材料及处理方法

实验用西兰花花球于 2018 年 10 月 15 日采自辽宁省凌海市圣田蔬菜合作社种植基地,选择大小适

中、颜色均匀、长势良好的花球进行采摘,采后加冰密封于泡沫箱内,立即运往沈阳农业大学食品学院实验室,到达后去除碎冰,阴干花球表面水分,将花球分为 5 份,分别装入泡沫箱中,每箱大约装入 18~20 个花球,每箱加入适量的 CO₂ 生成剂,使生成的 CO₂ 实际体积分数分别为 3%, 6%, 9%, 12%, 以不加 CO₂ 生成剂为对照,每处理 3 个重复实验,置于恒温 (10±1)℃条件下进行贮藏,定期测定相关指标。

1.2 测定项目与方法

1) 乙烯释放量和呼吸强度测定。乙烯释放量和呼吸强度的测定参照程顺昌等^[11]的方法进行。

2) 贮藏环境中 CO₂ 气体浓度的变化。贮藏期间用气体分析仪 (PBI Dansensor, CheckPointII, 丹麦) 每隔 5 d 测定密封包装箱内 CO₂ 的浓度,每次做 3 个重复实验。

1.2.1 叶绿素含量和色度测定

叶绿素含量测定采用丙酮比色法,测定结果的单位用 mg/g 表示。

花球颜色采用 CR-400 色差计 (美能达, 日本) 测定。测定时选取固定的 2 颗花球,每花球选取 5 个固定点进行测定,颜色采用 LIELAB 法表示: L 表示亮度, $+a$ 表示红色, $-a$ 表示绿色; $+b$ 表示黄色, $-b$ 表示蓝色; h 表示色调。当 $a < 0$, $b > 0$ 时, $h = 180 + \arctan(b/a)$, h 值为 0~90 时,随着角度的增大,颜色依次从紫红色 (0)、红色、橙红色、橙黄色过渡到黄色 (90); h 值为 90~180 时,颜色从黄绿色、绿色过渡到蓝绿色 (180)^[12]。

1.2.2 霉变指数的测定

霉变指数的测定参照张娜等的方法,并进行了改进^[13]。将西兰花花球表面霉变和/或腐烂程度分 4 级 (0—3),无霉变和/或无腐烂为 0 级;霉变和/或腐烂面积小于 1/5 为 1 级,霉变和/或腐烂面积介于 1/5~2/5 之间时为 2 级;霉变和/或腐烂面积超过 2/5 时为 3 级。通过公式来表示花球的霉变指数: $X = \sum (N_i \times P_i) \times 100\% / (N_0 \times P_m)$, 其中 P_i 为霉变级数, N_i 为该霉变级别的花球数, N_0 为检查总花球数, P_m 为霉变最高级别 (即为 3)。

1.2.3 丙二醛含量测定

丙二醛 (MDA) 含量采用硫代巴比妥酸比色法

进行测定^[14], 其单位为 $\mu\text{mol/g}$ 。

1.2.4 过氧化氢酶和过氧化物酶活性测定

过氧化氢酶和过氧化物酶活性的测定参照果蔬采后生理生化实验指导, 采用比色法, 其单位为 U/g ^[15]。

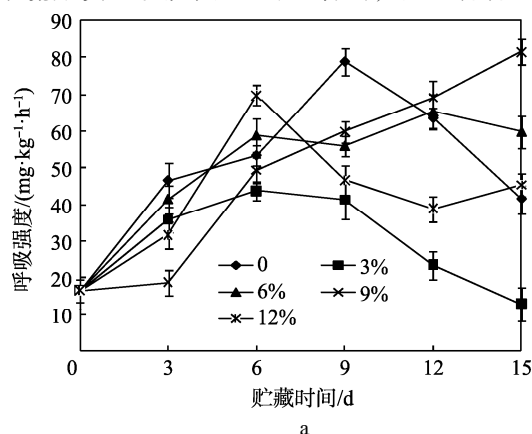
1.3 数据统计与分析

该试验所有数据均在鲜质量状态下测得, 数据处理采用 Excel 2003 完成, 并使用 SPSS 13.0 统计软件进行显著性差异分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理对西兰花呼吸强度和乙烯释放量的影响

