

DOI:10.11937/bfyy.201508034

O_2/CO_2 气调对生姜活性氧代谢及保鲜效果的影响

年彬彬, 李盼, 郭衍银

(山东理工大学 农业工程与食品科学学院, 山东 淄博 255049)

摘要:以生姜为试材, 试验设置了气体质量分数分别为 100% O_2 、90% O_2 +10% CO_2 、80% O_2 +20% CO_2 、70% O_2 +30% CO_2 和自然大气(CK)的 5 个处理, 对 20℃贮藏条件下生姜活性氧代谢及生姜品质指标进行了定期测定, 研究 O_2/CO_2 气调对生姜活性氧代谢及保鲜效果的影响。结果表明:适宜的 O_2/CO_2 处理, 特别是 100% O_2 处理能维持较高的超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)活性, 从而快速分解产生的 O_2^- 和 H_2O_2 , 增强了生姜的自身活性氧防御体系;较好地保持了生姜可溶性糖和维生素 C 的含量, 并延长了生姜保鲜的贮藏期。90% O_2 +10% CO_2 处理的保鲜效果次之, 但该处理与 100% O_2 处理没有显著差异, 70% O_2 +30% CO_2 处理的保鲜效果最差。

关键词:生姜;高氧;高二氧化碳;活性氧;保鲜;气调

中图分类号:S 632.509⁺.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)08-0130-04

生姜(*Zingiber officinale* Rosc.)是我国重要特产蔬菜之一^[1]。生姜作为香辛调料, 可用于去腥膻、添香、调味等, 被称为“菜中之祖”。目前, 我国生姜栽培面积已达 20 万 hm^2 , 约占世界栽培面积的 42%, 年均出口量 30 万 t 左右, 占世界生姜出口贸易总量的 60% 以上。

第一作者简介:年彬彬(1989-), 男, 硕士研究生, 研究方向为农产品加工及贮藏。E-mail:863618483@qq.com.

责任作者:郭衍银(1976-), 男, 博士, 副教授, 现主要从事农产品贮藏与加工技术等研究工作。E-mail:guoyy@sdut.edu.cn.

收稿日期:2015-01-19

由于生姜为一年一作的栽培作物, 其市场的均衡供应主要依靠贮藏保鲜, 因此, 研究生姜保鲜技术已成为提升我国生姜产业发展的关键。

气调被证明是目前较为有效的果蔬保鲜方式, 但一般采用适当降低 O_2 、提高 CO_2 进行, 虽能在一定程度上控制果蔬呼吸速率, 降低营养损失, 但容易出现 CO_2 伤害和异味^[2-3] 等问题。该课题组前期研究表明, O_2/CO_2 气调对西兰花具有很好的保鲜效果^[4-6], 使西兰花在 15℃ 的保鲜期从 3 d 延长到 16 d, 且提高 O_2 能在一定程度上缓解 CO_2 伤害。为了验证 O_2/CO_2 气调在其它果蔬保

Nondestructive Detection of Apple Watercore Based on Hyperspectral Imaging

WANG Si-ling¹, CAI Cheng², MA Hui-ling¹, LONG Yi-lin²

(1. College of Life Science, Northwest Agriculture and Forest University, Yangling, Shannxi 712100; 2. College of Information Engineering, Northwest Agriculture and Forest University, Yangling, Shannxi 712100)

Abstract: In order to evaluate the ability of near infrared hyperspectral imaging to detect watercore in apple fruits, hyperspectral images of 240 apples cv. 'Qinguan' including sound fruit and watercore fruit were collected by near infrared hyperspectral camera (900—1 700 nm). The apple regions of hyperspectral images were extracted as region of interest (ROI) in which its average spectrum was calculated. To recognize watercore fruits, 4 kinds of feature selection methods and 3 kinds of kernel function of support vector machine (SVM) classifier were adopted. The results showed that 2 kinds of feature selection which based on chi-square test and support vector machine recursive feature elimination (SVM-RFE) were superior to the methods of *F* classic test and decision tree. The accurate rate of watercore distinguish of 4 kinds of feature selection with 3 kinds of kernel function of SVM classifier at 1—200 wavebands was 48.6%—70.2%, 48.6%—72.0%, 33.3%—71.8% and 47.2%—70.8%, respectively; moreover, the accurate rate of watercore distinguish based on SVM-RFE, which was the best method, reached the highest level of 72.0%.

