

高CO₂短时处理对茎瘤芥采后衰老的影响

江晶晶, 陈洁, 周雅涵, 曾凯芳

(西南大学食品科学学院, 重庆 400715)

摘要: **目的** 以茎瘤芥为试材, 研究不同浓度的高CO₂短时处理对新鲜茎瘤芥采后衰老的影响。 **方法** 将预冷后的茎瘤芥分别充入CO₂(30%)+N₂(70%), CO₂(40%)+N₂(60%), CO₂(50%)+N₂(50%)等3种混合气体(均用体积分数表示), 以相同条件下充入空气的处理作为对照, 然后置于温度为(4±1)℃、相对湿度为90%~95%的气候箱中处理48 h。结束处理的茎瘤芥用厚度为0.03 mm的聚乙烯袋包装, 置于温度为(4±1)℃、相对湿度为90%~95%的条件下贮藏, 定期测定其呼吸强度、衰老相关酶活性、VC含量等指标。 **结果** 高CO₂(30%, 40%, 50%)短时处理可有效降低茎瘤芥的呼吸强度, 高CO₂(30%, 40%)处理使贮藏后期的茎瘤芥果皮保持了较高的超氧化物歧化酶(SOD)和过氧化氢酶(CAT)活性, 同时抑制了果皮过氧化物酶(POD)、多酚氧化酶(PPO)活性上升和果皮VC含量的降低, 高CO₂(40%)短时处理效果最明显; 高CO₂处理对于茎瘤芥果肉衰老相关指标无显著影响。 **结论** 高CO₂(40%)短时处理能有效延缓茎瘤芥采后衰老进程, 保鲜效果最好。

关键词: 茎瘤芥; 高CO₂短时处理; 气调包装; 衰老

中图分类号: TS206 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2015)09-0042-06

Effects of Short-term High CO₂ Treatment on Senescence of Postharvest Tumorous Stem Mustard

JIANG Jing-jing, CHEN Jie, ZHOU Ya-han, ZENG Kai-fang

(College of Food Science, Southwest University, Chongqing 400715, China)

ABSTRACT: Effects of short-term high CO₂ treatment at different concentrations (30% and 40% and 50%) on the senescence of postharvest tumorous stem mustard were investigated. Fresh tumorous stem mustards were treated with mixed gas of CO₂(30%)+N₂(70%), CO₂(40%)+N₂(60%) and CO₂(50%)+N₂(50%) respectively after pre-cooling, using ambient atmosphere as the control, and stored in Climate box at (4±1)℃ and 90%~95% relative humidity (RH) for 48 h. After short-term CO₂ treatment, tumorous stem mustards were stored in polyethylene package with a thickness of 0.03 mm at (4±1)℃ and 90%~95% RH, and the respiration intensity, activity of senescence-related enzyme, Vitamin C content were determined at regular time interval during the storage. The experimental results showed that short-term high CO₂ treatment at the concentrations of 30% and 40% and 50% could significantly reduce the respiration intensity of tumorous stem mustards. Short-term high CO₂ at the concentrations of 30% and 40% could keep higher activities of superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT), and inhibit the increase of peroxidase (POD) and polyphenol oxidase (PPO) activities as well as the decline of Vitamin C content in peel of tumorous stem mustards. The effect of short-term CO₂ at the concentrations of 40% was the most remarkable. However, short-term high CO₂ treatment could not obviously affect the senescence-related indicators of tumorous stem mustard pulp. Short-term high CO₂ at the concentrations of 40% could delay the senescence progress of postharvest tumorous stem mustard.

KEY WORDS: tumorous stem mustard; short-term high CO₂ treatment; modified atmosphere package; senescence

收稿日期: 2015-03-19

基金项目: 国家级大学生创新创业训练计划项目(201410635048); 重庆市科技攻关项目(cstc2012gg-yyjsB80003)

