

高CO₂结合气调保鲜箱对草莓贮藏期间品质变化的影响

侯玉茹¹, 李文生¹, 王宝刚^{1,2}, 苗飞¹, 石磊¹

(1. 北京市农林科学院林业果树研究所, 北京 100093;

2. 北京市落叶果树工程技术研究中心, 北京 100097)

摘要:目的 研究高CO₂结合气调包装贮藏草莓品质变化的情况。方法 以“书香”草莓为实验材料, 研究CO₂(体积分数为5%, 10%, 15%, 20%)结合气调保鲜箱对草莓贮藏期间品质的影响。结果 体积分数为5%和10%的CO₂结合气调保鲜箱对草莓的贮藏效果较好, 能抑制果实病害的发生, 果实保持了较高的硬度, 延缓了维生素C、总酚含量的下降和花青素的积累, 可使草莓的最长贮藏期达到16 d以上。体积分数为15%和20%的CO₂处理却降低了果实硬度, 对抑制病害没有起到较好的效果。结论 “书香”草莓适合的CO₂体积分数为5%~10%。

关键词: 草莓; 高二氧化碳; 气调箱; 贮藏; 品质

中图分类号: TS206 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2015)09-0038-04

Effect of MAB Combined with High Carbon Dioxide on Quality Changes of Strawberry during Storage

HOU Yu-ru¹, LI Wen-sheng¹, WANG Bao-gang^{1,2}, MIAO Fei¹, SHI Lei¹,

(1. Institute of Forestry and Pomology, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100093, China;

2. Beijing Engineering Research Center for Deciduous Fruit Trees, Beijing 100097, China)

ABSTRACT: The objective of the study was to clarify the quality changes of strawberry stored in modified atmosphere box (MAB) combined with high carbon dioxide (CO₂). Effects of MAB filled with around 5%, 10%, 15% or 20% CO₂ on the qualities of harvested strawberry (*Fragaria×ananassa* Duch., cv. Shuxiang) were studied during storage. The results showed that the fruit stored in MAB filled with 5% or 10% CO₂ had better sensory qualities than those of the control and other treatments. MAB combined with 5% or 10% CO₂ inhibited the decay incidence of strawberry, maintained higher firmness, and delayed the decrease of VC, total phenol and increase of anthocyanin. The maximum storage time of strawberry stored in MAB filled with 5% or 10% CO₂ was more than 16 d. However, MAB filled with 15% or 20% CO₂ decreased the fruit firmness and had no inhibitory effect on the decay incidence of strawberry. In conclusion, MAB combined with 5%~10% CO₂ could be used as an effective method to preserve ‘Shuxiang’ strawberry.

KEY WORDS: strawberry; high CO₂; MAB; storage; quality

草莓属蔷薇科多年生草本植物, 外观呈心形, 色泽鲜艳, 果肉多汁, 香气浓郁, 营养丰富^[1]。由于草莓果皮柔软, 贮运中易导致机械损伤, 且采后呼吸代谢旺盛, 因此果实易腐烂变质。草莓在常温环境下仅能保存1~2 d, 在传统的低温贮藏环境下, 也仅能贮藏1

周左右。气调贮藏是一种有效的果品保鲜方法, 可以抑制果实病害发生, 保持果实较好的品质, 延长贮藏期^[2]。前人已研究了高CO₂结合气调箱对红袖添香^[3]、红颜^[4]、天香^[5]等草莓品种的贮藏效果, 但不同草莓品种适宜的CO₂体积分数不相同。文中以我国自主栽培

收稿日期: 2014-12-30

基金项目: 北京市农林科学院科技创新能力建设专项(KJCX20140205); 公益性行业(农业)科研专项(201303075)

作者简介: 侯玉茹(1985—), 女, 天津人, 硕士, 北京市农林科学院林业果树研究所技术员, 主要研究方向为果品物流包装及贮藏保鲜技术。

的品种“书香”草莓为实验材料,采用高CO₂结合气调保鲜箱贮藏技术,研究“书香”草莓贮藏期间的品质变化以及适宜的CO₂体积分数,旨在为“书香”草莓贮藏提供技术参考和数据支持。