Keywords: apple; watercore; hyperspectral image; feature selection; SVM; kernel function

鲜方面的可行性,该试验以生姜为试材,研究了 O_2/CO_2 气调对生姜活性氧代谢及保鲜效果的影响,以期对生姜保鲜开辟一条新途径,也为后期生姜贮藏过程中害虫的控制提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试生姜品种为“莱芜大姜”,于 2013 年 10 月 26 日采收于山东莱芜韩王许村,采收后立即运回山东理工大学农业工程与食品科学学院冷库。试验处理前,在 $15^\circ C$ 预冷 24 h 以除去田间热,然后选取无病虫害,无机械损伤,大小一致的生姜进行气调处理。

仪器:SHB-B95 型循环水式多用真空泵(郑州长城科工贸有限公司);202 型电热鼓风干燥箱(龙口市先科仪器公司);梨形分液漏斗;UV-1750 紫外可见分光光度计(岛津国际贸易有限公司);GL-20G-2 型高速冷冻离心机(上海安亭仪器制造厂);AL-1D4 型分析天平(梅特勒一托利多仪器有限公司);FZ102 型微型植物粉碎机(天津市泰斯特仪器有限公司);MR-07825-00 O_2/CO_2 测定仪(美国 FBI-Dan sensor 公司);HP-2132 色度计(上海双旭电子有限公司)。

药剂:2,4-二硝基苯肼(天津市光复精细化工研究所);亚甲基蓝(上海盈元化工有限公司);TBA(上海强顺化学试剂有限公司);亚铁氰化钾(上海博精化工股份有限公司);甲基红(天津福晨化学试剂厂);抗坏血酸(天津大茂化学试剂厂)。

1.2 试验方法

将预冷后的生姜分别放入 5 个容积为 $0.4 m^3$ 的气调箱内,每箱质量 20 kg,置于 $(20 \pm 0.5)^\circ C$ 冷库内贮藏。贮藏期间分别通入气体质量分数为 100% O_2 、90% O_2 + 10% CO_2 、80% O_2 + 20% CO_2 、70% O_2 + 30% CO_2 的气体,以自然大气为对照(CK),通气速率为 $0.05 m^3/min$ 。通入的气体用 MR-07825-00 O_2/CO_2 测定仪每 2 d 校正

1 次。气调箱下部夹层内放置少量自来水,以维持贮藏环境的湿度。贮藏过程中每隔 7 d 进行相应指标的测定。至生姜出现腐烂、变色或产生异味即终止贮藏,视为生姜的保鲜期。

1.3 项目测定

超氧阴离子(O_2^-)和过氧化氢(H_2O_2)含量测定参照现代植物生理学实验指南^[7]。超氧化物歧化酶(SOD)活性测定参照邹琦^[8]的方法,过氧化物酶(POD)活性和丙二醛(MDA)含量测定参照李合生^[9]方法,维生素 C 的含量测定采用 2,4-二硝基苯肼比色法^[10];生姜失重率采用称量法定期测定;可溶性糖含量测定采用王晓英^[11]的方法。

