

# 双温热处理对西兰花采后贮藏品质的影响

董华强<sup>1,2</sup>, 宁正祥<sup>2</sup>, 汪跃华<sup>1</sup>, 黄剑波<sup>1</sup>, 林丽超<sup>1</sup>

(1. 佛山科学技术学院食品系, 广东 佛山 528231;

2. 华南理工大学食品与生物工程学院, 广东 广州 510641)

**摘 要** 采后热处理是延长西兰花(*Brassica oleracea* L.)保鲜寿命的一种有效方法。本研究在单温热浸处理采后西兰花研究的基础上, 以前期实验结果最佳单温热浸处理为对照, 采用不同双温热处理组合热浸处理采后西兰花, 在商业贮运温度条件(5℃)下贮藏 10d, 转到货架温度条件(20℃)下贮藏 3d 后, 进行保鲜品质、黄化率、霉斑率、叶绿素含量、细胞膜透性和过氧化物酶活性等测定。结果表明, 适当的双温热浸处理可以明显提高采后西兰花的保鲜品质, 其它检测指标也表明适当的双温处理表现出有利于贮藏保鲜的变化趋势。

**关键词**: 双温热处理; 热浸; 西兰花; 保鲜

## Effects of Two-stage Heat Treatment on Storage Quality of Harvested Broccoli

DONG Hua-qiang<sup>1,2</sup>, NING Zheng-xiang<sup>2</sup>, WANG Yue-hua<sup>1</sup>, HUANG Jian-bo<sup>1</sup>, LIN Li-chao<sup>1</sup>

(1. Department of Food Science, Foshan University, Foshan 528231, China 2. College of Food and Biological Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510641, China)

**Abstract**: Heat treatment is an effective measure for postharvest storage of broccoli. On the basis of the previous experiment, to take the optimum single temperature heat treatment as a comparison the harvested broccoli were instead treated by different combinations of two-stage heat treatment. The heat-treated broccoli were stored at usual commercial conditions as 5℃ for 10d, then transferred to 20℃ for 3d. The storage qualities such as yellowing rate, mold spreading rate, chlorophyll content, cell membrane permeability, and peroxidase activity of the stored broccoli were assayed. The results demonstrated that the storage qualities of the two-stage heat treated broccoli were improved significantly in comparison with the single temperature heat treated broccoli, and the other detected indexes of the two-stage heat treated broccoli also exhibited tendency benefit to keeping the storage quality.

**Key words**: two-stage heat treatment; heat immersion; broccoli; postharvest

中图分类号: TS205.9

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2005)12-0231-04

西兰花(broccoli)(*Brassica oleracea* L.)在国际市场上有很高的市场价值, 是我国出口蔬菜主要种类之一。但采后西兰花代谢非常旺盛, 绿色花球迅速黄化, 1~3d 便失去商品价值<sup>[1, 2]</sup>; 加之近年来发达国家对进口果蔬在生产、贮运过程化学药品使用限制越来越严, 西兰花采后保鲜环节成为限制我国西兰花远洋出口的关键环节。

热处理是果蔬采后保鲜的一种有效方法, 也是一种环境友好和“有机”的果蔬保鲜方法<sup>[3~10]</sup>。许多研究者报道了单温(一个温度)热处理可以有效抑制采后西兰花在 20℃ 下的黄化<sup>[11~13]</sup>。Dong 等报道了 45℃ 热水浸处理西兰花后, 可有效提高西兰花在 -1、1 和 12℃ 下的贮藏品质<sup>[14]</sup>。有人报道双温(先较低后较高双温)热处理可以提高鳄梨<sup>[4]</sup>、木瓜<sup>[15]</sup>、芒果<sup>[16]</sup>和黄瓜<sup>[17]</sup>对热处理的耐