1 实验

1.1 材料与仪器

实验材料:“书香”草莓,采自北京市农林科学院林业果树研究所草莓保护地栽培基地。

实验仪器:Check Point II O₂/CO₂气体检测仪,PBI Dansensor公司;FT-02型硬度计,意大利 Facchini 公司;PAL-1型糖度计,日本 ATAGO 公司;794型电位滴定仪,瑞士 Metrohm 公司;TU-1810型紫外-可见分光光度计,北京普析通用仪器有限责任公司。采用CA4-1型移动式气调保鲜箱(50 cm × 30 cm × 28 cm,顶部和侧壁均配有充气、测气的气调咀,见图1),北京恒青园科技有限公司生产。

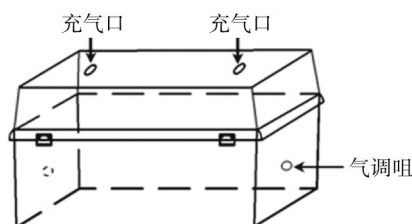


图1 气调保鲜箱结构

Fig.1 Structure of the MAB

1.2 方法

1) 处理方法。预冷及气调处理方法参照前期试验^[5-6]。果实采后立即运回实验室,经 ± 0.5 ℃预冷12 h后,挑选成熟度一致、大小和色泽相近、无机械伤、无病虫害的果实放入经打孔的透明PVC塑料盒中(0.5 kg/盒),再置于气调箱中(12盒/箱),通过气调咀分别向箱内充入体积分数约为5%,10%,15%,20%的CO₂,以大气状态(O₂(21%))为对照。每个处理做3个平行实验。处理完毕后密封,于 ± 0.5 ℃冷库中贮藏,定期测定气调箱内O₂和CO₂体积分数,通过调节气调咀进行箱内外气体交换,保证气体体积分数维持在相应水平,每隔4 d取样进行果实品质指标测定。

2) 品质指标测定方法。O₂和CO₂体积分数的测定采用O₂/CO₂气体检测仪。硬度的测定采用硬度计

(探头直径6 mm),取20个果实,选取果实中部进行测定。将果实匀浆后,进行可溶性固形物、可滴定酸、维生素C、总酚、花青素的测定,每个指标做3个平行实验,其中,可溶性固形物(SSC)含量的测定采用糖度计,可滴定酸(TA)含量的测定采用电位滴定法^[7],维生素C(Vc)含量的测定采用2,4-二硝基苯肼比色法^[8],花青素含量的测定采用pH示差法^[9],总酚含量的测定采用福林法^[10]。病害发生率在果实贮藏16 d并常温货架2 d时统计,每个处理统计5盒。

3) 数据处理方法。采用Excel 2007和SPSS 17.0统计学软件对实验数据进行分析。

2 结果与分析

2.1 贮藏期间气调箱内CO₂和O₂体积分数变化

由图2a所示,气调箱中充入不同体积分数的CO₂后,箱内CO₂体积分数在贮藏前6 d内波动较大,其中,充入CO₂(20%)波动较明显,而充入CO₂(5%)波动较小,6 d之后所有处理CO₂体积分数变化均不明显,基本维持了相应的范围内。由图2b可以看出,气调箱中充入不同体积分数的CO₂后,箱内O₂体积分数均呈先下降后缓慢上升的趋势。其中,充入CO₂(5%)的箱内O₂体积分数维持在15%~19%之间,而其他处理的箱内O₂的体积分数均低于15%。

