

# 番茄、青椒混储过程的硅窗气调保鲜

凡家莉<sup>1</sup>, 张 慙<sup>\*1</sup>, 周海莲<sup>2</sup>, 宋永亮<sup>2</sup>

(1. 江南大学 食品学院, 江苏 无锡 214122; 2. 无锡德林船舶设备有限公司, 江苏 无锡 214191)

**摘要:** 以粉红熟番茄、青椒为试材, 采用硅窗气调、减压储藏和冷藏 3 种保鲜方式, 研究硅窗气调对番茄、青椒混储生理生化品质的影响。结果表明: 硅窗气调贮藏有利于番茄、青椒混储品质的保持, 失重率的变化、色泽的变化、VC 的降解、可滴定酸和可溶性固形物下降及膜脂过氧化产物丙二醛(MDA)的积累, 均较其他两种贮藏方式缓慢; 硅窗气调有利于番茄、青椒混储期品质的保持, 延长其储藏期。

**关键词:** 番茄、青椒; 硅窗气调; 生理生化; 品质; 混储

**中图分类号:** TS 255.36 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673—1689(2015)08—0873—06

## Study on the Storage of Mixed Tomato and Green Pepper During Modified Atmosphere Packing with Silicon Gum Film Window(MAPW)

FAN Jiali<sup>1</sup>, ZHANG Min<sup>\*1</sup>, ZHOU Hailian<sup>2</sup>, SONG Yongliang<sup>2</sup>

(1. School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 2. Wuxi Delin Boat Equipment Co., Wuxi 214191, China)

**Abstract:** To explore the effect of MAPW on physic-biochemiscal index of mixed tomato and green pepper, three different storage conditions, MAPW (silicone membrane areas: 16 cm<sup>2</sup>; temperature: (10±1) °C), hypobaric storage (vacuum pressure: 35~40 kPa; temperature: (10±1) °C), and cold storage (temperature: (10±1) °C) were used to store tomato and green pepper. The results showed that mixed tomato and green pepper stored in MAPW got better quality with a significant delay in changes of weight and color, the content of ascorbic acid, the decrease in soluble solids and titratable acidity, and the accumulation of malondialdehyde (MDA) in membrane lipid peroxidation products compared to the other two storage methods. It is concluded that MAPW can maintain the quality of the mixed pink-mature tomato and green bell pepper and thus prolong their shelf life.

**Keywords:** tomato, green pepper, physio-biochemiscal quality, modified atmosphere packing with silicon gum film window, mixed storage

随着我国航海事业的发展, 执行任务的船舶经常远赴重洋, 短则 1 个月, 长则百余天<sup>[1]</sup>, 海上物资

(果蔬等)的供给十分重要。但由于船舶空间有限, 可供蔬菜的种类很少, 为了使船员可以吃到新鲜

收稿日期: 2014-05-20

基金项目: 江苏省重点研发计划(现代农业)项目(BE2015310217)。

\* 通信作者: 张 慙(1962—), 男, 浙江平湖人, 工学博士, 教授, 博士研究生导师, 主要从事农产品加工与贮藏方面的研究。

E-mail: min@jiangnan.edu.cn

丰富的蔬菜,提高船舶空间利用率,蔬菜混合储藏有着广阔的前景与深远的意义。而混储的问题很多<sup>[1]</sup>;果蔬采后会产生一定量的乙烯,特别是呼吸跃变型果蔬,可加速果蔬的熟化、衰老,特别是多品种混储,乙烯的影响更大,如西红柿和黄瓜混储,黄瓜很快就变黄;易造成病原微生物的交叉感染;各果蔬因品种、产地等均不同,故其贮藏要求的温度、湿度及气体组分亦不同,混储时只能按照大部分蔬菜的要求,所谓众口难调,因此会影响部分蔬菜的保鲜期。

目前关于蔬菜混储研究已有少量报道,Kwang Soo Lee 等<sup>[2]</sup>研究了蔬菜沙拉混储的气调保鲜实验,其采用的原料为胡萝卜、黄瓜、洋葱和青椒;Filipa M. Silva 等<sup>[3]</sup>对草莓和菜豆的混储气调实验进行了研究;而关于番茄、青椒的混储实验尚未见有报道。故本研究主要针对船用蔬菜,出于远航及船舶空间考虑,番茄、青椒混储具有重要意义。