热性, 减少伤害, 并提高保鲜效果。目前尚没有关于双温热处理采后西兰花保鲜的报道。

在本研究的前期试验中, 采用 50℃ 热水分别浸 1、3、5min 处理, 结果表明 50℃ 3min 为最佳处理, 50℃ 热浸 5min 导致贮藏后西兰花品质下降。(结果尚未发表)。本研究在 50℃ 热浸 5min 之前, 增加一个较低温的热浸处理, 既双温处理, 主要目的是观察双温热处理对采后西兰花的贮藏品质及过氧化物酶(Peroxidase, POD)活性、细胞膜透性等生理生化指标的影响。

### 1 材料与方法

#### 1.1 植物材料及其处理

西兰花(Broccoli)品种为“盐水”, 商业成熟, 采

收稿日期: 2004-12-03

基金项目: 国家星火计划(2003EA780021)

作者简介: 董华强(1958-), 男, 副教授, 在职博士生, 研究方向为果蔬贮藏加工和食品化学。

自广东佛山市郊区“西兰花品牌专业村”兴贤村菜园, 1h后运至佛山科学技术学院食品专业实验室进行处理。挑选色泽、大小一致, 无病虫害、无机械损伤的西兰花。花球直径约150mm, 主茎留30~50mm长, 留近花球处2~3片叶。花球经清水冲淋后, 按下述方式用脱离子水在恒温水浴锅( $\pm 1^{\circ}\text{C}$ )中进行热水浸泡处理:

单温热处理(H):

Ha:  $50^{\circ}\text{C}$ 水浸3min; (该温度-时间组合为前期试验最佳处理); Hb:  $50^{\circ}\text{C}$ 水浸5min。(该温度-时间组合在前期试验中为时间过长处理, 导致品质下降)

双温热处理:(VH):

VHa:  $40^{\circ}\text{C}$ 水浸3min, 然后 $50^{\circ}\text{C}$ 水浸5min; VHb:  $40^{\circ}\text{C}$ 水浸10min, 然后 $50^{\circ}\text{C}$ 水浸5min; VHc:  $45^{\circ}\text{C}$ 水浸10min, 然后 $50^{\circ}\text{C}$ 水浸5min。对照(CK): 室温( $25^{\circ}\text{C}$ )水浸5min。

经上述热处理的西兰花取出后立即放入 $5\sim 8^{\circ}\text{C}$ 凉水浸泡2min, 取出在室温下风扇吹干表面, 3个一袋装入塑料薄膜袋(佳能牌食品保鲜PE袋, 膜厚0.02mm), 折口, 在 $5^{\circ}\text{C}$ 下贮藏10d(远洋船运条件), 转到 $20^{\circ}\text{C}$ (市场货架条件)下贮藏3d, 然后进行保鲜品质和各项指标检测。

西兰花球按随机、均匀原则每3个一袋作为一个重复, 每个处理重复三次。

1.2 感官品质评定 参照Dong(2004)<sup>[14]</sup>和Jacxsens的方法(2002)<sup>[18]</sup>, 略作修改, 以其新鲜度评分表示。西兰花新鲜度评价内容包括色泽、气味、表面状况、黄化状况、手感硬度等。1~9分评价: 9—非常新鲜(刚采收); 7—很新鲜; 5—还可以(市场价值划分点); 3—较差; 1—非常差。

感官评价由一组7~9人的经过训练的食品系师生进行。

1.3 黄化率和染病率的计算 按目测黄化面积或霉斑面积占西兰花球表面积的百分比表示, 以霉斑率表示染病率。计算公式为: 黄化(霉斑)率(%) =  $\Sigma$ [每个西兰花黄化(霉斑)率] / 西兰花个数  $\times 100$ 。

1.4 叶绿素含量测定和计算 参照Zhuang(1997)方法<sup>[19]</sup>进行, 略做修改。取3g西兰花芽, 放入15mL NDF中, 在约 $20^{\circ}\text{C}$ 下, 黑暗中浸提2d, 取上清液稀释4倍, 然后分别测其 $OD_{664}$ ,  $OD_{647}$ ,  $OD_{625}$ 和 $OD_{603}$ 。按下式计算含量:

叶绿素a =  $12.81 \times OD_{664} - 2.160 OD_{647} + 1.44 \times OD_{625} - 4.91 \times OD_{603}$