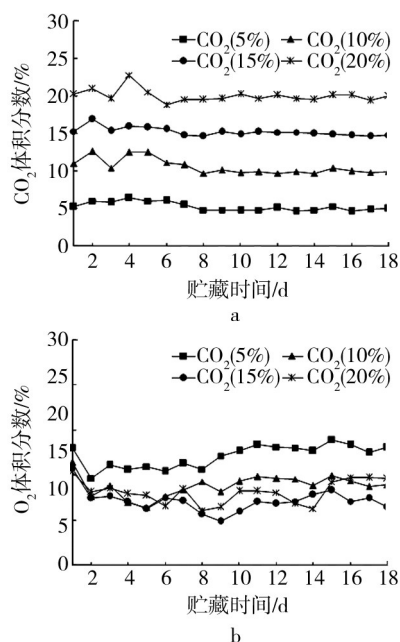


图2 贮藏期间气调箱内CO₂和O₂体积分数的变化

Fig.2 Changes of CO₂ and O₂ concentrations in MAB during the storage

2.2 高CO₂结合气调箱贮藏对草莓品质的影响

气调箱中充入CO₂(5%)和CO₂(10%)均延缓了草莓贮藏期间硬度下降,且在贮藏20 d时,分别比对照组高14.4%和9.4%($P<0.05$),但CO₂(15%)和CO₂(20%)却没有起到较好的效果,在贮藏后期果实硬度反而低于对照(见图3a)。贮藏前期,草莓SSC含量呈上升趋势,贮藏16 d后SSC含量大幅度下降。CO₂(5%)和CO₂(10%)结合气调箱贮藏抑制了贮藏前期SSC的积累和贮藏后期SSC的下降,尤其是CO₂(10%)处理的果实在贮藏后期SSC含量始终高于对照,而CO₂(15%)和CO₂(20%)处理果实的SSC含量在贮藏中期上升较快,在贮藏后期下降也较快(见图3b)。在贮藏后期,高CO₂处理果实的TA含量均低于

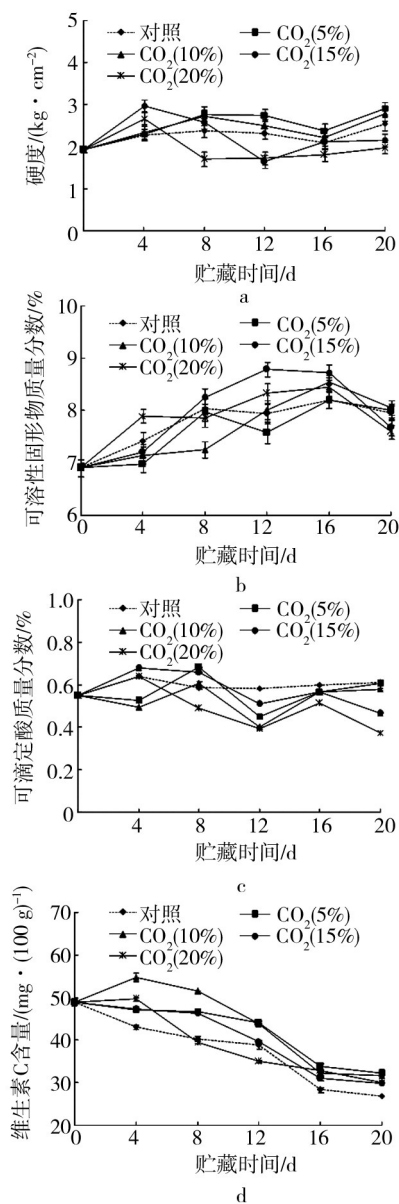


图3 草莓贮藏期间品质变化

Fig.3 Changes of quality of strawberry during the storage

对照(见图3c)。在贮藏过程中,草莓中VC含量呈逐渐下降趋势,高CO₂处理抑制了果实VC含量的下降($P<0.05$),其中,CO₂(5%)和CO₂(10%)结合气调箱贮藏的效果较好,且在贮藏20 d时,分别比对照高20.0%和17.7%($P<0.05$,见图3d)。

2.3 高CO₂结合气调箱贮藏对草莓总酚和花青素的影响

如图4a所示,在贮藏前期,草莓中总酚含量略有上升,在第4 d时达到最高值,之后总酚含量呈逐渐下降趋势,其中,对照果实总酚含量下降较快。整个贮藏期间,CO₂(5%)和CO₂(10%)结合气调箱贮藏始终保持了果实中较高的总酚含量,且在贮藏20 d时,分别比对照高88.1%和80.9%($P<0.05$)。如图4b所示,在贮藏期间,草莓中花青素含量呈上升趋势,16 d后所有处理果实均出现不同程度的下降。高CO₂贮藏显著抑制了果实中花青素的积累($P<0.05$)。在贮藏第16 d时,CO₂体积分数为5%,10%,15%,20%处理组果实的花青素含量分别比对照组低4.5%,12.0%,8.5%和5.5%。