1.4 数据分析

试验数据采用 Excel 软件作图,SPSS 12.0 软件进行 LSD 显著性分析, $P \leq 0.05$ 为显著水平。

2 结果与分析

2.1 O_2/CO_2 气调对生姜 O_2^- 、 H_2O_2 含量的影响

O_2^- 和 H_2O_2 是果蔬受到逆境胁迫时产生的主要活性氧,其含量高低能够反映果蔬受到的逆境胁迫的严重程度^[12]。由图 1 可知, O_2/CO_2 气调处理对生姜贮藏期间 O_2^- 和 H_2O_2 含量的影响基本相同,均呈先上升后下降趋势。同时可以看出,随着 CO_2 含量的增加, O_2^- 和 H_2O_2 含量均有下降趋势。其中,以 100% O_2 处理表现最高,整个贮藏期间其平均含量分别为 1.72 、 $0.16 \mu mol/g$; 70% O_2 + 30% CO_2 处理表现最低,其平均含量分别为 1.16 、 $0.10 \mu mol/g$,表明 CO_2 具有明显的抑制 O_2^- 和 H_2O_2 生成的作用。需要指出的是,各个处理标出的最终数据点不尽相同,如 70% O_2 + 30% CO_2 、CK 和 100% O_2 分别为 21、28、42 d,这主要是各个处理贮藏期不同所致。70% O_2 + 30% CO_2 主要表现为异味,而 CK 主要表现为变色,其它处理主要表现为腐烂。

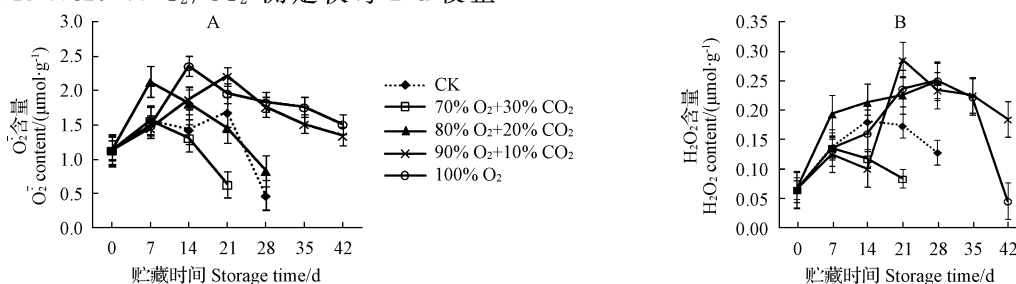


图 1 气调对生姜 O_2^- 和 H_2O_2 含量的影响

Fig. 1 Effect of controlled atmosphere on O_2^- and H_2O_2 content of ginger

2.2 O_2/CO_2 气调对生姜 POD、SOD 活性的影响

由图 2 可以看出,各处理生姜 SOD 活性随着贮藏时间的延长均呈现出降低的变化趋势。但各处理间存有较明显差异。其中,100% O_2 和 90% O_2 + 10% CO_2 处理的 SOD 活性一直处在较高的水平且相对稳定,而 70% O_2 + 30% CO_2 处理组下降最为迅速,且一直处于较低水平。POD 活性变化趋势和 SOD 活性大体一致,均是随着 CO_2

含量的增加呈下降的变化趋势(图 2B)。如贮藏第 14 天时,100% O_2 、90% O_2 + 10% CO_2 和 70% O_2 + 30% CO_2 的 POD 活性分别为 28.00 、 29.70 、 $14.36 U \cdot min^{-1} \cdot g^{-1} FW$ 。由图 1 可以看出,虽然 O_2 提高刺激了 O_2^- 、 H_2O_2 产生以及 SOD、POD 活性,但 SOD、POD 活性上升的程度较大。如整个贮藏期间,70% O_2 + 30% CO_2 的 O_2^- 和 SOD 活性分别为 90% O_2 + 10% CO_2 处理的 28.5% 和 45.4%,