番茄(*Solanum lycopersicum* L.),俗称西红柿,是茄科茄属番茄亚属的多年生草本植物,原产于中美洲和南美洲,现已广泛种植。它富含胡萝卜素、维生素 C 和 B 族维生素,其中番茄红素(类胡萝卜素的一种)具有很强的抗氧化、防癌、抗癌、清除香烟和汽车废气中的有毒物质及活化免疫细胞等功用,是一种很好的食品添加剂<sup>[4]</sup>。番茄是一种呼吸跃变型蔬菜<sup>[5]</sup>,采后易腐败,不易保藏。青椒(*Capsicum annuum* L.),双子叶植物纲,菊亚纲,茄科。原产中南美洲热带,其富含 VC,营养丰富,现已广泛种植。其采后面临的问题主要有皱缩、萎蔫及病原微生物感染。此外,温度低于 7℃会发生冷害,导致萼片点蚀<sup>[6]</sup>。

硅窗气调是一种特殊的气调贮藏,它通过在包装容器上,如塑料帐、塑料袋、包装盒上镶嵌一定面积的硅橡胶膜,利用硅橡胶良好的透气性及对乙烯、二氧化碳、氧气等具有选择透过性能,来达到对帐内或袋内的气体成分进行调控的目的<sup>[7]</sup>。它是一种方便、经济、效果好的保鲜技术而受到很多学者的重视与研究。Garipey<sup>[8]</sup>等人于 1986 年在实验室进行实验,评估硅橡胶膜系统对于长期贮藏芹菜的效果,在 O<sub>2</sub>+CO<sub>2</sub> 分别为 0.8%+17.7%,2.0%+12.6%两组气调环境中,贮藏温度为 1.5℃,芹菜能贮藏 128 d,而同样条件下的普通气调贮藏只能贮藏 29 d。2007 年,许学勤<sup>[9]</sup>等研究了硅窗气调袋对水芹菜保鲜的影响,研究表明,气体组分 O<sub>2</sub> 4.48%,CO<sub>2</sub> 2.78%的效果较好。目前关于番茄、青椒单独进行硅

窗气调的研究较少,关于二者混储的硅窗气调保鲜未见报道。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

番茄、青椒:采自于无锡南泉蔬菜基地,采后立即运回实验室,平摊于冷库中(9±1)℃预冷 12 h。选用大小相似、无病虫害、无机械损伤的粉红熟番茄与青椒进行实验;硅窗袋薄膜:高密度聚乙烯膜(HDPE),尺寸 50 cm×70 cm,厚度 0.035 mm;硅橡胶模(面积为 16 cm<sup>2</sup>)为兰州物化所生产的 FC-8 硅橡胶膜。

### 1.2 实验设备

UV-2600 紫外分光光度计:上海天美科学仪器有限公司;SIGMA2-16K 低温高速离心机:德国西格玛公司;电子称:多孔恒温水浴锅水浴锅;CR-400 色差计:日本柯尼卡美能达有限公司;VS-6 减压库:上海锦立保鲜科技有限公司;常压库:无锡市企虹制冷有限公司。

### 1.3 实验方法

**1.3.1 实验设计** 将挑选好的番茄、青椒分 3 组进行混储实验:一组进行机械冷藏;一组进行硅窗气调;一组进行减压储藏。每组质量 2 kg 左右。

机械冷藏:将番茄和青椒混放于筐中(长×宽×高:40 cm×30 cm×10 cm),套上气调袋 HDPE(尺寸 50 cm×70 cm,厚度 0.035 mm),折口后放于冷库中冷藏(10±1)℃;减压贮藏:将番茄和青椒 45 cm×35 cm×25 cm 的带盖塑料筐中,压力控制在 35~40 kPa,温度控制在(9~11)℃,湿度控制在 85%~90%;硅窗气调贮藏:将番茄和青椒混放于筐中(长×宽×高为 40 cm×30 cm×10 cm),套上制得的面积为 16 cm<sup>2</sup> 硅窗袋,将气调袋口密封,置于温度为(10±1)℃环境中储藏。本实验共 3 个处理,每个处理 3 个平行,分别测定各项指标。

