

doi:10.11937/bfyy.20170673

不同保鲜方法对黄秋葵果实贮藏品质及 活性氧代谢的影响

辛松林^{1,2}, 秦文¹, 李慧妍¹, 亢小勤², 湛仁贵²

(1. 四川农业大学 食品学院, 四川 雅安 625014; 2. 四川旅游学院 食品学院, 四川 成都 610100)

摘 要:以黄秋葵果实为试材,采用4种不同保鲜处理(壳聚糖、气调、1-MCP、水杨酸,以不作任何处理为对照)后,置于 $(9\pm 1)^{\circ}\text{C}$,相对湿度85%~90%条件下贮藏,研究贮藏过程中黄秋葵果实活性氧代谢相关物质的变化。结果表明:3种保鲜处理及气调较对照均可显著提高黄秋葵果实的总抗氧化能力、DPPH·清除能力、超氧阴离子自由基($\text{O}_2^{\cdot-}$)清除能力、羟基自由基($\cdot\text{OH}$)清除能力;显著降低细胞膜的渗透率、 H_2O_2 含量和 $\text{O}_2^{\cdot-}$ 含量。可知壳聚糖处理的保鲜效果最好,其次为水杨酸、1-MCP,气调处理的保鲜效果最差。

关键词:壳聚糖;1-MCP;气调;水杨酸;黄秋葵果实;贮藏品质;活性氧代谢

中图分类号:S 649.609.1+3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)23-0164-06

黄秋葵(*Abelmoschus esculentus*)属锦葵科秋葵属一年生草本植物,果实肉质柔嫩,口感润滑,具有独特的风味,又因其果实内部含有较为丰富

的粘性多糖、蛋白质、维生素及黄酮等,不但具有较高的营养价值,还具有一定的医疗保健功能。随着社会对于绿色、有机蔬菜关注度的不断提高,黄秋葵作为兼备营养与保健功能的蔬菜之一,已经获得了越来越多的重视。但因黄秋葵果实表面积大,有细小绒毛,采后易发生失水、老化而丧失食用价值,这些因素极大的影响了黄秋葵的消费和流通,因此,针对这一难题,研究出有效的保鲜贮藏方法对采后的黄秋葵果实进行处理,不仅可以减小经济损失,更有利于黄秋葵的进一步推广。

近年来,有关黄秋葵的研究主要集中于种植、加工及应用等方面^[1-4],尤其在黄秋葵功能性成

第一作者简介:辛松林(1981-),男,博士,副研究员,现主要从事农产品加工与贮藏等研究工作。E-mail:23016024@qq.com.

责任作者:秦文(1967-),女,博士,教授,博士生导师,现主要从事果蔬采后生理等研究工作。E-mail:qinwen1967@aliyun.com.

基金项目:四川省科技厅科技支撑资助项目(2016JY0119);四川省教育厅面上资助项目(16ZA0351)。

收稿日期:2017-05-18

was 0.497% by RSM under the optimum extract conditions. The experimental extraction ratio matched well with the theoretical value of 0.538% by solving the multiple regression equation. RSM had been proved to be an effective technique for optimization of extraction process and the fitted quadratic model had a predictive effect on target extracts. The scavenging effect of ginger extracts, BHT and L-ascorbic acid on $\cdot\text{OH}$ with the same concentration were sorted by L -ascorbic acid > BHT > ginger extract, and all the three antioxidant reagents displayed a significant dose-effect relationship.