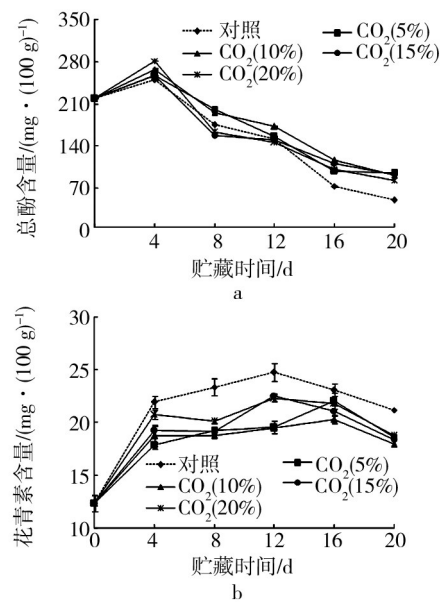


图4 草莓贮藏期间总酚和花青素含量变化

Fig.4 Changes of total phenol and anthocyanin contents of strawberry during the storage

2.4 高CO₂结合气调箱贮藏对草莓病害发生率的影响

在低温贮藏16 d并常温货架放置2 d时,对照组果实全部发生病害,而高CO₂结合气调箱贮藏在不同程度上抑制了草莓果实病害的发生。CO₂体积分数为5%,10%,15%,20%处理组果实的病害发生率分别为

8.76%, 5.38%, 27.27%和 57.14%。其中, CO₂(5%)和 CO₂(10%)组对病害的抑制效果最好, 病害发生率均低于 10%。

3 讨论

近年来, 气调贮藏作为一种有效的水果保鲜技术得到了越来越广泛的应用^[11]。高 CO₂处理可以维持果实较高的硬度和 VC 含量^[12-13], 抑制果实病害的发生^[14]。有研究报道, 不同草莓品种对高 CO₂的耐受能力不同, 由于草莓的生理代谢受 CO₂的影响, 所以适宜的 CO₂体积分数才能对草莓起到较好的保鲜效果, 过高体积分数的 CO₂反而会使果实产生不良反应^[15-16]。前期的研究结果显示, “红袖添香”草莓适宜的 CO₂应用体积分数为 5%, CO₂(10%)处理对果实口味有较大影响^[3]; “天香”草莓适宜的 CO₂应用体积分数也为 5%, CO₂(15%)处理促进了乙醇产生并加重了病害^[4]; “红颜”草莓适宜的 CO₂应用体积分数为 13%~14%^[5]。该研究采用高 CO₂结合气调保鲜箱贮藏“书香”草莓, 结果表明, “书香”草莓适合的 CO₂应用体积分数为 5%~10%, 过高体积分数的 CO₂则加重了病害。另外, 草莓属于非呼吸跃变型果实, 但贮藏前期果实 SSC 含量呈上升趋势, 是由于采收时草莓果实未达到十成熟, 在贮藏期间, 随着果实的成熟, SSC 含量增加, 而贮藏后期 SSC 有所下降是由于果实的衰老消耗了 SSC。经高 CO₂处理的果实花青素含量均低于对照, 这也与果实成熟度有关, 高 CO₂处理抑制了果实花青素的积累, 延缓了果实颜色的加深。

4 结语

不同体积分数 CO₂结合气调箱贮藏对“书香”草莓的品质有不同程度的影响。“书香”草莓适合的 CO₂体积分数为 5%~10%, CO₂(5%)和 CO₂(10%)结合气调箱可使草莓的最长贮藏期达到 16 d 以上。CO₂(5%)和 CO₂(10%)结合气调箱贮藏降低了草莓病害发生, 保持了果实较高的硬度, 抑制了 VC、总酚含量的下降和花青素的积累。在低温贮藏 16 d 并常温货架 2 d 时, CO₂(5%)和 CO₂(10%)结合气调箱贮藏果实的病害发生率低于 10%。

参考文献:

[1] 李先文, 马世民, 袁正仿. 中国草莓的种质资源和良种培育[J]. 信阳农业高等专科学校学报, 2011, 21(4): 112—114.