作者简介: 江晶晶(1994—), 女, 河南人, 西南大学本科生, 主攻食品贮藏工程。

通讯作者: 曾凯芳(1972—), 女, 新疆人, 博士, 西南大学教授, 主要研究方向为食品贮藏工程。

茎瘤芥俗称青菜头,是世界三大名腌菜之一“涪陵榨菜”的优质原料。新鲜茎瘤芥营养丰富,含人体所必需的多种蛋白质、氨基酸、糖类、维生素,以及钙、磷、钾、铁等元素^[1]。其气味浓香,鲜食口感滑嫩,味道鲜美,具有独特的风味,因而受到广大消费者的青睐。新鲜茎瘤芥采收后水分含量较高,呼吸代谢旺盛,极易失水、衰老及感染病菌,不利于茎瘤芥鲜销、加工,更不利于其贮藏、运输,难以实现跨地鲜销。

目前茎瘤芥的贮藏保鲜技术主要有:化学杀菌剂处理、低温处理^[2]、乙醇熏蒸法^[3]、气调袋保鲜^[4]、简易气调处理^[5]等,但总体上有关茎瘤芥保鲜方面的研究很少,且效果不显著。高CO₂短时处理作为一种安全、高效的新型果蔬保鲜方式,已经在白芦笋^[6]、葡萄^[7-10]、草莓^[11]、蓝莓^[12]、桃子^[13]、松露^[14]、柿子^[15]、板栗^[16]、荔枝^[17]等果蔬的采后贮藏保鲜上取得了很好的应用。相关研究表明,高CO₂短时处理可有效抑制采后果蔬的呼吸作用,减少营养损耗,抑制腐烂的发生,延缓果蔬采后成熟衰老进程^[12],但有关高CO₂短时处理对茎瘤芥采后衰老影响的研究却尚未报道。文中以茎瘤芥为试材,研究高浓度CO₂短时处理对茎瘤芥采后呼吸代谢及衰老相关指标的影响,为延长茎瘤芥的贮藏保鲜寻求更安全有效的方法。

1 实验

1.1 材料与方法

茎瘤芥采于重庆市涪陵区南沱镇,挑选同一批次的饱满、色泽光亮、无病虫斑、成熟度一致的新鲜茎瘤芥,当天运回实验室并进行处理。选取300个大小均一的茎瘤芥,洗去表面浮灰及明显污物,用稀释2500倍的多菌灵(质量分数为50%)溶液浸泡2 min,凉干,然后将茎瘤芥置于温度为(4±1)℃、相对湿度为90%~95%的气候箱内预冷24 h。将预冷后的茎瘤芥分装至厚度为0.8 mm的聚乙烯袋内,先将袋内气体抽除,分别充入CO₂(30%)+N₂(70%),CO₂(40%)+N₂(60%),CO₂(50%)+N₂(50%)等3种混合气体,以相同条件下充入空气的处理作为对照实验。然后置于温度为(4±1)℃、相对湿度为90%~95%的气候箱中处理48 h。结束处理的茎瘤芥用厚度为0.03 mm的聚乙烯袋包装,置于温度为(4±1)℃、相对湿度为90%~95%的条件下贮藏,定期测定各项指标。

1.2 测定方法

1) 呼吸强度:参照罗远莉等的^[5]方法。

2) SOD活性:参照Prochazkova D^[18]和Giannopolitis等^[19]的方法并修改。准确称取1.0 g茎瘤芥样品于研钵中,立即加6 mL浓度为0.05 mol/L(pH值为7.8,PVP的质量分数为1%)的磷酸缓冲液,冰浴下迅速研磨,匀液以10 000 g,4℃条件下离心20 min,分离出的上清液即为粗酶液。

3) CAT活性:参照Havir E A^[20]和胡花丽等的^[21]方法并稍作修改,以每分钟反应体系吸光度变化0.01为一个酶活力单位(U)。

4) PPO活性:参照罗远莉^[5]和Zauberman G等^[22]的方法并修改,以每分钟反应体系吸光度变化0.01为一个酶活力单位(U)。

5) POD活性:参照Srivastava MK等^[23]的方法并改进。准确称取1.0 g茎瘤芥样品于研钵中,立即加6 mL浓度为0.1 mol/L的磷酸缓冲液(pH值为7.8)和0.2 g PVP,冰浴下迅速研磨,匀液以10 000 g,4℃条件下离心15 min,收集的上清液即为粗酶液。测定室温下470 nm处,反应液10 min内吸光值的变化,试验重复3次。以每分钟吸光度变化增加1为1个酶活力单位(U)。