Keywords: response surface methodology; ginger; total flavonoids; methanol soaked; extraction ratio; hydroxyl radicals scavenging effect

分^[5-7]的提取、特色保健食品^[8-10]的开发等方面,但关于黄秋葵贮藏过程中品质的变化和生理调控等方面的研究较少^[11-12]。有关黄秋葵贮藏保鲜环节的基础研究相对薄弱,特别关于贮藏中黄秋葵果实内部活性氧代谢的研究甚少。因此,现以黄秋葵果实为试材,探讨不同保鲜处理方法对采后黄秋葵贮藏品质和活性氧代谢的影响,通过比较不同处理对黄秋葵贮藏品质、活性氧代谢系统等方面的影响来评价不同保鲜处理对黄秋葵的保鲜效果,从而筛选出最优的处理方法,以期为黄秋葵的贮藏、保鲜、加工、应用等方面提供参考依据和应用指导。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试台湾五福黄秋葵(*Abelmoschus esculentus*)采自绵阳市农业科学研究院黄秋葵种植基地。

供试试剂:壳聚糖(脱乙酰度 $\geq 90\%$),成都科龙化工试剂厂;安喜布(规格为 25 cm \times 20 cm),兰州嘉诚生物技术有限公司;其它试剂均为市售分析纯。

供试仪器:UV-3200 扫描型紫外/可见分光光度计,上海美谱达仪器有限公司;SC-508 型气调箱,天津森罗科技发展有限公司;TA.XT plus 物性测试仪,英国 SMS 公司;SC-80C 全自动色差计,北京康光仪器有限公司;DDS-11A 型电导仪,上海理达仪器厂;冷冻高速离心机,美国 Thermo 公司;GC-2010 气相色谱仪,日本岛津公司等。

1.2 试验方法

挑选大小一致,无病虫害的黄秋葵果实分为 5 组,每组 50 个,分别进行以下处理。壳聚糖处理^[13-14]:将黄秋葵果实浸于 1.0% 壳聚糖液中 1 min,待黄秋葵果实表面完全浸润,捞出后自然风干;气调处理:将黄秋葵果实放入气调箱内,通入 5% O_2 + 8% CO_2 气体;1-MCP 处理^[13-14]:将 0.5 片安喜布和 250 个黄秋葵果实同时放入带有纸屑的泡沫箱(340 mm \times 220 mm \times 180 mm),盖紧盖子,放置 24 h 后取出黄秋葵;水杨酸处理:将黄秋葵果实放入诺福消毒剂中浸泡 30 s,自然晾干后浸于 5.0 mmol \cdot L⁻¹水杨酸溶液中 15 min,

取出晾干后装入带有纸屑的泡沫箱内;对照:不做任何处理。将上述处理后的黄秋葵果实置于(9 \pm 1) $^{\circ}C$,相对湿度 85%~90%条件下贮藏,每 3 d 对果实果肉部位取样并测定相关指标,每指标重复 3 次。

1.3 项目测定

1.3.1 贮藏品质指标

果实硬度采用质构仪测定;失重率采用质量法测定;色差 L 值采用色差计测定^[14]。

1.3.2 活性氧代谢相关指标

细胞膜渗透率采用相对电导率法测定^[15]; O_2^- 产生速率参照王晶英^[16]的方法测定; H_2O_2 参照 MUKHERJEE 等^[17]的方法测定;总抗氧化能力参照 PRIETO 等^[18]的方法测定;DPPH \cdot 清除能力参照 BRAND-WILLIAMS 等^[19]的方法测定; O_2^- 清除能力参照 ACKER 等^[20]的方法测定; $\cdot OH$ 清除能力参照赵国建等^[21]的方法测定。

1.4 数据分析

采用 SPSS 20.0 软件和 Origin 8.1 软件对数据进行分析处理,选用 ANOVA 进行邓肯式多重差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理对黄秋葵果实品质的影响