**1.3.2 生理生化指标的测定** 呼吸强度:采用静置法<sup>[10]</sup>,结果以 mg/(kg·h)表示;失重率:采用称量法<sup>[10]</sup>,用原始质量减去每次称得的质量,两者之差与原始质量相除即得失重率,结果以%表示;色泽的测定:色差计进行测量,以色泽比(a\*/b\*)表示;抗坏血酸(Ascorbic acid)含量的测定:参照国标 GB6195-86<sup>[11]</sup>,采用 2,6-二氯酚酚滴定法,但因番茄、青椒均有颜色,会对测定结果造成干扰,故在该方法的

基础上进行了改进,采用2,6-二氯酚反滴定法<sup>[12]</sup>,结果以mg/100g表示;丙二醛(malonaldehyde, MDA)含量的测定:采用硫代巴比妥酸法<sup>[13]</sup>,结果以nmol/g表示;可滴定酸(titratable acidity, TA)含量的测定:以每100克中氢离子毫摩尔数表示,参照国标GB 12293-90,结果以mmol/100g表示;可溶性固形物(Soluble solids content, SSC)含量的测定<sup>[6]</sup>;采用折射法,结果以%表示。

#### 1.4 数据处理

数据取3次测定的平均值,利用软件进行数据分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 失重率的变化

失重率变化的原因有二:一是水分损失,二是呼吸作用的消耗。通常果蔬的含水量较高,一般在85%~95%之间,其失重率主要是由水分损失引起的。

图1—2分别显示的是不同贮藏方式对番茄、青椒混储后各自失重率的影响。从图1、2可看出,随着贮藏时间的延长,番茄、青椒的失重率均呈上升趋势。

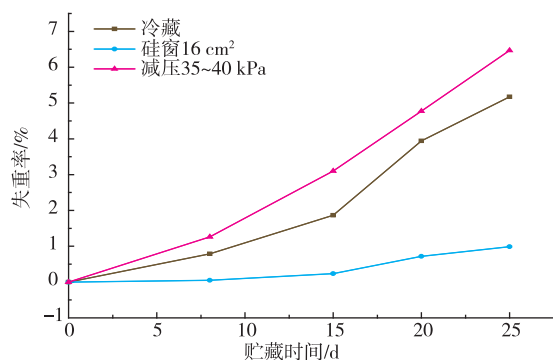


图1 不同贮藏方式对番茄失重率的影响

Fig. 1 Effect of different storage methods on weight loss of tomato

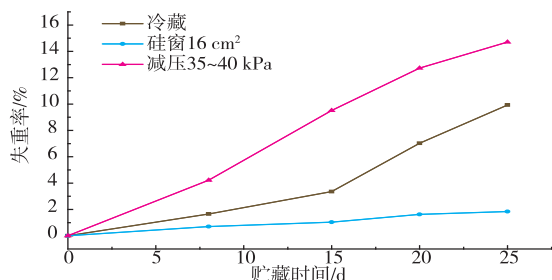


图2 不同贮藏方式对青椒失重率的影响

Fig. 2 Effect of different storage methods on weight loss of green bell pepper

从图1可以看出,硅窗气调贮藏的番茄失重率要低得多,贮藏25d时,失重率约为1%;减压贮藏的失重率最高,约为6.47%;机械冷藏的失重率为5.0%左右。图2显示减压冷藏青椒的失重率最高,贮藏第8天,失重率达4.2%,第15天,失重率已过9%;贮藏25天后,硅窗气调、机械冷藏和减压贮藏的失重率分别为1.85%、9.92%、14.70%。果蔬失水将直接导致其外观的变化及品质的恶化,Beit-Halachmy 和 Mannheim(1992)认为,失重3%~6%就会引起大多数果蔬品质的明显下降<sup>[14]</sup>。

硅窗气调能有效地减缓番茄、青椒失重率的上升,贮藏效果优于减压贮藏和冷藏。减压冷藏引起快速失水是导致其质量下降的主要原因。这一研究结果与李铁华等<sup>[10]</sup>研究硅窗气调包装茶树菇的结果相符。