叶绿素b =  $26.01 \times OD_{647} - 4.93 \times OD_{664} + 3.74 \times OD_{625} - 15.55 \times OD_{603}$

总叶绿素 = 叶绿素a + 叶绿素b

叶绿素含量(%) = 贮藏后叶绿素含量 / 处理前叶绿素含量  $\times 100$

1.5 膜透性测定 细胞膜透性以其电导率大小表示。参照Lichter(2000)<sup>[20]</sup>的方法, 作一定的修改: 取4g花芽放入20mL 0.4mol/L的甘露糖醇(Mannitol)溶液中, 室温下在振荡培养器上旋转振荡2h(100r/min), 测定溶液电导率1; 然后将其冰冻、解冻、煮沸, 调整溶液体积,

测溶液电导率2。

细胞膜透性(%) = 电导率1 / 电导率2  $\times 100$

1.6 过氧化物酶活性测定 酶的提取和活性测定参照Dong(2004)<sup>[14]</sup>和Anderson(2002)<sup>[21]</sup>的方法并作适当修改。从三个西兰花取5.0g花芽组织于研钵中, 加10mL 50mmol/L磷酸缓冲液(pH7.0)及少量石英砂, 在冰浴中研磨。然后在 $4^{\circ}\text{C}$ 和 $16000 \times g$ 条件下离心15min, 取上清液作酶粗提液。

POD活性测定: 3mL待测液含有0.012mol/L  $\text{H}_2\text{O}_2$ , 0.07mol/L愈创木酚, 0.1mL酶粗提液和缓冲液, 用分光光度计(UV 755B, 上海分析仪器总厂)测定记录 $OD_{470}$ 上升值3min, POD酶活性单位以引起 $OD_{470}$  0.01吸收值变化/min/g鲜重(FW)表示。

1.7 数据统计分析 所有实验数据都经过单因素方差分析, 平均数根据Fisher's LSD.  $P \leq 0.05$ 水平计。在方差分析结果显著的基础上, 再进行Duncan's多重比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 感官品质与黄化和叶绿素含量

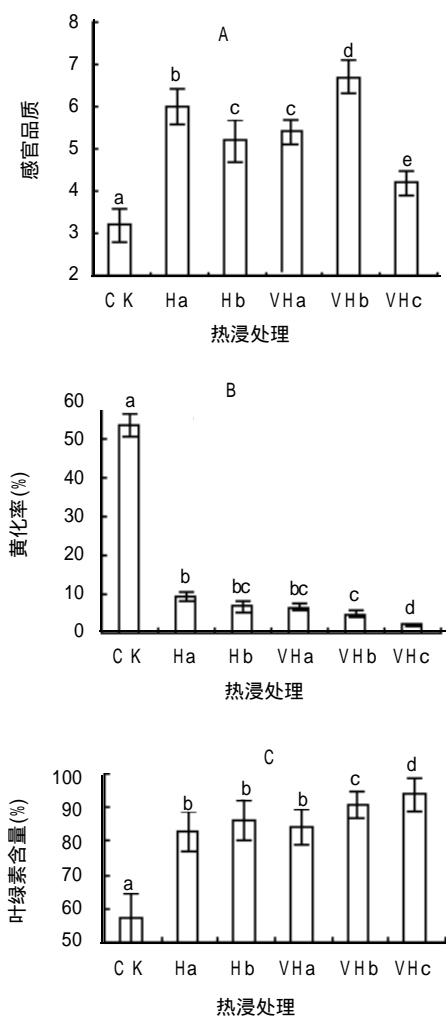
从图1看出, 与对照相比, 各热处理对西兰花黄化和叶绿素损失的抑制作用非常明显(图1B、C), 并因而导致对照的感官品质明显地低于所有热处理(图1A)。