2.1.1 不同处理对黄秋葵果实失重率的影响

由图 1 可以看出,各处理及对照的黄秋葵果实失重率均呈上升的趋势。对照失重率显著高于各处理,而不同处理抑制黄秋葵果实失重率上升

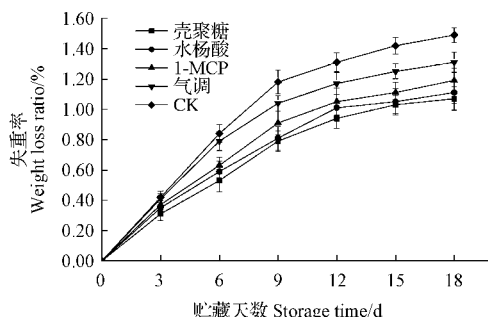


图 1 不同处理对黄秋葵失重率的影响

Fig. 1 Effects of different treatments on the weight loss ratio of okra fruit

的能力不同。壳聚糖处理效果最佳,贮藏结束时,其失重率仅为 1.07%,显著低于其它 3 个处理及对照,水杨酸处理次之。

2.1.2 不同处理对黄秋葵果实硬度的影响

由图 2 可知,各处理黄秋葵果实的硬度随贮藏时间的延长呈下降的趋势,果实随之逐渐变软,保鲜剂处理及气调处理均能不同程度的抑制黄秋葵果实硬度的下降,壳聚糖处理的硬度显著高于其它处理及对照,水杨酸处理次之。

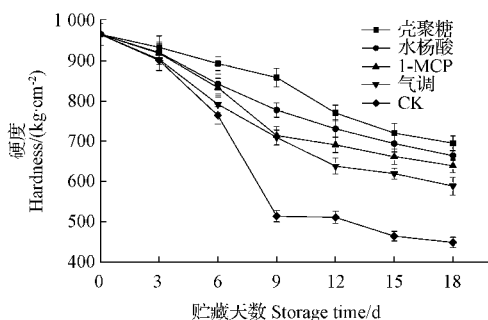


图 2 不同处理对黄秋葵果实硬度的影响

Fig. 2 Effects of different treatments on the hardness of okra fruit

2.1.3 不同处理对黄秋葵果实色差 L 值的影响

由图 3 可知,不同处理下黄秋葵果实色差 L 值的变化均随贮藏时间的延长而不断降低。各处理的 L 值均显著高于对照,表明 4 种处理在延缓黄秋葵果实 L 值下降方面均起到了一定的作用。其中,水杨酸、1-MCP、气调处理之间差异不显著,其 L 值均显著低于壳聚糖处理。

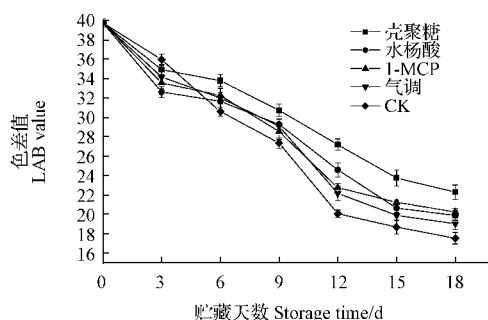


图 3 不同处理对黄秋葵果实色差 L 值的影响

Fig. 3 Effects of different treatments on the color L value of okra fruit

2.2 不同处理对黄秋葵果实活性氧代谢的影响

2.2.1 不同处理对黄秋葵果实细胞膜渗透率的影响

以相对电导率表示细胞膜渗透率的变化程度。由图 4 可知,不同处理下黄秋葵果实的相对电导率均呈逐渐上升的变化趋势。对照相对电导率显著高于壳聚糖、水杨酸、1-MCP 及气调处理,且这 4 个处理间差异显著。在整个贮藏期间,壳聚糖处理的相对电导率显著低于其它处理。

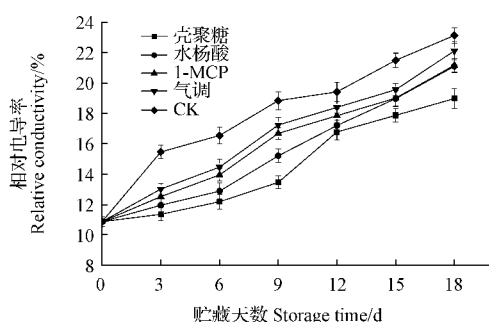


图 4 不同处理对黄秋葵果实细胞膜渗透率含量的影响

Fig. 4 Effects of different treatments on the cell membrane permeability of okra fruit