6) 抗坏血酸含量:参照曹建康等的^[24]方法。

2 结果与分析

2.1 高CO₂短时处理对茎瘤芥呼吸强度的影响

果蔬的呼吸强度是表示其呼吸作用的定量指标,也是反映其后熟衰老进程中新陈代谢强弱的重要指标。在贮藏期间茎瘤芥在贮藏期间呼吸强度整体呈上升趋势,这与罗远莉等^[5]的研究结果相同,见图1。在贮藏前24 d,高CO₂处理组呼吸强度与对照组无显著差异($P>0.05$);贮藏24 d后,高CO₂处理显著抑制了茎瘤芥呼吸作用的增强。贮藏48 d时,CO₂体积分数为30%,40%,50%处理组的茎瘤芥呼吸强度分别是对

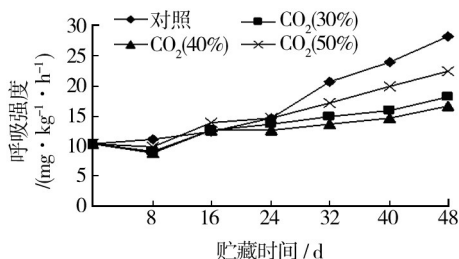


图1 高CO₂短时处理对茎瘤芥呼吸强度的影响

Fig.1 Effect of short-term high CO₂ treatment on the respiratory intensity of tumorous stem mustard

照组的64.2%,59.1%,79.3%,说明CO₂(30%~50%)短时处理能够显著($P<0.01$)抑制茎瘤芥的呼吸作用,其中CO₂(40%)处理组效果最显著。

2.2 高CO₂短时处理对茎瘤芥衰老相关酶活性的影响

2.2.1 高CO₂短时处理对SOD活性的影响

SOD作为一种金属酶,对细胞具有重要的保护作用,能在果蔬衰老过程中清除组织中的活性氧,维持活性氧代谢平衡,保护膜结构,因而能够延缓果蔬的衰老进程^[25]。由图2a可知,在贮藏期间茎瘤芥果皮SOD活性大体上呈先降后升再降的趋势;对照组茎瘤芥果皮SOD活性在贮藏第16 d时达到峰值,高CO₂处理组茎瘤芥果皮SOD活性在贮藏24 d时达到峰值。贮藏后期,CO₂(30%)和CO₂(40%)处理组的果皮SOD活性均保持在较高活性水平。贮藏32 d时,CO₂(30%)和CO₂(40%)处理组果皮SOD活性分别是对照组的2.12倍和2.80倍。说明高CO₂(30%和40%)处理能够使茎瘤芥果皮保持较高的SOD活性,从而清除组织在衰老过程中的活性氧,延缓衰老,CO₂(40%)处理效果最佳。图2b显示,贮藏期间,茎瘤芥果肉SOD活性与果皮相同,在贮藏16 d时出现活性峰,但高CO₂处理组果肉SOD活性与对照组相比没有显著差异,说明高CO₂处理对贮藏期茎瘤芥果肉SOD活性无显著影响。

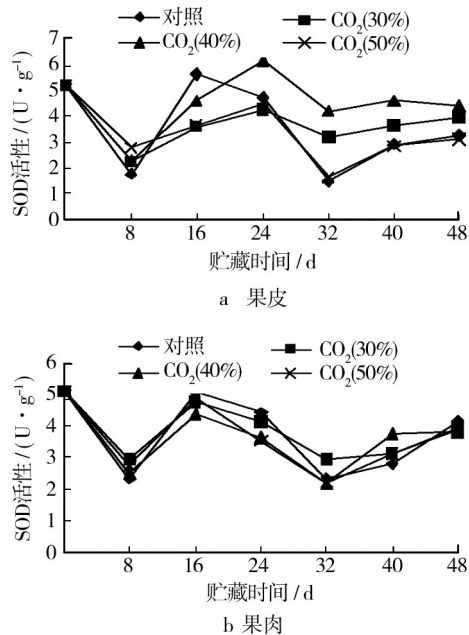


图2 高CO₂短时处理对茎瘤芥SOD活性的影响
Fig.2 Effect of short-term high CO₂ treatment on the SOD activity of tumorous stem mustard