- LI Xian-wen, MA Shi-min, YUAN Zheng-fang. The Germ-plasm Resources and Breeding of Good Strains on Strawberry of China[J]. Journal of Xinyang Agricultural College, 2011, 21(4): 112—114.
- [2] ZHANG M, XIAO G, SALOKHE V M. Preservation of Strawberry by Modified Atmosphere Packages with Other Treatments[J]. Packaging Technology and Science, 2006, 19: 183—191.
- [3] 李文生, 王宝刚, 冯晓元, 等. “红袖添香”草莓的贮藏及品质分析[J]. 北方园艺, 2012(19): 168—169.
- LI Wen-sheng, WANG Bao-gang, FENG Xiao-yuan, et al. Storage and Quality Assessment of ‘Hongxiutianxiang’ Strawberry[J]. Northern Horticulture, 2012(19): 168—169.
- [4] 王宝刚, 李文生, 冯晓元, 等. 高二氧化碳环境对草莓有机酸及贮藏品质的影响[J]. 北方园艺, 2011(5): 12—16.
- WANG Bao-gang, LI Wen-sheng, FENG Xiao-yuan, et al. Effect of High Carbon Dioxide Atmosphere on Organic Acid Metabolism and Qualities of Strawberry[J]. Northern Horticulture, 2011(5): 12—16.
- [5] 李文生, 王宝刚, 冯晓元, 等. 利用气调箱保鲜草莓的研究[J]. 北方园艺, 2009(1): 208—210.
- LI Wen-sheng, WANG Bao-gang, FENG Xiao-yuan, et al. Study on Preservation of Postharvest Strawberry Fruits by Box of Gas Storage[J]. Northern Horticulture, 2009(1): 208—210.
- [6] 王宝刚, 李文生, 杨军军, 等. 预冷处理对草莓物流过程品质的影响[J]. 果树学报, 2013, 30(5): 878—883.
- WANG Bao-gang, LI Wen-sheng, YANG Jun-jun, et al. Effect of Pre-cooling on Qualities of Strawberry during Logistics[J]. Journal of Fruit Science, 2013, 30(5): 878—883.
- [7] 李文生, 冯晓元, 王宝刚, 等. 应用自动电位滴定仪测定水果中的可滴定酸[J]. 食品科学, 2009, 30(4): 247—249.
- LI Wen-sheng, FENG Xiao-yuan, WANG Bao-gang, et al. Study on Determination of Titratable Acidity in Fruits Using Automatic Potentiometric Titrator[J]. Food Science, 2009, 30(4): 247—249.
- [8] GB/T 5009.86—2003, 蔬菜、水果及其制品中总抗坏血酸的测定(荧光法和 2,4-二硝基苯肼法)[S].
- GB/T 5009.86—2003 Determination of Total Ascorbic Acid in Fruits, Vegetables and Derives Products—fluorometric Method and Colorimetric Method[S].
- [9] 刘洪海, 张晓丽, 杜平, 等. pH 示差法测定烟 73 葡萄中花青素含量[J]. 中国调味品, 2009, 34(4): 110—111.
- LIU Hong-hai, ZHANG Xiao-li, DU Ping, et al. Determination the Anthocyanin Content in Yan73 Grape by pH-differential Method[J]. China Condiment, 2009, 34(4): 110—111.
- [10] 徐辉艳, 孙晓东, 张佩君, 等. 红枣汁中总酚含量的福林法测定[J]. 食品研究与开发, 2009, 30(3): 126—128.
- XU Hui-yan, SUN Xiao-dong, ZHANG Pei-jun, et al. Determination of Total Phenol Content in Red Date Juice by Folin-Ciocalteu Method[J]. Food Research and Development, 2009, 30(3): 126—128.