2.2.2 不同处理对黄秋葵果实 O_2^- 产生速率的影响

由图 5 可知,不同处理下黄秋葵果实 O_2^- 产生速率均随着贮藏时间的延长而呈逐渐上升的趋势。对照的 O_2^- 产生速率显著高于壳聚糖、水杨酸、1-MCP 及气调处理,这 4 个处理均对黄秋葵果实 O_2^- 的产生速率起到一定抑制作用,且壳聚糖处理的抑制效果最好,水杨酸处理次之,各处理

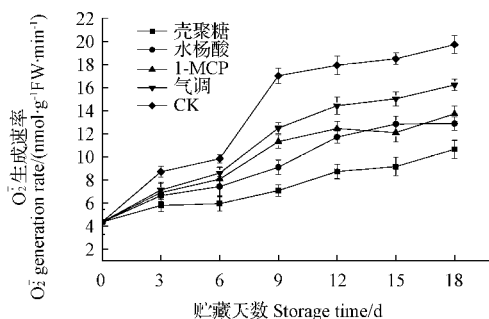


图 5 不同处理对黄秋葵果实 O_2^- 产生速率的影响

Fig. 5 Effects of different treatments on the O_2^- generation rate of okra fruit

之间的抑制效果存在显著差异。

2.2.3 不同处理对黄秋葵果实 H_2O_2 含量的影响

在贮藏中,黄秋葵果实的 H_2O_2 含量表现出先升高后降低的趋势(图 6)。气调、1-MCP、水杨酸和壳聚糖处理在贮藏 3 d 后 H_2O_2 含量急剧升高,随后均开始逐渐降低,其中壳聚糖处理的 H_2O_2 含量一直显著低于其它处理和对照。气调、1-MCP、水杨酸、壳聚糖处理均能抑制低温贮藏前期黄秋葵果实中 H_2O_2 含量的升高,并在贮藏中后期保持较低的 H_2O_2 含量,减轻 H_2O_2 对膜系统的氧化胁迫,其中以壳聚糖处理效果最佳。

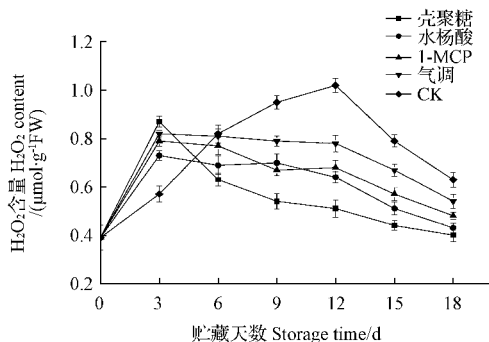


图 6 不同处理对黄秋葵果实 H_2O_2 含量的影响

Fig. 6 Effects of different treatments on the content of H_2O_2 in okra fruit

2.2.4 不同处理对黄秋葵果实总抗氧化能力的影响

由图 7 可知,贮藏期间不同处理下黄秋葵果实的总抗氧化能力均呈先升后降的变化趋势。18 d 时气调、1-MCP、水杨酸、壳聚糖处理的总抗氧化

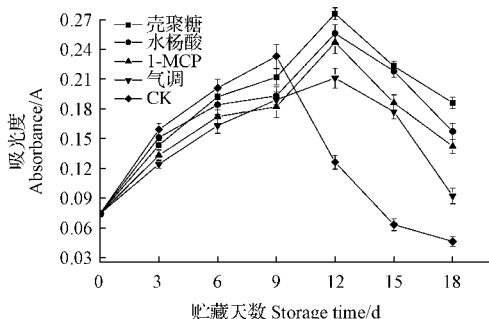


图 7 不同处理对黄秋葵果实总抗氧化能力的影响

Fig. 7 Effects of different treatments on total antioxidant activities of okra fruit

能力均显著高于对照。其中,壳聚糖处理的总抗氧化能力显著高于其它处理。表明壳聚糖、水杨酸、1-MCP 及气调处理均能有效延缓黄秋葵果实中总抗氧化能力峰值的出现并抑制其后期的下降。以壳聚糖处理的效果最好,水杨酸处理次之。