2.2.2 高CO₂短时处理对CAT活性的影响

CAT为过氧化氢专一性酶,故在维持茎瘤芥组织

内H₂O₂的平衡起至关重要的作用,高活性的CAT有利于及时清除组织内积累的H₂O₂,减少氧化损伤,延缓衰老^[26]。由图3a可见,贮藏期间,茎瘤芥果皮CAT活性呈先升后降的趋势。高CO₂处理能显著提高贮藏前期茎瘤芥果皮CAT的活性,在贮藏16 d时,CO₂(30%),CO₂(40%)和CO₂(50%)处理组的CAT活性分别是对照组的1.48,1.51和1.43倍。贮藏后期,CO₂(50%)处理组的CAT活性与对照组相比无显著差异($P>0.05$),CO₂(30%,40%)处理能延缓茎瘤芥果皮CAT活性的降低。贮藏40 d和48 d时,CO₂(40%)处理组果皮CAT活性分别比对照组高64.9%,93.0%,效果最为显著($P<0.01$)。说明高CO₂处理能使茎瘤芥果皮在贮藏期间保持较高的CAT活性,有效延缓茎瘤芥的衰老进程。较之果皮,茎瘤芥果肉CAT活性整体呈逐渐降低的趋势(图3b)。高CO₂(40%,50%)处理在贮藏前期能略微提高果肉CAT活性,在贮藏后期,高CO₂处理组和对照组果肉CAT活性无显著性差异。

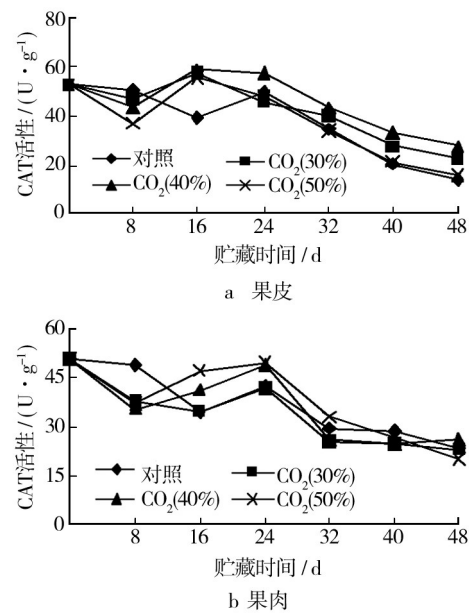


图3 高CO₂短时处理对茎瘤芥CAT活性的影响
Fig.3 Effect of short-term high CO₂ treatment on the CAT activity of tumorous stem mustard

2.2.3 高CO₂短时处理对POD活性的影响

POD是植物体内清除活性氧防卫系统中的一种重要酶类,也是木质素生物合成途径中最后一步的关键酶^[27]。如图4a所示,茎瘤芥果皮POD活性在贮藏期间呈先降低后升高的趋势,高CO₂处理显著抑制贮藏后期POD活性的上升。在贮藏40 d时,对照组果皮POD活性分别是CO₂(30%),CO₂(40%)和CO₂(50%)处理组的1.61,1.68和1.46倍。较之果皮,茎瘤芥果肉

POD 活性在贮藏期间的变化与果皮相同,但高 CO₂处理组果肉 POD 活性与对照组相比无显著差异(图 4b)。

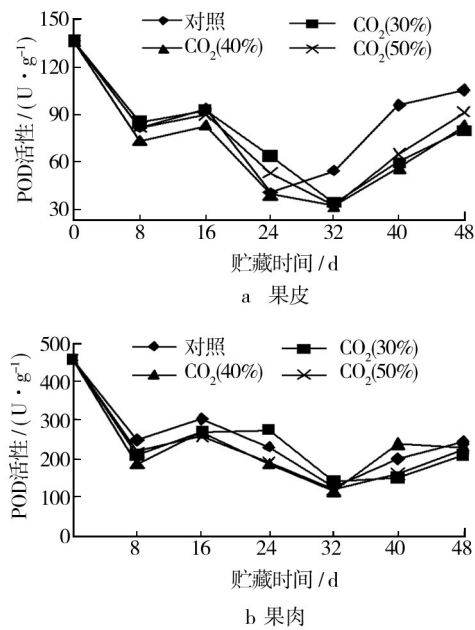


图 4 高 CO₂短时处理对茎瘤芥 POD 活性的影响
Fig.4 Effect of short-term high CO₂ treatment on the POD activity of tumorous stem mustard