### 2.2 呼吸强度的变化

果蔬采后仍是一个生命体,进行着呼吸与代谢,呼吸强度越高,说明代谢越旺盛,营养物质消耗得越快,品质下降得越快。呼吸强度是衡量呼吸代谢强弱的指标,对果蔬贮藏具有重要的指导意义。

番茄、青椒是呼吸跃变型蔬菜,在成长和成熟过程中呼吸强度会突然升高,达到高峰后下降,高峰过后,蔬菜风味品质逐渐下降。图3—4分别显示不同贮藏方式对番茄、青椒混储后各自呼吸强度的影响。

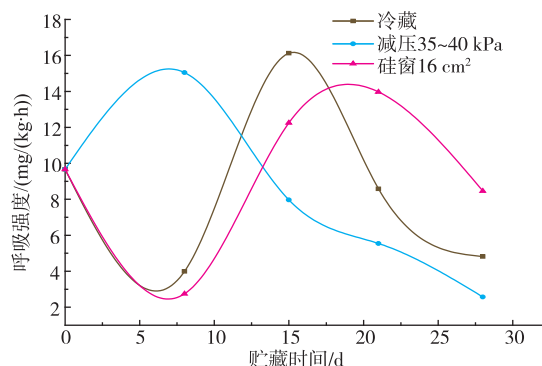


图3 不同贮藏方式对番茄呼吸强度的影响

Fig. 3 Effect of different storage methods on respiration rate of tomato

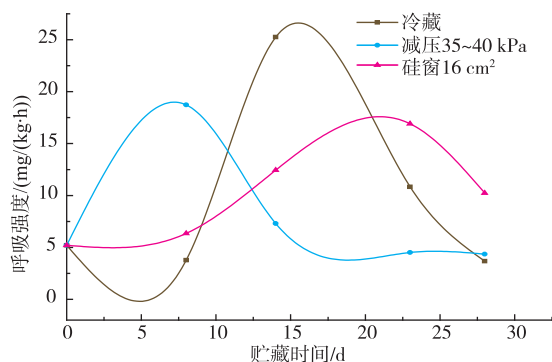


图4 不同贮藏方式对青椒呼吸强度的影响

Fig. 4 Effect of different storage methods on respiration rate of green bell pepper

### 2.3 番茄色泽的变化

外观是生鲜农产品最为重要的感官品质之一,包括形状、大小、质构、色泽等。其中色泽是消费者评价商品首要的标准,关乎其可接受度。果蔬的色泽主要来自于天然色素,在果蔬成熟过程中,很多色素会发生变化,导致果蔬色泽的变化,色泽是衡量果蔬成熟度的指标之一。

番茄的色泽变化较明显,因此对番茄的颜色进行测量。采用 LAB 系统,用色泽比  $a^*/b^*$  [15] 来表示番茄色表现色泽的变化情况,  $a^*/b^*$  值越大,说明番茄红度越大,成熟度亦越高。

图5显示,不同贮藏方式对番茄色泽变化的影响。随着贮藏时间的延长,不同贮藏方式下番茄的  $a^*/b^*$  值均逐渐变大,其中减压贮藏番茄  $a^*/b^*$  值变化最大,色泽变化最快;硅窗气调的  $a^*/b^*$  值变化最缓慢,低于其他两种贮藏方式。