2.2.5 不同处理对黄秋葵果实 DPPH·清除能力的影响

由图 8 可知,黄秋葵果实对 DPPH·具有一定的清除能力,且这种清除能力会随着贮藏时间的延长呈先上升后下降的趋势。贮藏前 9 d,对照 DPPH·清除率增加的最快,至 9 d 时达到最大值后迅速下降。而气调、1-MCP、水杨酸、壳聚糖处理的 DPPH·清除率均在 12 d 时达到最大值,且在整个贮藏中,保鲜处理及气调处理的 DPPH·清除能力的增加幅度和下降幅度均比较缓慢,显著低于对照。与其它处理相比,壳聚糖处理能延缓 DPPH·清除率峰值的出现,从而达到提高黄秋葵果实品质及商品价值的目的。

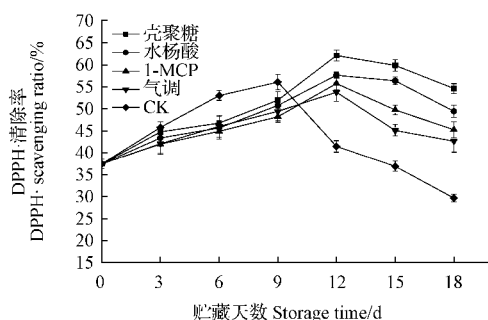


图 8 不同处理对黄秋葵果实中 DPPH·清除能力的影响

Fig. 8 Effects of different treatments on DPPH· scavenging activities of okra fruit

2.2.6 不同处理对黄秋葵果实超氧阴离子自由基清除能力的影响

气调、1-MCP、水杨酸、壳聚糖处理黄秋葵的超氧阴离子自由基($O_2^{\cdot-}$)清除率均呈现先上升后下降的变化趋势(图 9)。对照在第 9 天达到 $O_2^{\cdot-}$ 清除率的最大值 37.21%,之后迅速下降;气调、1-MCP、水杨酸处理的 $O_2^{\cdot-}$ 清除率的高峰均出现在第 12 天;而壳聚糖处理的 $O_2^{\cdot-}$ 清除率的高峰出现在第 15 天。贮藏至 18 d 时,4 种处理的 $O_2^{\cdot-}$ 清除率均显著高于对照。表明 4 种处理均能够推迟

黄秋葵果实 O_2^- 清除率最大值的出现,并保持较高的 O_2^- 清除率,其中壳聚糖处理的效果最好。

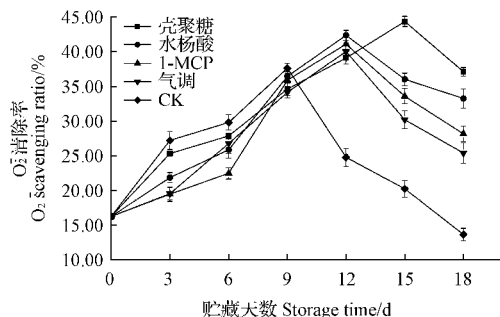


图9 不同处理对黄秋葵果实中超氧阴离子自由基清除能力的影响

Fig. 9 Effects of different treatments on superoxide anion radical scavenging activities of okra fruit

2.2.7 不同处理对黄秋葵果实羟基自由基清除能力的影响

由图 10 可知,随着贮藏时间的延长,不同处理下黄秋葵果实的羟基自由基($\cdot OH$)清除率均呈先上升后下降的变化趋势。第 9 天时,对照的 $\cdot OH$ 清除率达到最高峰随后迅速下降。气调、1-MCP、水杨酸、壳聚糖处理 $\cdot OH$ 清除率均在贮藏的第 12 天出现峰值。至 18 d 时,对照 $\cdot OH$ 清除率显著低于气调、1-MCP、水杨酸、壳聚糖处理。上述结果表明,4 种处理均能推迟黄秋葵果实 $\cdot OH$ 清除率高峰的出现,并可以抑制其达到最高值后的下降幅度。其中,壳聚糖处理的效果最佳,水杨酸处理次之。