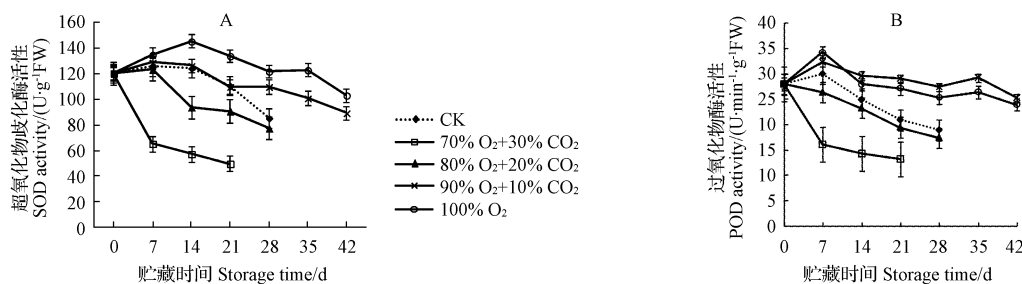


图2 气调对生姜 POD 活性和 SOD 活性的影响

Fig. 2 Effect of modified atmosphere on POD activity and SOD activity of ginger

表明适宜的 O_2/CO_2 气调能提高活性氧的代谢系统。

2.3 O_2/CO_2 气调对生姜 MDA 含量的影响

丙二醛(MDA)是细胞膜脂质过氧化的产物,很好的反映脂质过氧化的程度^[13-14]。图3表明,贮藏期间各处理生姜的MDA含量均呈上升趋势,但上升速率存在一定差异。70% O_2 +30% CO_2 上升最快,21 d内上升了56.4%;100% O_2 上升最慢,42 d仅上升了19.9%。

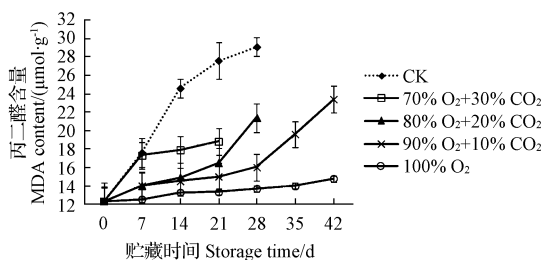


图3 气调对生姜丙二醛含量的影响

Fig. 3 Effect of modified atmosphere on MDA content of ginger

2.4 O_2/CO_2 气调对生姜失重率的影响

失重率是衡量果蔬采后保鲜效果的重要指标,体现了果蔬贮藏期间水分和营养物质的双重损失^[15]。由图4可知,随着贮藏时间的延长,各处理失重率均呈上升趋势。同时,各处理失重率在贮藏前期(0~7 d)增加较为迅

速,之后逐渐减缓,这与贮藏前期生姜水分含量高,呼吸作用强有关。就增加程度而言,100% O_2 和90% O_2 +10% CO_2 失重较少,而其余3个处理均有明显增高。

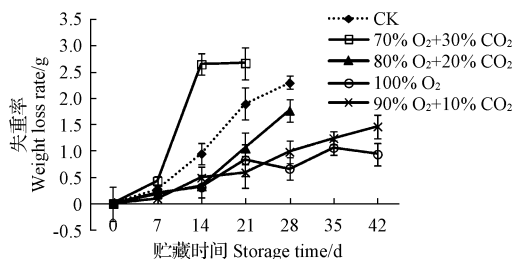


图4 气调对生姜失重率的影响

Fig. 4 Effect of modified atmosphere on weight loss rate of ginger

2.5 O_2/CO_2 气调对生姜可溶性糖、维生素C含量的影响

可溶性糖和维生素C是评价生姜采后品质的重要指标^[16-17]。由图5可知,随着贮藏时间的延长,生姜可溶性糖、维生素C含量均呈下降趋势。其中,100% O_2 处理下降最为缓慢,整个贮藏期间分别下降了21.8%和20.37%。90% O_2 +10% CO_2 处理也表现出很好的保持可溶性糖和维生素C作用,与100% O_2 不存在显著差异。70% O_2 +30% CO_2 处理下降最快,整个贮藏期间(21 d)下降了76%。

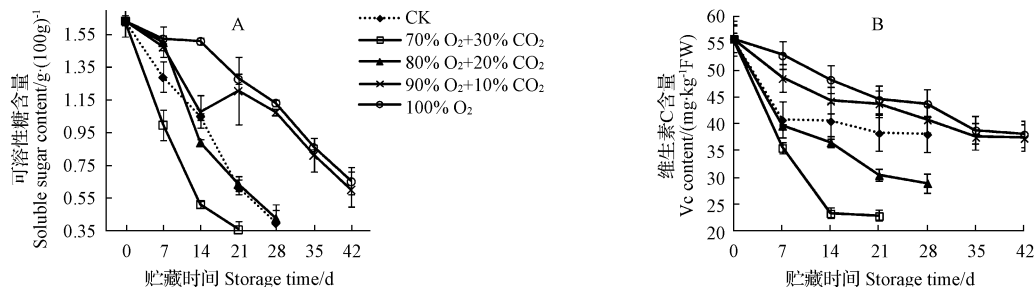


图5 气调对生姜可溶性糖含量和维生素C含量的影响

Fig. 5 Effect of modified atmosphere on soluble sugar content and vitamin C content of ginger