提高贮藏环境中的 CO₂ 浓度, 有利于抑制果蔬的呼吸强度, 减少乙烯的生成量, 从而延缓成熟衰老进程, 保持果蔬品质^[16]。从图 1a 可以看出, 西兰花花



球在常温贮藏过程中其呼吸强度逐渐上升, 当达到一个峰值后再迅速下降。不同浓度 CO₂ 处理对花球的呼吸强度影响不同, CO₂ 的体积分数为 3% 和 6% 时抑制了花球呼吸强度升高的幅度, 其中 CO₂ 的体积分数为 3% 时花球在整个贮藏过程中的呼吸强度均低于对照组的。当 CO₂ 的体积分数为 9% 时, 在贮藏初期抑制了呼吸强度的上升, 但在贮藏后期却升高了呼吸强度。当 CO₂ 的体积分数为 12% 时, 呼吸强度峰值的出现时间比对照组样品提前了 3 d。由此可见, 当 CO₂ 的体积分数为 3% 和 6% 时, 有利于抑制西兰花花球采后贮藏过程中的呼吸强度。

西兰花采后在常温条件下容易开花、黄化, 乙烯的生成量决定了西兰花花球的衰老速度。从图 1b 可以看出, 西兰花在贮藏期间乙烯释放量呈现上升的变化趋势, 较高浓度 (9% 和 12%) 的 CO₂ 处理组果实在贮藏初期 (前 3 d) 促进了乙烯释放量的升高速率, 而较低浓度 (3% 和 6%) 的 CO₂ 处理组抑制了乙烯释放量的升高速率。

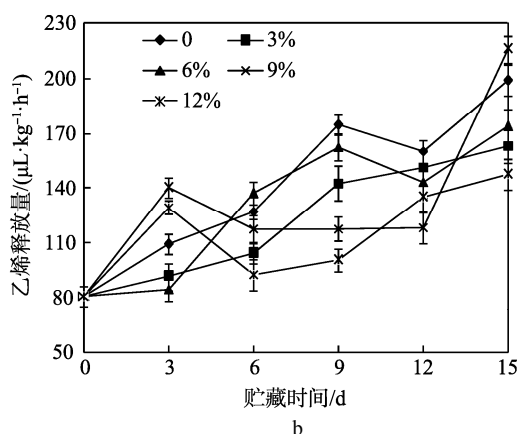


图 1 不同处理对西兰花呼吸强度和乙烯释放量的影响

Fig.1 Effects of different treatments on respiration intensity and ethylene release of broccoli

2.2 不同处理组包装内 CO₂ 浓度的变化

二氧化碳释放剂会改变贮藏微环境中气体的比例和含量, CO₂ 含量会对西兰花花球的呼吸速率产生明显的影响。从图 2 可以看出, 在贮藏过程中较高浓度 CO₂ (9% 和 12%) 的处理包装袋内 CO₂ 浓度反而低于对照组和较低浓度 (3% 和 6%) 处理组的。放入 CO₂ (3% 和 6%) 生成剂的包装袋内 CO₂ 浓度在贮藏前期高于对照组的, 在贮藏后期基本与对照组中的 CO₂ 浓度持平。由此可见, 通过添加 CO₂ 生成剂来影响西兰花花球的生理代谢速率, 从而发挥保鲜作用。

2.3 不同处理对西兰花色度和叶绿素含量的影响

色差值可以反映果蔬表面的颜色, 其中 h 值主要反映果蔬从红色—黄色—绿色的变化趋势, 即 h 值越

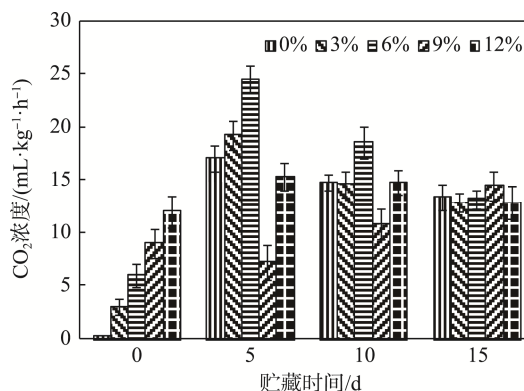
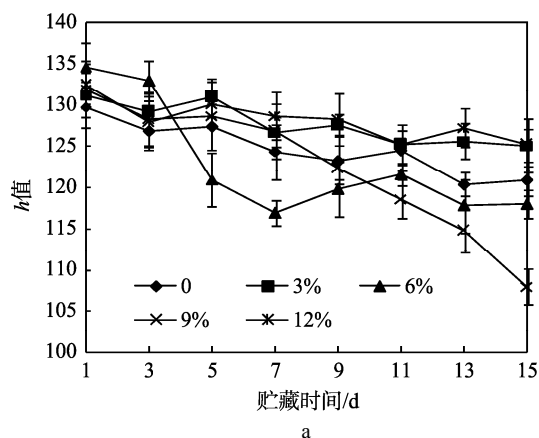