在各热处理之间, 随着热处理程度的增加, 存在西兰花黄化率下降和叶绿素损失减少的趋势(图1B、C)。然而, 各热处理西兰花的感官品质并不存在这种趋势(图1A)。 $50^{\circ}\text{C}$  5min单温处理(Hb)感官品质明显低于 $50^{\circ}\text{C}$  3min(Ha);  $40^{\circ}\text{C}$  3min +  $50^{\circ}\text{C}$  5min双温热处理(VHa)感官品质与单温处理Hb无明显差别, 但 $40^{\circ}\text{C}$  10min +  $50^{\circ}\text{C}$  5min双温热处理(VHb)感官品质却明显优于两个单温处理和其它双温热处理; 而随着热处理程度进一步加重,  $45^{\circ}\text{C}$  10min +  $50^{\circ}\text{C}$  5min双温热处理(VHc)的感官品质下降为各热处理中最低的。这说明双温热处理(VHa)过轻, 发挥不了双温处理的作用; 适当的双温热处理(VHb)可以提高西兰花感官品质; 而过重的双温热处理(VHc)会造成西兰花感官品质的明显下降, 这与西兰花受到热伤害并进而易感染病害(图2)有关。

### 2.2 染病率

从图2可见, 相对于对照, 各热处理对采后西兰花霉菌感染有十分明显的抑制作用, 并且其抑制效果从Ha到VHb, 随热处理程度增加而增加。但当热处理程度进一步增加到VHc时, 霉菌感染率反而出现明显上升, 成为各热处理中感染最严重的处理。这可能是过重的热处理对西兰花造成了伤害, 降低了对病害的抵抗力所致。在各热处理之间, 适当的双温热处理(VHb)较其它热处理更能阻止采后西兰花霉斑的发生和发展; 较轻的双温热处理效果不明显(VHa); 而过重的双温热处理反而加重了霉病的发生(VHc); 这可能是因过重的热处理使西兰花受到一定的伤害, 抗病能力降低所致。

### 2.3 细胞膜透性



注：每一数据是3个重复的平均值，柱顶垂直线表示该值的标准差。同一时间内各柱所标相同字母表示数值差异不显著(5%水平)。

图1 双温热处理对采后西兰花感官品质(A)、黄化率(B)和叶绿素含量(C)的影响

Fig.1 Effects of two-stage heat treatments on storage quality (A), yellowing (B) and chlorophyll content (C) of harvested broccoli

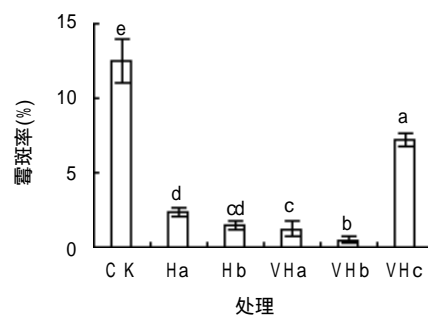
由图3A所示，经过13d的贮藏，采后西兰花细胞膜透性均较贮藏前有明显的提高。

在各个热处理之间，热处理程度最重的VHc细胞膜透性明显高于对照，这可能是因细胞受到了热伤害；其余各热处理细胞膜透性均明显低于对照。与单温热处理VHa比较，热处理程度更重的Ha和VHa的细胞膜透性明显更高；但热处理程度高于Ha和VHa的双温处理VHb，其细胞膜透性反而明显低于Ha和VHa，并与单温处理Ha无明显差异，说明适当的双温处理对细胞膜有一定的保护作用。