- [7] 朱佳雷,王体健,邓君俊,等. 长三角地区秸秆焚烧污染物排放清单及其在重霾污染天气模拟中的应用[J]. 环境科学学报, 2012(12):3045—3055.
ZHU Jia-lei, WANG Ti-jian, DENG Jun-jun, et al. An Emission Inventory of Air Pollutants from Crop Residue Burning in Yangtze River Delta Region and Its Application in Simulation of a Heavy Haze Weather Process[J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2012(12):3045—3055.
- [8] 朱俊圃,任军号. 基于UG和ANSYS的有限元结构分析[J]. 新技术新工艺, 2012(12):21—23.
ZHU Jun-pu, REN Jun-hao. Finite Element Structural Analysis Based on UG and ANSYS[J]. New Technology and New Process, 2012(12):21—23.
- [9] 王永旗,夏毅锐,李艳坤,等. 涡轮叶片的UG建模和Patran/Nastran有限元应力分析[J]. 海军航空工程学院学报, 2007(6):610—614.
WANG Yong-qi, XIA Yi-rui, LI Yan-kun, et al. Modeling Using UG for Some Turbine Blade and Stress Analysis of Patran/Nastran FEM[J]. Journal of Naval Aeronautical Engineering Institute, 2007(6):610—614.
- [10] 陈德明,任鹏刚,孙德强. 纸浆模塑湿压工艺常见问题及解决方案研究[J]. 包装与食品机械, 2011(1):60—62.
CHEN De-ming, REN Peng-gang, SUN De-qiang. Research on the Wet Processing Technique's Common Problems and Solutions of Moulded Pulp Products[J]. Packaging and Food Machinery, 2011(1):60—62.
- [11] QIN L J, QIU J H, LIU M Z. Mechanical and Thermal Properties of Poly (Lactic Acid) Composites with Rice Straw Fiber Modified by Poly (Butyl Acrylate) [J]. Chemical Engineering Journal, 2011, 166(2):772—778.
- [12] AFRIFAH K A, HICKOK R A, MATUANA L M. Polybutene As a Matrix For wood Plastic Composites[J]. Composites Science and Technology, 2010, 70(1):167—172.
- [13] 陈敏,曾建德. 浅谈如何对专用测试设备应用动态压力测试技术[J]. 计测技术, 2013(S1):120—122.
CHEN Min, ZENG Jian-de. Discussion on How to Apply the Special Test Equipment with the Dynamic Pressure Measurement Technology[J]. Metrology and Measurement Technology, 2013(S1):120—122.
- [14] 付奇,王旭. 三瓦楞纸板耐破强度检测标准的思考[J]. 印刷技术, 2014(12):44—46.
FU Qi, WANG Xu. Thinking of the Three Corrugated Cardboard Resistance to Standard of the Breaking Strength Testing [J]. Printing Technology, 2014(12):44—46.
- [15] GRAUPNER N, HERRMANN A S, M S SIGB J. Natural and Man-made Cellulose Fibre-reinforced Poly (Lactic Acid) (PLA) Composites: An overview about Mechanical Characteristics and Application Areas[J]. Composites: Part A, 2009, 40(6/7):810—821.
- [16] 丁芳芳,张敏,王景平,等. 玉米纤维/PBS复合材料的制备及性能[J]. 高分子材料科学与工程, 2011, 27(10):158—161.
DING Fang-fang, ZHANG Min, WANG Jing-ping, et al. Preparation and Performance of Corn Straw Fiber/PBS Composites[J]. Polymer Materials Science & Engineering, 2011, 27(10):158—161.

(上接第41页)

- mination of Total Polyphenols of Chinese Jujube Juice by Folin-ciocalteu Method[J]. Food Research and Development, 2009, 30(3):126—128.
- [11] 戚英伟,田建文,王春良. 水果气调贮藏保鲜研究进展[J]. 保鲜与加工, 2014, 14(4):53—58.
QI Ying-wei, TIAN Jian-wen, WANG Chun-liang. Research Advances in Modified Atmosphere Preservation of Fruits[J]. Storage and Process, 2014, 14(4):53—58.
- [12] 王炜,刘红锦,王毓宁,等. 气调贮藏对金太阳杏贮藏品质的影响[J]. 江苏农业学报, 2011, 27(2):396—400.
WANG Wei, LIU Hong-jin, WANG Yu-ning, et al. Effects of Controlled Atmosphere on Quality of Golden-sun Apricot during Storage[J]. Jiangsu Journal of Agricultural Sciences, 2011, 27(2):396—400.
- [13] 王宝刚,李文生,冯晓元,等. 气调箱贮藏甜樱桃品质变化研究[J]. 中国农学通报, 2011, 27(30):253—257.
WANG Bao-gang, LI Wen-sheng, FENG Xiao-yuan, et al. Changes of Qualities in Sweet Cherry Stored with CA Box[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2011, 27(30):253—257.
- [14] TIAN S P, FAN Q, XU Y, et al. Evaluation of the Use of High CO₂ Concentrations and Cold Storage to Control Monilinia Fructicola on Sweet Cherries[J]. Postharvest Biology and Technology, 2001, 22:53—60.
- [15] WATKINS C B, MANZANO-MENDEZ J E, NOCK J F, et al. Cultivar Variation in Response of Strawberry Fruit to High Carbon Dioxide Treatments[J]. Journal of Science of Food and Agriculture, 1999, 79:886—890.
- [16] PELAYO C, EBELER S E, KADER A A. Postharvest Life and Flavor Quality of Three Strawberry Cultivars Kept at 5 °C in Air or Air+20 kPa CO₂[J]. Postharvest Biology and Technology, 2003, 27:171—183.