图 2 不同处理对包装袋内 CO₂ 浓度的变化

Fig.2 Changes of CO₂ concentrations in the package under different treatments

大, 果蔬越趋向于绿色; h 值越小, 果蔬颜色越趋向于黄色和红色。从图 3 可以看出, 对照组和各个处理组中西兰花花球 h 值均呈逐渐下降的趋势, 即颜色逐

渐转黄、褪绿。其中, CO_2 的体积分数为 6% 和 9% 时, h 值下降较快; CO_2 的体积分数为 3% 和 12% 时, 减缓了西兰花花球中 h 值的降低速率, 可以较好地保持西兰花花球的颜色, 抑制花球的黄化。



叶绿素含量与色差值高度一致, CO_2 的体积分数为 3% 时能显著延缓西兰花花球中叶绿素的降解速度, 在整个贮藏过程中叶绿素含量均高于对照组样品。

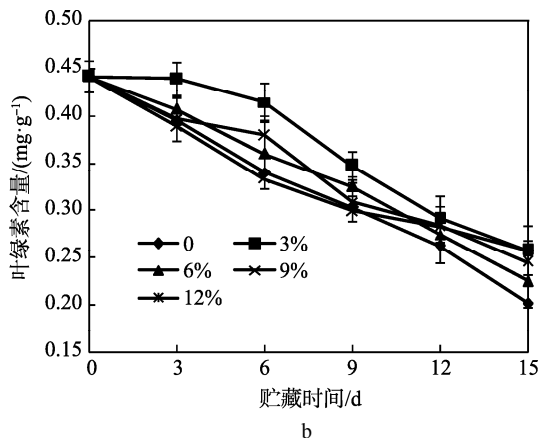


图3 不同处理对西兰花色度和叶绿素含量的影响

Fig.3 Effects of different treatments on hue and chlorophyll content of broccoli

2.4 不同处理对西兰花腐烂指数的影响

西兰花水分含量高, 花球极易发生蒸腾而失水, 采用 CO_2 释放剂包装处理使得西兰花花球处于密闭环境中, 再加上包装箱内花球摆放紧密, 使得包装箱内湿度迅速升高, 并接近饱和, 这样容易发生腐烂和霉变。从图 4 可以看出, 随着贮藏期的延长, 西兰花花球的腐烂率呈现逐渐上升的变化趋势。当 CO_2 的体积分数为 3% 时, 抑制了西兰花贮藏过程中腐烂指数的升高。当 CO_2 的体积分数为 6%, 9%, 12% 时, 则在贮藏后期加速了西兰花花球的腐烂。其中, CO_2 的体积分数为 3% 时能较好地抑制西兰花贮藏中的腐烂指数的升高。Rakesh Kumar 和 Gurdarshan Singh 的研究结果表明西兰花适宜的 CO_2 体积分数为 9%~11%, 这可能与 O_2 的调节存在关系, 文中只是从调控 CO_2 浓度入手, 并未对密闭箱中的 O_2 浓度进行干预^[17]。