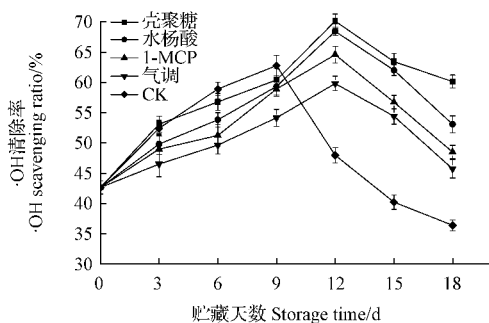


图10 不同处理对黄秋葵果实中羟基自由基清除能力的影响

Fig. 10 Effects of different treatments on hydroxyl radical scavenging activities of okra fruit

3 讨论与结论

当果蔬组织在贮藏过程中发生衰老时,其细胞内活性氧的代谢平衡往往会遭到破坏,膜脂过氧化反应代谢产物大量积累,从而引发或加剧细胞质膜系统的损伤,进而导致果蔬贮藏品质的下降等^[22]。因此,果蔬成熟衰老的进程即是活性氧代谢失调与代谢产物累积的过程^[23-24],要延缓果蔬衰老的进程需减少活性氧代谢产物的积累,降低细胞膜透性^[25],提高果蔬的总抗氧化能力,从而延缓细胞质膜的氧化损伤,进而延长果蔬贮藏期及其贮藏品质。

该试验通过对采后黄秋葵果实使用壳聚糖、1-MCP、水杨酸处理及气调等保鲜手段,并比较不同处理方法及保藏方式对黄秋葵果实活性氧代谢的相关指标,从而找到相对较优的保鲜处理方法,为黄秋葵的深加工提供参考依据。

参考文献

- [1] NDJOUENKEU R, AKINGBALA J O, OGUNTINMEIN G B. Emulsifying properties of three African food hydrocolloids: Okra (*Hibiscus esculentus*), dika nut (*Irvingia gabonensis*), and kham (*Belschmiedia* sp.) [J]. Plant Foods for Human Nutrition, 1997, 51(3): 245-255.
- [2] NOGUEIRA J N, CANTARELLI P R, GALLO C R, et al. Effect of calcium addition and acidification on the quality characteristics of canned okra (*Hibiscus esculentus* L.) [J]. Archivos Latinoamericanos de Nutricion, 1997, 47(1): 62-65.
- [3] INYANG U E, IKE C I. Effect of blanching, dehydration method and temperature on the ascorbic acid, colour, sliminess and other constituents of okra fruit [J]. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 1998, 49(2): 125-130.
- [4] PROMMAKOL A, SAJJANANTAKUL T, JANJARA-SKUL T, et al. Whey protein-okra polysaccharide fraction blend edible films: Tensile properties, water vapor permeability and oxygen permeability [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2011, 91(2): 362-369.
- [5] 信毅投资咨询(上海)有限公司. 秋葵活性成分在制备防治代谢性疾病的药物中的应用: CN102670673[P]. 2012-09-19.
- [6] SHEU S C, LAI M H. Composition analysis and immunomodulatory effect of okra (*Abelmoschus esculentus* L.) extract [J]. Food Chemistry, 2012, 134(4): 1906-1911.
- [7] 赵焕焕. 黄秋葵多糖提取纯化及体外抗氧化活性的探讨 [D]. 郑州: 郑州大学, 2012.
- [8] 任丹丹. 黄秋葵多糖提取纯化及其体外结合胆酸能力和抑制肿瘤活性分析 [D]. 广州: 华南理工大学, 2011.