3 讨论与结论

活性氧自由基伤害学说认为,生物体内活性氧的产生及其清除处于动态平衡状态,但在逆境条件下,这种平衡就会遭到破坏,造成活性氧产生加快而清除能力下

降,进而造成生物体结构和功能的损伤^[13]。适宜的贮藏条件,可使贮藏果蔬活性氧含量处于较低水平,而活性氧清除酶活性处于较高水平,这样才能减少活性氧伤害。该试验中,过高 CO_2 含量虽能显著降低 O_2^- 和

H₂O₂ 含量,但其 SOD、POD 活性也表现很低,进而造成 MDA 含量增加。100%O₂ 虽然刺激了 O₂⁻ 和 H₂O₂ 的产生,但更增加了 SOD 和 POD 活性(图 2),MDA 积累反而较少。这些研究结果与刘战丽等^[18]、王成涛等^[19] 的研究结果一致。

随着气调技术的发展,O₂/CO₂ 气调保鲜技术已在火龙果^[20]、茼蒿^[21] 保鲜方面表现出很大优势。该研究中,100%O₂ 以及 90%O₂+10%CO₂ 能较好的维持生姜体内活性氧代谢的平衡,并保持较好的贮藏品质,表明生姜较适于高 O₂ 保鲜,但不适合高 CO₂ 保鲜,这可能与生姜的贮藏特性及体内营养成分有关。目前,生姜贮藏主要采用的是姜窖贮藏,其贮藏温度一般在 13℃ 左右,保鲜期可达 8 个月以上^[22]。该研究所用的贮藏温度为 20℃,生姜的保鲜期仅为 42 d,可能与贮藏过程中温度过高有关。

总之,20℃ 条件下 100%O₂ 处理能有效的保持生姜贮藏品质、维持较高的 SOD、POD 活性及活性氧代谢能力,有效控制体内 MDA 的积累,延长贮藏期至 42 d。90%O₂+10%CO₂ 处理的保鲜效果稍差,但与 100%O₂ 没有显著差异。70%O₂+30%CO₂ 处理虽能降低 O₂⁻ 和 H₂O₂ 产生,但更进一步降低了 SOD、POD 活性,并导致了 MDA 含量增加,进而造成贮藏品质的下降,其贮藏期仅为 21 d。