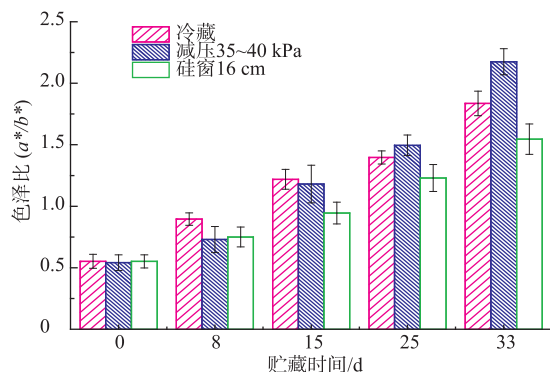


图5 不同贮藏方式对番茄色泽变化的影响

Fig. 5 Effect of different storage methods on color changes of tomato

### 2.4 抗坏血酸(VC)变化

VC 是一种己糖醛基酸,广泛存在于果蔬中,容

易受到外界因素的影响而损失,对果蔬本身的质量变化有灵敏的反映,它的含量变化能较好地指示果蔬的品质状况<sup>[10]</sup>。

图6—7显示的是不同贮藏方式对番茄、青椒混储各自 VC 质量分数的影响,随着贮藏时间的延长,番茄、青椒中 VC 的质量分数都逐渐下降。

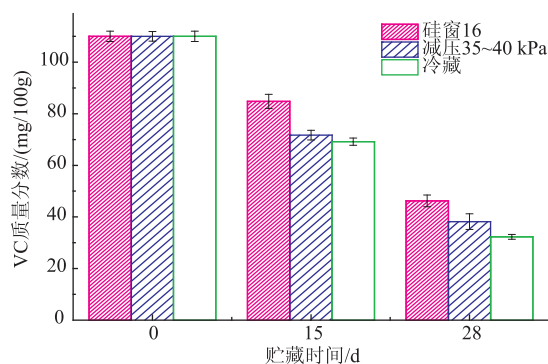


图6 不同贮藏方式对青椒中抗坏血酸质量分数的影响

Fig. 6 Effect of different storage methods on ascorbic acid content of green bell pepper

图6显示,青椒在常压冷藏下其 VC 质量分数下降最快,贮藏 15 d,损失率已达 37.12%;减压贮藏的为 34.8%;硅窗气调贮藏的损失率为 22.94%,要低于其他两种储藏方式。

图7显示,硅窗气调贮藏的番茄 VC 质量分数下降的较减压贮藏和冷藏的慢,贮藏 25 d 时,硅窗气调、减压贮藏和冷藏下番茄的 VC 质量分数分别为 11.07、9.77、9.16 mg/100 g,说明硅窗气调有利于青椒与番茄的混储。

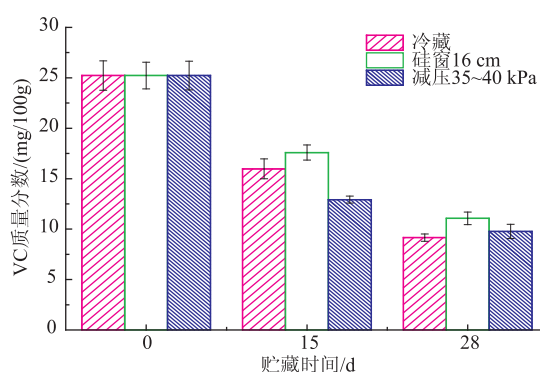


图7 不同贮藏方式对番茄中抗坏血酸质量分数变化的影响

Fig. 7 Effect of different storage methods on ascorbic acid content of tomato

### 2.5 丙二醛(MDA)、可滴定酸(TA)、可溶性固形物含量的变化

丙二醛是膜脂过氧化产物,其含量多少是膜系统受损害程度的标志。其含量越高,说明受损害越严重。DU 等<sup>[16]</sup>研究了青椒随着贮藏时间的延长,丙二醛含量逐渐上升。

可滴定酸(TA)是蔬菜品质主要性状构成之一,是影响蔬菜风味的重要因素之一。

植物组织中可溶性固形物(SSC)多少可反映组织中糖及其他固形物的含量,此外与细胞的持水力有关,对于果蔬采后水分损失具有意义<sup>[10]</sup>。Nourian 等报道呼吸作用是导致可溶性固形物下降的主要因素<sup>[10]</sup>。

表 1 显示不同贮藏方式对混储青椒中 MDA、TA、SSC 含量的影响。从表 1 中可看出,随着贮藏时间的延长,青椒中的 TA 含量逐渐下降,MDA 积累

逐渐增加,贮藏 18 d 时,冷藏、减压贮藏、硅窗气调的 TA 含量分别是 1.40、1.25、1.65 nmol/100 g,SSC 值分别为 4.6%、4.7%、5.1%。硅窗气调一定程度减缓了青椒 TA、SSC 含量的下降。贮藏 28 d 时,硅窗气调下青椒的 MDA 积累量最小,约为 1.64 nmol/g,冷藏和减压贮藏分别为 4.68、3.54 nmol/g。MDA 是膜脂过氧化产物,在果蔬正常生长下,氧自由基的产生和清除处于动态平衡状态,不会对果蔬造成伤害,但果蔬被采摘后,生理胁迫和衰老使活性氧的产生增多,而清除能力逐渐降低,原有平衡被打破,自由基的积累会启动膜脂过氧化的连锁反应,加重对膜系统的损伤,使 MDA 含量增加<sup>[10]</sup>。硅窗气调一定程度降低 MDA 的含量,降低其对青椒细胞膜的损害。