2.2.4 高 CO₂短时处理对 PPO 活性的影响

PPO 是植物中广泛存在的一种氧化酶,羟化单酚为双酚,氧化双酚为醌,醌聚合并与细胞内蛋白质氨基酸基团反应,产生褐色物质,这是组织中酶促褐变的主要原因,同时 PPO 也是植物衰老相关酶^[5]。如图 5 所示,在贮藏期间茎瘤芥果实 PPO 活性整体呈逐渐上升的趋势。高 CO₂处理能有效抑制茎瘤芥果皮 PPO 活性的上升。贮藏 24 d 时,对照组果皮的 PPO 活性分别较 CO₂(30%), CO₂(40%) 和 CO₂(50%) 处理组高出 30.9%, 38.0%, 21.1%。贮藏期间,高 CO₂处理组果肉 PPO 活性与对照组没有显著差异($P>0.05$)。

2.3 高 CO₂短时处理对茎瘤芥 VC 含量的影响

VC 是果蔬采后衰老进程中体现其生理代谢快慢的重要指标之一。由图 6 所示,贮藏期间,茎瘤芥果皮 VC 含量呈不断降低趋势,高 CO₂处理能有效延缓 VC 含量的降低。贮藏 32 d 时,CO₂(30%, 40%, 50%)处理组 VC 含量分别是对照组的 2.98, 3.12 和 1.85 倍;贮藏末期,对照组果皮 VC 含量已经接近 0,而高 CO₂处理组果实的 VC 含量仍保持稳定。与果皮相比,果肉 VC 含量较高,贮藏期间变化趋势与果皮相同;然而贮藏期间高 CO₂处理组果肉 VC 含量与对照组没有显著差异($P>0.05$)。

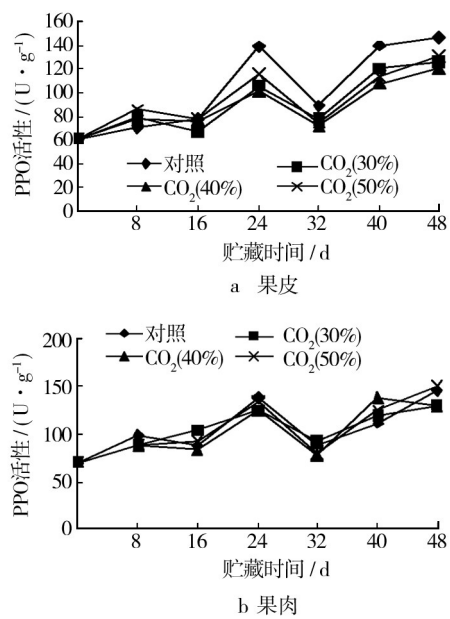


图 5 高 CO₂短时处理对茎瘤芥 PPO 活性的影响
Fig.5 Effect of short-term high CO₂ treatment on the PPO activity of tumorous stem mustard

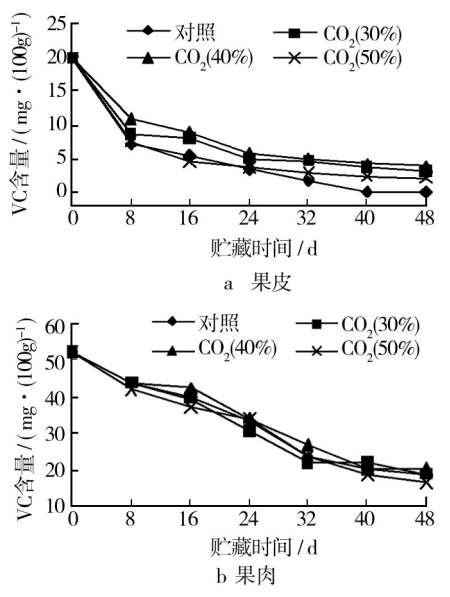


图 6 高 CO₂短时处理对茎瘤芥 VC 含量的影响
Fig.6 Effect of short-term high CO₂ treatment on the Vitamin C content of tumorous stem mustard