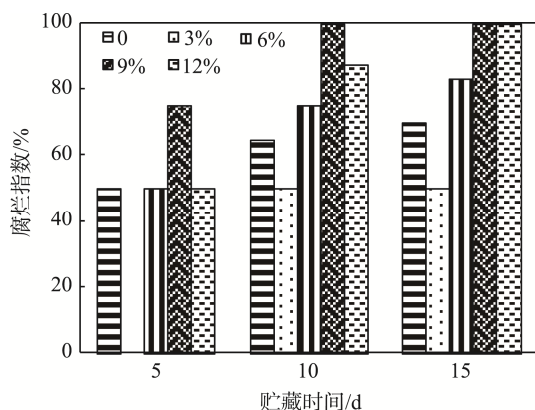


图4 不同处理对西兰花腐烂指数的影响

Fig.4 Effects of different treatments on decay index of broccoli

2.5 不同处理对西兰花 MDA 含量的影响

细胞膜透性能反映果实衰老程度, MDA 是细胞膜脂过氧化作用的产物, 其含量常被用来表征细胞膜脂过氧化的程度。从图 5 可以看出, 西兰花花球随着贮藏时间的延长, MDA 含量逐渐升高。不同浓度 CO_2 处理有利于抑制采后西兰花花球中 MDA 含量的升高速度。较高浓度 (9% 和 12%) 的 CO_2 在贮藏初期能维持较低的 MDA 含量, 而在贮藏后期, MDA 含量迅速升高。其中, CO_2 的体积分数为 12% 时, 在第 12 天后 MDA 含量显著 ($P<0.05$) 高于对照组果实和其他处理组果实。 CO_2 的体积分数为 3% 处理组在整个贮藏过程中, 组织内 MDA 含量均低于对照组果实的 MDA 含量。

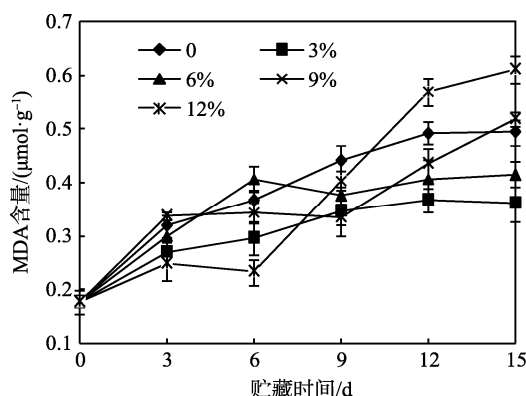


图5 不同处理对西兰花中 MDA 含量的影响

Fig.5 Effects of different treatments on MDA content of broccoli

2.6 不同处理对西兰花 CAT 和 POD 活性的影响

西兰花在贮藏过程中, CAT 活性呈现先升高后降

低的变化趋势,不同用量的 CO₂ 生成剂可以提高 CAT 活性的升高幅度,在贮藏过程中均高于对照组样品。其中以 CO₂ 的体积分数为 6% 和 3% 时效果最为明显,在贮藏第 9 天时, CAT 活性达到峰值,显著高于其他处理组样品 ($p < 0.05$), 极显著高于对照组样品 ($p < 0.01$)。说明 CO₂ 的生成有利于诱导 CAT 活性的升高,促进西兰花组织内活性氧的清除,从而延缓衰老进程。

过氧化物酶与呼吸作用、光合作用、生物体内的

氧化等都有着密切的关系,可以反映某一时期内代谢的变化。从图 6 可以看出,整个贮藏过程中,西兰花组织内 POD 活性均呈现先上升后降低的变化趋势,与对照组不同的是,添加 CO₂ 生成剂有利于诱导 POD 活性的增加, CO₂ 的体积分数为 3% 处理组中 POD 活性在整个贮藏过程中均高于其他处理组。添加 CO₂ 生成剂可能是通过诱导较高的自由基清除能力,从而保持西兰花花球品质,延长贮藏时间。