#### 2.4 过氧化物酶活性

经贮藏后的西兰花POD活性明显高于贮藏前(图3B)。

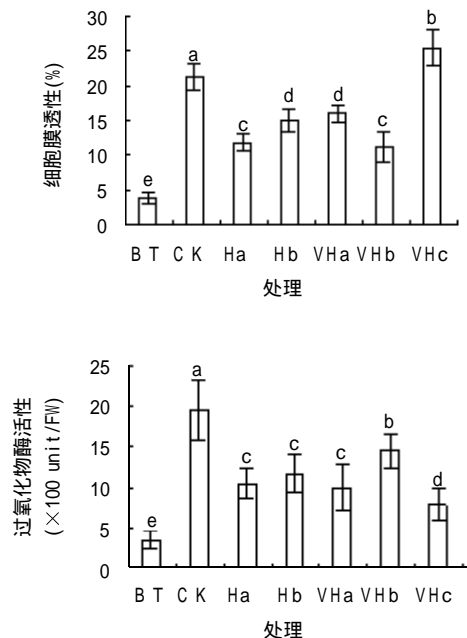
经过13d的贮藏，各热处理西兰花的POD活性均



注：每一数据是3个重复的平均值，柱顶垂直线表示该值的标准差。同一时间内各柱所标相同字母表示数值差异不显著(5%水平)。

图2 热处理对采后贮藏西兰花霉斑发生的影响

Fig.2 Effects of heat treatments on mould extent of harvested broccoli



注：每一数据是3个重复的平均值，柱顶垂直线表示该值的标准差。同一时间内各柱所标相同字母表示数值差异不显著(5%水平)。

图3 热处理对采后贮藏西兰花细胞膜透性(A)和过氧化物酶(POD)活性(B)的影响。BT: 贮藏前。

Fig.3 Effects of heat treatments on cell membrane permeability (A) and POD activity (B) of harvested broccoli. BT: Before the storage.

明显低于对照。在各热处理之间，单温处理和双温处理VHa之间无明显差异。但双温处理VHb的POD活性则明显高于单温处理。而双温处理VHc的POD活性却明显低于单温处理除。这说明热处理对采后西兰花POD活性变化的影响是比较复杂的。

#### 3 讨论与结论

在本研究结果中，先40℃ 10min后50℃ 5min的双温热处理与单温热处理50℃ 3min(Ha)和50℃ 5min(Hb)比

较, 不仅避免了单温热处理 50℃ 5min(Hb)引起的伤害, 而且较单温最佳处理 50℃ 3min (Ha) 明显地提高了贮藏品质(图 1A), 其它检测指标也表明最佳双温处理不同于最佳单温处理, 并表现出有利于贮藏保鲜的趋势(叶绿素损失少、染病率低、细胞膜透性低等)(图 1、图 2、图 3A)。这与在其它采后果蔬上进行的双温热处理保鲜的研究报道<sup>[4][15~17]</sup>是相一致的。

从本研究过程和结果看, 如果热处理程度过轻, 达不到双温处理的效果(VHa), 而热处理程度过高, 会引起伤害, 并降低保鲜品质(VHc), 只有适当的双温组合(VHb)才能取得提高保鲜品质的效果。因此, 双温热处理技术的关键是选择适当的双温组合, 把握好双温的热处理程度。

热处理提高采后果蔬耐热性可能与体内产生热激蛋白(HSP)有关。HSP 是生物体对热胁迫的反应之一<sup>[22]</sup>。有研究表明, 热处理提高生物体耐热性取决于热处理的温度, 温度不够不能启动 HSP 的合成, 温度太高又会抑制 HSP 的合成, 都不能使生物体获得耐热性<sup>[23]</sup>。本研究结果与这些研究报道有一致性。

本研究检测了贮藏 13 d 后的西兰花细胞膜透性和 POD 活性, 反映了双温处理西兰花的部分理化指标变化。但若想了解双温热处理对西兰花贮藏过程生理生化变化的影响, 还需进一步的研究。