3 讨论

不同果蔬对高 CO₂的耐受力不同,并且果蔬很容易因 CO₂处理浓度不当而遭受损伤,所以本试验开展的目的就是寻求高 CO₂处理茎瘤芥的适宜浓度,以达到延缓茎瘤芥采后衰老进程,延长其贮藏期。试验结

果表明:高浓度 CO_2 (30%~50%) 处理能够明显抑制采后茎瘤芥贮藏呼吸强度的上升,这与姜爱丽等人^[12]在蓝莓上的研究结果相同。高 CO_2 (30%, 40%) 处理使茎瘤芥果皮在贮藏后期保持较高的 SOD 活性和 CAT 活性,说明高 CO_2 处理能够使茎瘤芥保持较高的抗氧化能力和对不良环境的耐受能力,延缓其衰老进程。一般地,随着采后果蔬活性氧产生与消除的动态平衡逐渐被破坏,活性氧大量积累,与组织木质化相关的生理病害程度加重,诱发了 POD 活性增加^[27-28]。高 CO_2 (30%, 40%) 处理可显著抑制贮藏后期茎瘤芥果皮 POD 活性的上升,有利于减轻茎瘤芥木质化程度,延缓衰老。同时,高 CO_2 处理能够抑制茎瘤芥果皮 PPO 活性,从而减缓茎瘤芥贮藏表面褐变的产生速率。另外,高 CO_2 处理能够有效延缓茎瘤芥果皮 VC 含量的降低,使茎瘤芥保持较高的食用价值。

4 结语

新鲜茎瘤芥经高 CO_2 (30%, 40%, 50%) 短时处理 48 h 后转入温度为 $(4 \pm 1)^\circ\text{C}$ 、相对湿度为 90%~95% 的气候箱内贮藏,可有效降低茎瘤芥的呼吸强度。高 CO_2 (30%, 40%) 处理可使茎瘤芥果皮保持较高的 SOD, CAT 活性,同时抑制了果皮 POD, PPO 活性的上升和 VC 含量的降低,从而延缓茎瘤芥的采后衰老进程。 CO_2 (40%) 的短时处理保鲜效果最好。

参考文献:

- [1] 罗远莉, 范永红, 谭革新, 等. 茎瘤芥保鲜技术的研究[J]. 长江蔬菜, 2011(6): 32—34.
- [2] 吴日章, 刘丽丹, 曾凯芳. 贮藏温度对新鲜茎瘤芥品质和保鲜效果的影响[J]. 食品科学, 2011(14): 328—332.
- [3] 吴日章, 曾凯芳. 乙醇熏蒸对新鲜茎瘤芥贮藏品质的影响[J]. 保鲜与加工, 2011(3): 6—9.
- [4] 康建平, 董代文, 陈蓉, 等. 气调袋保鲜青菜头(茎瘤芥)的研究[J]. 农产品加工(学刊), 2012(11): 112—114.
- [5] 罗远莉, 谭革新, 范永红, 等. 简易气调保鲜对茎瘤芥贮藏品质的影响[J]. 食品与发酵科技, 2011(1): 77—79.
- [6] HUYSKENS-KEIL S, HERPPICH W B. High CO_2 Effects on Postharvest Biochemical and Textural Properties of White Asparagus (*Asparagus Officinalis* L.) Spears[J]. Postharvest Biology and Technology, 2013, 75: 45—53.
- [7] CRISOSTO C H, GARNER D, CRISOSTO G. CO_2 Atmospheres Affect Stored 'Thompson Seedless' Table Grapes[J]. Hort Science, 2002, 37: 1074—1078.
- [8] SANCHEZ-BALLESTA M T, JIMENEZ J B, ROMERO I, et al. Effect of High CO_2 Pretreatment on Quality, Fungal Decay and Molecular Regulation of Stilbene Phytoalexin Biosynthesis in Stored Table Grapes[J]. Postharvest Biology and Technology, 2006, 42: 209—216.
- [9] IRENE R, SANCHEZ-BALLESTA M T, MALDONADO R, et al. Anthocyanin, Antioxidant Activity and Stress-induced Gene Expression in High CO_2 -treated Table Grapes Stored at Low Temperature[J]. Journal of Plant Physiology, 2008, 165(5): 522—530.
- [10] TELES C S, BENEDETTI B C, GUBLER W D, et al. Prestorage Application of CO_2 Combined with Controlled Atmosphere Storage as a Dual Approach to Control Botrytis Cinerea in Organic 'Flame Seedless' and 'Crimson Seedless' Table Grapes[J]. Postharvest Biology and Technology, 2014, 89: 32—39.
- [11] HARKER F R, ELGAR H J, WATKINS C B, et al. Physical and Mechanical Changes in Strawberry Fruit after High Carbon Dioxide Treatments[J]. Postharvest Biology and Technology, 2000, 19: 139—146.
- [12] 姜爱丽, 孟宪军, 胡文忠, 等. 高 CO_2 冲击处理对采后蓝莓生理代谢及品质的影响[J]. 农业工程学报, 2011, 27(3): 362—367.
- [13] BONGHI C, RAMINA A, RUPERTI B, et al. Peach Fruit Ripening and Quality in Relation to Picking Time, and Hypoxic and High CO_2 Short-term Postharvest Treatments[J]. Postharvest Biology and Technology, 1999, 16(3): 213—222.
- [14] LUO Yuan-li, FAN Yong-hong, TAN Ge-xin, et al. Research on Storage Technology of Tumour Mustard[J]. Journal of Changjiang Vegetables, 2011(6): 32—34.
- [15] WU Ri-zhang, LIU Li-dan, ZENG Kai-fang. Effect of Storage Temperature on Quality and Preservation of Fresh Tumorous Stem Mustard[J]. Food Science, 2011(14): 328—332.
- [16] WU Ri-zhang, ZENG Kai-fang. Effect of Ethanol Fumigation on Storage Quality of Tumorous Stem Mustard[J]. Storage and Process, 2011(3): 6—9.
- [17] KANG Jian-ping, DONG Dai-wen, CHEN Rong, et al. Preservation of Stem Lump Mustard with MA Bags[J]. Academic Periodical of Farm Products Processing, 2012(11): 112—114.