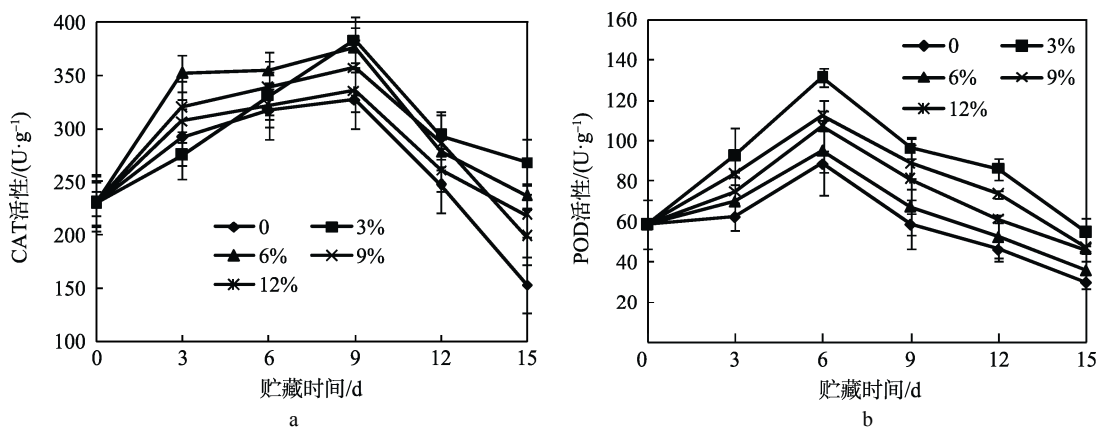


图 6 不同处理对西兰花中 CAT 和 POD 活性的影响

Fig.6 Effects of different treatments on CAT and POD activity of broccoli

3 结语

贮藏前加入较低含量的 CO₂ 发生剂 (3% 和 6%) 能够抑制西兰花花球贮藏期间的呼吸强度和乙烯生成量,保持花球颜色,减少采后贮藏过程中的腐烂率,延缓花球贮藏过程中组织内 MDA 含量的升高速度。由此可见,放入 CO₂ 生成剂有利于抑制西兰花花球的采后生理代谢水平,保持花球品质,延缓组织和细胞衰老,从而延长花球的常温贮藏时间。

从研究结果来看, CO₂ 的体积分数为 9% 和 12% 的处理组在贮藏初期 (前 3 d) 能较好地抑制生理代谢水平,保持花球品质,但在贮藏后期 (3 d 后) 反而促进了花球的呼吸强度和黄化,增加了腐烂指数。这可能是由于西兰花花球呼吸代谢水平较高,会产生较多的 CO₂ 气体,加上初始充入的 CO₂ 浓度较高,在贮藏条件下造成了 CO₂ 伤害,加速了花球的衰老及腐烂,缩短了花球的贮藏期。

从文中研究结果来看, CO₂ 体积分数为 3% 的效果最好 (长途或长时间运输),如果运输时间在 3 d 内,也可考虑采用 CO₂ 体积分数为 10% 左右的生成剂量。为了获得可用于贮藏和流通的最佳处理方式,尚需进行进一步的研究,比如 CO₂ 释放是否充分,能否改善 CO₂ 生成剂配方,稳定包装环境内 CO₂ 浓度等规律,以提高应用效果。

贮藏前添加较低浓度 (3% 和 6%) 的 CO₂ 生成

剂,有利于降低西兰花花球常温贮藏期间生理代谢水平延缓花球衰老进程,保持花球品质,延缓西兰花转色黄化, CO₂ 的这种调控作用可能是通过诱导组织内自由基清除酶的活力来实现的,其中 CO₂ 的体积分数为 3% 处理组效果最好。

参考文献:

- [1] 米敏, 钱仲仓, 杨子峰. 临海市西兰花产业现状、存在问题和发展对策[J]. 农村经济与科技, 2016, 27(19): 79—81.
MI Min, QIAN Zhong-cang, YANG Zi-feng. Current Situation, Existing Problems and Development Countermeasure of Broccoli Industry in Linhai City[J]. Rural Economy and Science and Technology, 2016, 27(19): 79—81.
- [2] HE Qi, XIAO Kai-jun. Quality of Broccoli (*Brassica Oleracea* L var *Italica*) in Modified Atmosphere Packaging Made by Gas Barrier-gas Promoter Blending Materials[J]. Postharvest Biology and Technology, 2018, 144: 63—69.
- [3] SINGH S, RAI A K, ALAM T, et al. Influence of Modified Atmosphere Packaging (MAP) on the Shelf Life and Quality of Broccoli during Storage[J]. Journal of Packaging Technology and Research, 2018, 2(2): 105—113.
- [4] 李玲. O₂/CO₂ 气调对西兰花保鲜效果的影响[D]. 淄博: 山东理工大学, 2014.