- [9] 姚锡华. 治疗烧烫伤的外用小秋葵油剂:CN1895308A[P]. 2007-01-17.
- [10] MANDA F, TADERA K, AOYAMA K. Skin lesions dueto okra (*Hibiscus esculentus* L.); Proteolytic activity and allergenicity of okra[J]. Contact Dermatitis, 1992, 26(2): 95-100.
- [11] SHAOLI H, TAOTAO L, GUOXIANG J, et al. 1-Methylcyclopropene reduces chilling injury of harvested okra (*Hibiscus esculentus* L.) pods[J]. Scientia Horticulturae, 2012, 141: 42-46.
- [12] SARANPUETTI C, TANAKA M, SONE T, et al. Determination of enzymes from *Colletotrichum* sp. AHU9748 essential for lepidimoid production from okra polysaccharide[J]. Journal of Bioscience and Bioengineering, 2006, 102(5): 452-456.
- [13] 李慧妍, 秦文, 辛松林, 等. 壳聚糖保鲜对黄秋葵果实常温贮藏品质及生理的影响[J]. 食品工业科技, 2015(19): 327-331.
- [14] 李慧妍, 秦文, 辛松林, 等. 壳聚糖和 1-甲基环丙烯对黄秋葵果实低温贮藏品质及生理的影响[J]. 食品与发酵工业, 2015(12): 202-207.
- [15] 王学奎. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006: 28-30.
- [16] 王晶英. 植物生理生化实验技术与原理[M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 2003.
- [17] MUKHERJEE S P, CHOUDHURI M A. Determination of glycoalte oxidase activety H_2O_2 content and catalase activity[J]. Physiol Plant, 1983(58): 167-170.
- [18] PRIETO P, PINEDA M, AGUILAR M. Spectro photometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex specific application to the determination of vitamin E[J]. Anal Biochem, 1999, 269(2): 337-341.
- [19] BRAND-WILLIAMS W, CUVELIER M E, BERSET C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity[J]. LWT-Food Science and Technology, 1995, 28(1): 25-30.
- [20] ACKER S A, BALEN G P, BERG D J, et al. Influence of iron chelation on the antioxidant activity of flavonoids [J]. Biochemical Pharmacology, 1998, 56(8): 935-943.
- [21] 赵国建, 王向东, 王未芳. 核桃青皮多酚的抗氧化性研究[J]. 农产品加工, 2011, 235(2): 36-39.
- [22] 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, 2011.
- [23] RON M. Oxidative stress antioxidants and stress tolerance [J]. Trends in Plant Science, 2002, 7(9): 405-410.
- [24] RON M, SANDY V, MARTIN G, et al. Reactive oxygen gene network of plants[J]. Trends in Plant Science, 2004, 9(10): 490-498.
- [25] 姜瑜倩, 李喜宏, 负娟, 等. 不同保鲜剂处理对山药贮藏品质的影响[J]. 食品工业科技, 2012, 33(9): 402-404.

Effect of Different Preservation Treatments on Storage Quality and Reactive Oxygen Production Okra Fruit

XIN Songlin^{1,2}, QIN Wen¹, LI Huiyan¹, KANG Xiaoqin², SHEN Rengui²

(1. College of Food Science, Sichuan Agricultural University, Ya'an, Sichuan 625014; 2. College of Food Science, Sichuan Tourism College, Chengdu, Sichuan 610100)

Abstract: Okra fruit as the sample was studied by treatment of chitosan, salicylic acid, 1-MCP and controlled atmosphere ((9 ± 1) $^{\circ}\text{C}$, RH 85%—90%) in this study. Production of reactive oxygen and related substances change of okra fruit were investigated. The results showed that the total antioxidant capacity could be improved by preservative treatment of chitosan, salicylic acid, 1-MCP and controlled atmosphere. The treatment samples also improved DPPH · clearance ability, $O_2^{\cdot -}$ clearance ability, and ($\cdot\text{OH}$) clearance ability. But significantly reduced the permeability of cell membrane, H_2O_2 content and $O_2^{\cdot -}$ content. The results revealed that chitosan treatment showed the best post-harvest quality. The preservation of salicylic acid treatment group were better than 1-MCP treatment group and controlled atmosphere.

Keywords: chitosan; 1-MCP; controlled atmosphere; salicylic acid; okra fruit; storage quality; active oxygen metabolism