#### 参考文献:

- [1] Brennan PS, Shewfelt RL. Effect of cooling delay at harvest on broccoli quality during postharvest storage[J]. J Food Quality, 1989, 12: 13-22.
- [2] Gnanasekharan V, Shewfelt RL, Chinnan MS. Detection of color changes in green vegetables[J]. J Food Sci, 1992, 57: 149-154.
- [3] McDonald RE, McCollum TG, Baldwin EA. Prestorage heat treatments influence free sterols and flavor volatiles of tomatoes stored at chilling temperature[J]. AMER Soc Hort Sci, 1996, 121: 531-536.
- [4] Woolf AB, Lay-Yee M. Pretreatments at 38°C of 'Hass' avocado confer thermotolerance to 50°C hot water treatments[J]. Hort Science, 1997, 32: 705-708.
- [5] McGuire, R G. Market quality of guavas after hot-water quarantine treatment and application of carnauba wax coating [J]. Hort Science, 1997, 32: 271-274.
- [6] Lurie S, Fallik E, Klein J, et al. Postharvest heat treatment of apples to control *San Jose* scale, (*Quadraspidiotus perniciosus* Comstock) and blue mold (*Penicillium expansum* Link) and maintain fruit firmness[J]. J AMER Soc Hort. Sci, 1998, 123: 110-114.
- [7] McDonald RE, McCollum TG, Baldwin EA. Heat treatment of mature-green tomatoes: differential effects of ethylene and partial ripening[J]. J AMER Soc Hort Sci, 1998, 123: 457-462.
- [8] Luna-Guzman I, Cantwell M, Barrett D M. Fresh-cut cantaloupe: effects of CaCl<sub>2</sub> dips and heat treatments on firmness and metabolic activity[J]. Postharvest Biology and Technology, 1999, 17: 201-213.
- [9] Porat R, Pavoncello D, Peretz J, et al. Effects of various heat treatments on the induction of cold tolerance and on the postharvest qualities of 'Star Ruby' grapefruit[J]. Postharvest Biology and Technology, 2000, 18: 159-165.
- [10] Paul RE, Chen, N J. Heat treatment and fruit ripening[J]. Postharvest Biology and Technology. 2000, 21: 21-37.
- [11] Forney CF. Hot-water dips extend the shelf life of fresh broccoli[J]. Hort Science, 1995, 30: 1054-1057.
- [12] Tian MS, Woolf AB, Bowen H J, et al. Changes in color and chlorophyll fluorescence of broccoli florets following hot water treatment[J]. J AMER Soc Hort Sci, 1996, 121: 310-313.
- [13] Tian MS, Islam T, Stevenson D G, et al. Color, ethylene production, respiration, and compositional changes in broccoli dipped in hot water[J]. J AMER Soc Hort Sci, 1997, 122: 112-116.
- [14] Dong H, Cheng L, Tan J, et al. Effects of chitosan coating on quality and shelf life of peeled litchi fruit[J]. Journal of Food Engineering, 2004, 64: 355-358.
- [15] Paul RE, Chen N J. Heat shock response in field grown ripening papaya fruit[J]. J AMER Soc Hort Sci, 1990, 115: 623-631.
- [16] Joyce DC, Shorter AJ. High temperature conditioning reduces hot water treatment injury of 'Kensington Pride' mango fruit[J]. Hort Science, 1994, 29: 1047-1051.
- [17] Chan HT, Lin SE. Conditioning cucumbers for quarantine heat treatments[J]. Hort Science, 1989, 24: 985-989.
- [18] Jaccsens L, Devlieghere F, Debever. Temperature dependence of shelf-life as affected by microbial proliferation and sensory quality of equilibrium modified atmosphere packaged fresh produce[J]. Postharvest Biology and Technology, 2002, 26: 59-73.
- [19] Zhuang H, Hildebrand DF, Barth MM. Temperature influenced lipid peroxidation and deterioration in broccoli buds during postharvest storage[J]. Postharvest Biology and Technology, 1997, 10: 49-58.
- [20] Lichter A, Dvir O, Rot I, et al. Hot water brushing: an alternative method to SO<sub>2</sub> fumigation for color retention of litchi fruits[J]. Postharvest Biology and Technology, 2000, 18: 235-244.
- [21] Anderson JA. Catalase activity, hydrogen peroxide content and thermotolerance of pepper leaves[J]. Scientia Horticulturae, 2002, 95: 277-284.
- [22] Lindquist. The heat shock response[J]. Annu Rev Biochem, 1986, 55: 1151-1191.
- [23] Lurie S. Postharvest heat treatments[J]. Postharvest Biology and Technology, 1998, 14: 257-269.