表 1 不同贮藏方式对青椒 MDA、TA、SSC 含量的影响

Table 1 Effect of different storage methods on soluble solids, titratable acidity and malonaldehyde content of green bell pepper

| 项目                          | 处理   | 贮藏时间/d |                    |                    |
|-----------------------------|------|--------|--------------------|--------------------|
|                             |      | 0      | 18                 | 28                 |
| 可滴定酸摩尔质量浓度/<br>(nmol/100 g) | 冷藏   |        | 1.40±0.1           | 0.92±0.05          |
|                             | 减压贮藏 |        | 1.25±0.070 711     | 0.78±0.083         |
|                             | 硅窗气调 |        | 1.65±0.052 915     | 1.3±0.1            |
| 可溶性固形物质量分数/<br>%            | 冷藏   |        | 4.6±0.007          |                    |
|                             | 减压贮藏 |        | 4.7±0.05           |                    |
|                             | 硅窗气调 |        | 5.1±0.015 2        |                    |
| MDA 摩尔质量浓度/<br>(nmol/g)     | 冷藏   |        | 1.520 3±0.022 595  | 4.680 12±0.083 622 |
|                             | 减压贮藏 |        | 0.714 58±0.055 926 | 3.540 48±0.220 914 |
|                             | 硅窗气调 |        | 0.236 16±0.052 207 | 1.639 44±0.014 689 |

3 结 语

蔬菜采后生理复杂,其中呼吸是导致其品质恶化的主要原因,呼吸可导致有害物质的积累<sup>[17]</sup>。四季豆呼吸强度和超氧阴离子自由基(O<sup>2-</sup>·)、过氧化氢(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)和丙二醛(MDA)等有害物质的积累有关<sup>[17]</sup>。

作者主要比较了机械冷藏((10±1)℃)、硅窗气调(16 cm<sup>2</sup>)和减压贮藏(35~40 kPa)三种贮藏方式对青椒、番茄混储保鲜的影响。硅窗气调可有效抑制青椒、番茄呼吸作用,维持较高的 VC、TA、SSC 保留率,降低 MDA 积累量,有利于延长青椒、番茄混储的保藏期,效果优于其他两种储藏方式。

参考文献:

[1] 包骞. 远洋蔬果保鲜特性分析及复合气调保鲜的应用研究[J]. 农产品加工, 2009:65-66.  
BAO Qian. The analysis of ocean fruits and vegetables and research on composite modified atmosphere [J]. **Agricultural Products Processing**, 2009:65-66. (in Chinese)  
[2] 蔡俊. 番茄红素提取工艺的研究[J]. 食品与发酵工业, 2000, 2:50-53.  
CAI Jun. Study on extractive technology of lycopene[J]. **Food and Fermentation Industries**, 2000, 2:50-53. (in Chinese)