- LI Ling. Effect of O₂/CO₂ Modified Atmosphere on Quality Preservation of Broccoli during Storage[D]. Zibo: Shandong University of Technology, 2014.
- [5] OEHME V, HOGY P, CLAUS P W, et al. Effects of Elevated Atmospheric CO₂ Concentrations on Phloem Sap Composition of Spring Crops and Aphid Performance[J]. Journal of Plant Interactions, 2013, 8(1): 74—84.
- [6] SIDDIQUI M W. Eco-Friendly Technology for Post-harvest Produce Quality[M]. New York : Academic Press, 2016: 39—76.
- [7] FERNÁNDEZ-LEÓN M F, FERNÁNDEZ-LEÓN A M, LOZANO M, et al. Different Postharvest Strategies to Preserve Broccoli Quality during Storage and Shelf Life: Controlled Atmosphere and 1-MCP[J]. Food Chemistry, 2013, 138(1): 564—573.
- [8] 孙志文, 吕凤艳, 郭衍银, 等. O₂/CO₂ 气调中 CO₂ 对西兰花叶绿素降解及保鲜作用[J]. 食品科学, 2016, 37(18): 313—317.
- SUN Zhi-wen, LYU Feng-yan, GUO Yan-yin, et al. Study of the Role of CO₂ in Broccoli Chlorophyll Degradation and Fresh Storage during O₂/CO₂ Controlled Atmospheres[J]. Food Science, 2016, 37(18): 313—317.
- [9] 纪淑娟, 车铄言, 周倩, 等. 自发释放 CO₂ 处理对不同品种西兰花常温货架品质的影响[J]. 食品科学, 2015, 36(22): 181—186.
- JI Shu-juan, CHE Shuo-yan, ZHOU Qian, et al. Effects of Modified Atmosphere Packaging with Spontaneously Released CO₂ on the Quality of Different Broccoli Varieties during Shelf Life at Room Temperature[J]. Food Science, 2015, 36(22): 181—186.
- [10] 纪淑娟, 熊振华, 程顺昌, 等. 1-MCP 和 CO₂ 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.
- JI Shu-juan, XIONG Zhen-hua, CHENG Shun-chang, et al. Effects of Spontaneous Release 1-MCP and CO₂ on the Quality of Broccoli during Shelf Life[J]. Food and Fermentation Industries, 2014, 40(2): 202—206.
- [11] 程顺昌, 魏宝东, 纪淑娟, 等. 不同处理对寒富苹果冷藏后货架期贮藏特性的影响[J]. 食品与发酵工业, 2012, 38(10): 208—211.
- CHENG Shun-chang, WEI Bao-dong, JI Shu-juan, et al. Effects of Different Treatment on the Shelf life of 'Hanfu' Apple after Cold Storage[J]. Food and Fermentation Industries, 2012, 38(10): 208—211.
- [12] PERINI M A, SIN I N, REYES A M, et al. Hot Water Treatments Performed in the Base of the Broccoli Stem Reduce Postharvest Senescence of Broccoli (*Brassica oleracea* L Var *italica*) Heads Stored at 20 °C[J]. LWT-Food Science and Technology, 2017, 77: 314—322.
- [13] 高雪, 王然, 朱俊向, 等. 冰温结合自发气调包装贮藏对鲜切西兰花保鲜效果的影响[J]. 中国食品学报, 2013, 13(12): 122—128.
- GAO Xue, WANG Ran, ZHU Jun-xiang, et al. Effect of Controlled Freezing Point Technology Combined with Modified Atmosphere Package on Preservation of Fresh-cut Broccoli[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2013, 13(12): 122—128.
- [14] 郝再彬. 植物生理实验[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2004.
- HAO Zai-bin. Plant Physiology Experiment[M]. Harbin: Harbin Institute of Technology Press, 2004.
- [15] 周宏胜, 孙凤杰, 罗淑芬, 等. 氯吡苯脲处理对采后莲蓬保鲜效果的影响[J]. 食品科学, 2018, 39 (15): 225—232.
- ZHOU Hong-sheng, SUN Feng-jie, LUO Shu-fen, et al. Effect of CPPU Treatment on the Postharvest Quality of Lotus Pods[J]. Food Science, 2018, 39(15): 225—232.
- [16] XU Feng, TANG Yue-chang, DONG Shuan-quan, et al. Reducing Yellowing and Enhancing Antioxidant Capacity of Broccoli in Storage by Sucrose Treatment [J]. Postharvest Biology and Technology, 2016, 112: 39—45.
- [17] KUMAR Rakesh, SINGH Gurdarshan. Changes in Quality of Broccoli Stored under Modified Atmosphere Packaging in Polymeric Films[J]. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 2017, 6(7): 924—937.