- [14] SHADI E H, RICCARDO M, RINALDO B, et al. Influence of High Carbon Dioxide and Low Oxygen on the Postharvest Physiology of Fresh Truffles[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2010, 58(1): 36—41.
- [15] CRISTINA B, EMPAR L, PEDRO N, et al. Short-term High CO₂ Treatment Alleviates Chilling Injury of Persimmon cv. Fuyu by Preserving the Parenchyma Structure[J]. *Food Control*, 2015, 51: 163—170.
- [16] 梁丽松, 王贵禧. 板栗采后高CO₂冲击处理对品质和耐藏性的影响[J]. *林业科学*, 2004, 40(6): 91—96.
- LIANG Li-song, WANG Gui-xi. Effect of Postharvest High CO₂ Shock Treatment on the Storage Quality and Performance of Chinese Chestnut *Castanea mollissima* Blume[J]. *Scientia Silvae Sinicae*, 2004, 40(6): 91—96.
- [17] 徐步前, 余小林, 罗文姬. 高浓度CO₂短时处理影响荔枝贮藏品质的初探[J]. *食品科学*, 2004, 25(5): 182—186.
- XU Bu-qian, YU Xiao-lin, LUO Wen-ji. Quality Study on High CO₂-short-time Treatment on Storage of Litchi Fruits[J]. *Food Science*, 2004, 25(5): 182—186.
- [18] PROCHAZKOVA D, SAIRAM P K, SRIVASTAVA G C, et al. Oxidative Stress and Antioxidant Activity as the Basis of Senescence in Maize Leaves[J]. *Plant Science*, 2001, 161(4): 765—771.
- [19] GINNOLITIS C N, RIES S K. Superoxide Dismutases. I. Occurrence in Higher Plants[J]. *Plant Physiol*, 1977, 59: 309—314.
- [20] HAVIR E A, MCHALE N A. Biochemical and Developmental Characterization of Multiple Form of Catalase in Tobacco Leaves[J]. *Plant Physiology*, 1987, 84(2): 450—455.
- [21] 胡花丽, 李鹏霞, 王毓宁, 等. O₂和CO₂配比对低温贮藏李品质及生理变化的影响[J]. *西北植物学报*, 2011, 31(10): 2035—2044.
- HU Hua-li, LI Peng-xia, WANG Yu-ning, et al. Effect of Different O₂ and CO₂ Composition on Physiological and Quality Changes in Plum Fruit Stored under Low Temperature[J]. *Acta Botanica Boreali-occidentalia Sinica*, 2011, 31(10): 2035—2044.
- [22] ZAUBERMAN G, FUCHS Y, ROT I. Chilling Injury Peroxidase and Cellulose Activities in the Peel of Mango Fruit at Low Temperature[J]. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 1998, 23(4): 732—733.
- [23] SRIVASTAVA M K, DWIVED U N. Delayed Ripening of Banana Fruit by Salicylic Acid[J]. *Plant science*, 2000, 158(1/2): 87—96.
- [24] 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, 2007.
- CAO Jian-kang, JIANG Wei-bo, ZHAO Yu-mei. *Fruits and Vegetables Postharvest Physiological and Biochemical Experiment Instruction*[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2007.
- [25] ZENG Kai-fang, CAO Jian-kang, JIANG Wei-bo. Enhancing Disease Resistance in Harvested Mango (*Mangifera Indica* L. cv. 'Matsu') Fruit by Salicylic Acid[J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2006, 86(5): 694—698.
- [26] SALA J M, LAFUENTE M T. Catalase Enzyme Activity is Related to Tolerance of Mandarin Fruits to Chilling[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2000, 20(1): 81—89.
- [27] 刘顺枝, 孙茹, 江月玲, 等. 壳聚糖涂膜对延缓菜心采后衰老效果的研究[J]. *食品科技*, 2012, 37(10): 43—47.
- LIU Shun-zhi, SUN Ru, JIANG Yue-ling, et al. Effects of Chitosan Coatings on Retard Senescence of Brassica Chinesis Var. Tsai-tai During Cold Storage[J]. *Food Science and Technology*, 2012, 37(10): 43—47.
- [28] ZENG Kai-fang, DENG Yu-yan, MING Jian, et al. Induction of Disease Resistance and ROS Metabolism in Navel Oranges by Chitosan[J]. *Scientia Horticulturae*, 2010, 126: 223—228.

欢迎订阅《包装工程》杂志

邮发代号: 78-30(半月刊)

《包装工程》杂志1980年创刊,是国内外公开发行的全国印刷包装技术领域权威性科技期刊,连续六版全国中文核心期刊、中国科学引文数据库(CSCD)源刊、中国学术期刊综合评价数据库来源期刊、《中国期刊网》用刊、《中国学术期刊(光盘版)》用刊、“万方数据——数字化期刊群”入编刊物、“中文科技期刊数据库”收录期刊。

办刊宗旨:以科技进步推动产业发展。

《包装工程》杂志立足于为本行业全面服务,是印刷包装高水平学术理论研究、先进工程技术应用研究、高新科技成果展示以及国内外印刷包装行业科技发展动态的一个理想传播渠道和交流中心。

《包装工程》杂志内容主要分为专论和信息两大部分。包含包装技术与工程、技术专论、研究进展、工业设计、视觉传达

设计、论坛与资讯等栏目。专论部分着重报道包装及印刷领域学术理论探讨,工程应用技术研究成果和项目进展,以及设计新潮和管理创新等内容;信息版块主要报道国内外包装科技动态、科研生产实践经验总结等内容。报道内容涵盖了与包装、印刷行业相关的机械、材料、化工、电子、自动化、物流、设计艺术和管理等专业方向,年载文量近900篇。

本刊信息量大,内容丰富翔实,是包装印刷及相关行业从事经营管理、制造生产、科研、设计、信息和教育等工作人员的必备读物。

《包装工程》杂志为大16开,半月刊,每期定价45.00元,全年定价1080.00元。连续出版物号ISSN 1001-3563, CN 50-1094/TB。邮发代号:78-30,全国各地邮局(所)均可订阅。逾期可随时与编辑部以及杂志在外分支机构联系补订。