- [3] Cag˘ atay Ozden · Levent Bayindirli. Effects of combinational use of controlled atmosphere, cold storage and edible coating applications on shelf life. and quality attributes of green peppers[J]. **Eur Food Res Technol**, 2002, 214:320-326.
- [4] 关恒利. 硅窗自动调气技术在果蔬贮藏中的应用[J]. 农业科技与装备, 2001:36-37.  
GUAN Hengli. The application of MAP with silicon gum film window in vegetables and fruits [J]. **Agriculture Science and Equipment**, 2001:36-37. (in Chinese)
- [5] Garié py Y, Raghavan G S V, Thé riault R. Controlled atmosphere storage of celery with the silicone membrane system[J]. **International Journal of Refrigeration**, 1986, 9(4):234-239.
- [6] 许学勤. 水芹菜硅窗袋气调保鲜初始气体成分的优化研究[J]. 食品工业科技, 2007, 28:187-188.  
XU XUEqing. Study on the effects of different initial gases ratio in modified atmosphere packaging with Si-rubber bag of *Oenanthe javanica*[J]. **Food Science and Technology**, 2007, 28:187-188. (in Chinese)
- [7] 李铁华. 硅窗气调包装延长茶树菇贮藏期的工艺及机理研究[D]. 无锡: 江南大学, 2007.
- [8] GB 6195-1986, 水果、蔬菜维生素 C 含量测定法(2,6-二氯酚酚滴定法)[S].
- [9] 张丙春. 水果—蔬菜有色浸提液中 VC 的测定——反滴定法[J]. 食品研究与开发, 2001, 22:54-55.  
ZHANG Bingchun. The measurement of VC extracted from colorful vegetables and fruits——The titration [J]. **Food Research and Development**, 2001, 22:54-55. (in Chinese)
- [10] Tadamichi Inoue etc. Specific determination of malonaldehyde by N-methyl-2-phenylindole or thiobarbituric acid [J]. **JAOCS**, 1998, 75:597-600.
- [11] Zuorro A, Lavecchia R. Mild enzymatic method for the extraction of lycopene from tomato paste [J]. **Biotechnol Biotec Eq**, 2010, 24(2):1854-1857.
- [12] Suparlan, Kazuhiko ITOH. Combined effects of hot water treatment and MAP on tomatoes [J]. **Packaging Technology and Science**, 2003, 16:171-178.
- [13] DU Jinhua, FU Maorun, LI Miaomiao, et al. Effects of chlorine dioxide gas on postharvest physiology and storage quality of green bell pepper (*Capsicum frutescens* L. var. *Longrum*) [J]. **Agricultural Sciences in China**, 2007, 6(2):214-219.
- [14] 王利斌. 气调贮藏对四季豆生理生化特性的影响[J]. 食品科学, 2013, 34:289-293.  
WANG Libin. Physiobiochemical characteristics of *Phaseolus vulgaris* L. during controlled atmosphere storage [J]. **Food Science**, 2013, 34:289-293. (in Chinese)

## 会 议 信 息

会议名称(中文): 第七次全国毒理学大会

所属学科: 病毒与免疫学, 生理学与病理学

开始日期: 2015-10-25

结束日期: 2015-10-28

所在城市: 湖北省 武汉市

主办单位: 中国毒理学会

协办单位: 华中科技大学同济医学院公共卫生学院、武汉大学公共卫生学院

承办单位: 湖北省疾病预防控制中心、湖北省毒理学会

联系人: 孔祥颖 13693181962

联系电话: 010-66932387, 010-68187038

E-MAIL: csot7@chntox.org

会议网站: <http://www.chntox.org/csot7/cn/>

会议背景介绍: 第七次全国毒理学大会(CSOT-VII)将于 2015 年 10 月 25-28 日在武汉召开。大会由中国毒理学会主办, 湖北省疾病预防控制中心和湖北省毒理学会承办, 华中科技大学同济医学院公共卫生学院、武汉大学公共卫生学院协办。会议学术交流将包括特邀大会主旨报告、大会报告、分会专题报告和墙报交流等。会议交流语言为中文。

一、会议主题: 协同创新, 驱动毒理学发展

二、会议专题: T01. 临床毒理学与中毒救治 T02. 环境、生态毒理学 T03. 药物毒理学与药物安全评价 T04. 食品安全与营养 T05. 放射毒理学 T06. 工业毒理与职业卫生 T07. 药物依赖、神经毒理 T08. 农药与新化学品毒理学评价 T09. 纳米毒理学与新材料毒理学 T10. 生物毒素毒理学 T11. 饲料及兽医毒理学 T12. 靶器官毒理学 T13. 生殖与发育毒理学 T14. 遗传毒性与癌变机理 T15. 系统毒理学与转化医学 T16. 毒物代谢与毒代动力学 T17. 毒性测试策略与毒理学替代法 T18. 毒性生物标为鼓励年轻科技人员参会并发现毒理学优秀后备科技人才, 大会将评选青年(40 岁以下)优秀论文奖, 由中国毒理学会颁发大会优秀论文证书并给予一定奖励。