参考文献

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典[M]. 北京:化学工业出版社, 2002.
- [2] 刘颖,邹志敏,李云飞,等. 果蔬气调贮藏国内外研究进展[J]. 食品与发酵工业,2006,32(4):94-97.
- [3] Andrés C, Bert E V, Francisco A H, et al. Respiration rates of fresh-cut bell peppers under super atmospheric and low oxygen with or without carbon dioxide[J]. Postharvest Biology and Technology, 2007, 45(1):81-88.
- [4] 郭衍银,李玲,陈东,等. O₂ 联合 CO₂ 气调对西兰花活性氧代谢及保鲜效果的影响[J]. 食品科学,2013,34(24):305-308.
- [5] 李玲,郭衍银,王媛媛,等. 10℃ 下 O₂ 联合 CO₂ 气调对西兰花生理生化及保鲜效果的影响[J]. 西北农业学报,2013,22(9):146-152.
- [6] Guo Y Y, Gao Z Y, Li L, et al. Effort of controlled atmosphere with varying O₂/CO₂ levels on the postharvest senescence and quality of broccoli (*Brassica oleracea* L. var. Italica) florets[J]. European Food Research and Technology, 2013, 237(6):943-950.
- [7] 中国科学院上海植物生理研究所,上海市植物生理学会. 现代植物生理学实验指南[M]. 上海:上海科学技术出版社,1999:308-309.
- [8] 邹琦. 植物生理生化试验指导[M]. 北京:中国农业出版社,1995:36-39,97-99.
- [9] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社, 2006:164-165,260-260.
- [10] 金邦荃. 营养学实验与指导[M]. 南京:东南大学出版社,2006:9-11.
- [11] 王晓英. 葡萄酒中还原糖测定方法滴定终点判断的研究[J]. 食品研究与开发,2013,34(4):85-86.
- [12] Yuan G F, Sun B, Yuan J, et al. Effect of 1-methylcyclopropene on shelf life, visual quality, antioxidant enzymes and health-promoting compounds in broccoli florets[J]. Food Chemistry, 2000, 118(2):774-781.
- [13] Jones R B, Faragher J D, Winkler S. A review of the influence of postharvest treatments on quality and glucosinolate content in broccoli (*Brassica oleracea* var. italica) heads[J]. Postharvest Biology and Technology, 2006, 41(1):1-8.
- [14] 郑永华,苏新国,李欠盛,等. 高氧对枇杷果实贮藏期间呼吸速率和多酚氧化酶活性及品质的影响[J]. 植物生理学通讯,2000,36(4):318-320.
- [15] 张芬琴,谢宗平,王晓琴,等. 工业废水对黄瓜幼苗生长及叶片抗氧化系统的影响[J]. 干旱地区农业研究,2006,24(4):76-80.
- [16] 郭衍银,朱艳红,谭慧娟,等. 气调对花椒芽生理生化特性及保鲜果的影响[J]. 西北农业学报,2011,20(9):150-154.
- [17] Wang C Y. Effect of short-term high CO₂ treatment on the market quality of stored broccoli[J]. Journal of Food Science, 1979, 44(5):1478-1482.
- [18] 刘战丽,王相友,朱继英,等. 高氧气调对果蔬采后生理和品质影响研究进展[J]. 农业机械学报,2009,40(7):112-119.
- [19] 王成涛,王昌涛,刘柳,等. 不同氧分压对金针菇贮藏保鲜效果的影响[J]. 食品科学,2010,38(8):385-390.
- [20] 王生有,陈玉陇,徐玉娟,等. 高 O₂ 与高 CO₂ 气调包装对鲜切火龙果品质的影响[J]. 热带作物报,2014,35(6):1221-1227.
- [21] 陈学兵,秦卫东,马利华,等. 高氧气调包装对鲜切茼蒿抗氧化活性的影响[J]. 食品科学,2011,32(18):313-318.
- [22] 尹莉. 生姜贮藏保鲜技术[J]. 应用推广,2013,4(4):34-35.

Effect of O₂/CO₂ Controlled Atmospheres on Active Oxygen Metabolism and Storage Quality of Ginger

NIAN Bin-bin, LI Pan, GUO Yan-yin

(School of Agricultural and Food Engineering, Shandong University of Technology, Zibo, Shandong 255049)

Abstract: Taking ginger as test materials, the effect of O₂/CO₂ controlled atmospheres on active oxygen metabolism and storage quality of ginger were studied by using five different treatments of 100%O₂, 90%O₂+10%CO₂, 80%O₂+20%CO₂, 70%O₂+30%CO₂, and natural air CK were set as control, and the oxygen metabolism and storage quality of ginger were measured during storage at 20℃. The results showed that proper O₂/CO₂ controlled atmosphere especially 100%O₂ treatment could maintain high activities of superoxide dismutase (SOD) and peroxidase (POD), reduce the contents of O₂⁻ and H₂O₂, and enhance ginger's defense system for reactive oxygen, maintain soluble sugar content and vitamin C content of ginger, extend the shelf life of fresh ginger. The effect of 90%O₂+10%CO₂ treatment was a little worse than that of 100%O₂ treatment, but there was no significant difference between them. 70%O₂+30%CO₂ treatment behaved the worst effect among all treatments.

Keywords: ginger; high oxygen; high carbon dioxide; active oxygen; storage; controlled atmosphere