

# 酵母多糖处理对樱桃番茄抗冷性及品质的影响

王梦晗<sup>1,2</sup>, 王凯晨<sup>2</sup>, 马丽<sup>1,2</sup>, 唐坚<sup>2</sup>, 乔勇进<sup>2,\*</sup>, 张敏<sup>3</sup>

(<sup>1</sup>上海理工大学医疗器械与食品学院, 上海 200093; <sup>2</sup>上海市农业科学院作物育种栽培研究所, 上海 201403; <sup>3</sup>上海海洋大学食品学院, 上海 201306)

**摘要:** 以 0.1、0.5、1.0、3.0 g · L<sup>-1</sup> 的酵母多糖处理‘佳西娜’樱桃番茄, 浸泡 20 min 后用聚乙烯(PE)保鲜袋包装(不封口), 置于 (2 ± 1) °C、湿度 85% ~ 95% 的环境中贮藏, 研究酵母多糖处理对番茄冷害以及生理生化和品质的影响。结果表明: 酵母多糖处理能显著抑制樱桃番茄冷害的发生, 延缓各品质指标的下降, 同时可提高整个抗氧化酶系统的活性。在贮藏过程中, 0.5 g · L<sup>-1</sup> 质量浓度的酵母多糖处理的樱桃番茄受冷害程度最低、品质良好。

**关键词:** 樱桃番茄; 酵母多糖; 冷害; 生理品质

**中图分类号:** S 641.2

**文献标志码:** A

**文章编号:** 0513-353X (2015) 10-2068-07

## Effects of Yeast Saccharide Treatment on Chilling Resistance and Physiological Quality of Cherry Tomatoes

WANG Meng-han<sup>1,2</sup>, WANG Kai-chen<sup>2</sup>, MA Li<sup>1,2</sup>, TANG Jian<sup>2</sup>, QIAO Yong-jin<sup>2,\*</sup>, and ZHANG Min<sup>3</sup>

(<sup>1</sup>School of Medical Instrument and Food Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China; <sup>2</sup>Crop Breeding and Cultivating Institute, Shanghai Academy of Agricultural Sciences, Shanghai 201403, China; <sup>3</sup>College of Food Science & Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

**Abstract:** In order to explore the effect of yeast saccharide treatment on chilling injury and physiological quality of cherry tomatoes, 0.1, 0.5, 1.0 and 3.0 g · L<sup>-1</sup> yeast saccharide were used to soak cherry tomatoes for 20 min. Then, samples were packed in polyethylene plastic bag (unsealed) and stored at the conditions of (2 ± 1) °C and RH 85% – 95%. The results showed that yeast saccharide was effective for restraining the chilling injury, slowing down the decline of quality indexes and improving the activity of antioxidant enzyme system. During storage, cherry tomatoes treated with 0.5 g · L<sup>-1</sup> yeast saccharide was optimum, according to physiological quality and chilling injury index.

**Key words:** cherry tomato; yeast saccharide; chilling injury; physiological quality

低温贮藏是果蔬保鲜中最实用、最有效的方法(王晖等, 2006)。许多冷敏型果实, 如番茄、黄瓜、西葫芦等在冰点以上的低温逆境中容易发生冷害(陆旺金等, 1999; 王艳颖等, 2010)。现阶段多采用冰点临界温度以上贮藏果蔬以避免冷害风险, 但温度越高, 果蔬的生理代谢活跃, 营养成分迅速消耗, 易受病害侵染, 其贮藏保鲜期受到影响(王毅等, 1994)。

**收稿日期:** 2015-07-24; **修回日期:** 2015-10-09

**基金项目:** 国家自然科学基金项目(31371526)

\* 通信作者 Author for correspondence (E-mail: yjqiao2002@126.com)

番茄是典型的呼吸跃变型果实, 红熟期的番茄已完成呼吸跃变, 该时期的番茄冷害率较低, 低温贮藏可减轻腐烂, 但贮藏期较短(沈鹤忠, 2010)。延长贮藏期, 应在呼吸跃变之前, 即番茄的绿熟期采取低温贮藏, 绿熟期番茄的适宜贮藏温度为  $10 \sim 13\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 低于该温度将发生冷害现象, 故本试验选取绿熟期樱桃番茄研究延缓冷害的方法。

研究发现酵母多糖提取物可以延缓采后果蔬的衰老, 提高抗氧化活性, 减轻冷敏果实在低温贮藏下受到冷害的影响(Dong et al., 2012; Yu et al., 2012)。本研究中主要探讨低温条件下不同浓度酵母多糖提取物处理对番茄果实抗冷性和品质的影响。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试品种为绿熟期‘佳西娜’樱桃番茄(荷兰进口品种), 于上海市农业科学院庄行试验站采摘后立即运回上海市农业科学院农产品保鲜加工研究中心实验室。选取新鲜饱满、色泽鲜艳、大小和成熟度一致、无机械损伤和病虫害的果实备用。

### 1.2 处理方法

#### 1.2.1 酵母多糖的提取

参考 Dong 等(2012)的方法, 取 25 g 酵母抽提物(安琪牌)溶于 125 mL 去离子水, 加入 100 mL 乙醇后静置于  $8\text{ }^{\circ}\text{C}$  的冰箱中, 4 d 后弃上清液, 依次加入 125 mL 去离子水和 100 mL 乙醇后置于冰箱, 再静置 4 d 后的沉淀物溶于 100 mL 去离子水, 后置于高压灭菌锅  $121\text{ }^{\circ}\text{C}$  灭菌 2 h 所得即为酵母多糖提取物,  $8\text{ }^{\circ}\text{C}$  保存。提取物中主要成分为糖类, 可通过苯酚—硫酸法以蔗糖为标准测得其含量。

#### 1.2.2 果实的处理

将樱桃番茄分为 5 组, 每组 60 个果实, 以双蒸水浸泡为空白对照组, 其余 4 组分别放入质量浓度为  $0.1$ 、 $0.5$ 、 $1.0$  和  $3.0\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  的酵母多糖溶液中浸泡 20 min, 捞出后自然晾干, 放入厚度为 0.02 mm 的 PE 保鲜袋中(不封口), 于  $(2\pm 1)\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度  $85\sim 95\%$  下贮藏。每个处理均重复 3 次, 每 5 d 调查 1 次, 计算果实的冷害指数, 并取样测定果实贮藏期间各品质指标的变化。

### 1.3 指标测定

**冷害指数:** 樱桃番茄主要的冷害症状为表面出现凹陷斑或水浸斑、褐色斑, 果实腐烂, 不能正常转红成熟, 着色不匀。将樱桃番茄从冰箱取出, 置于室温 2~3 d 后观察冷害情况, 并记录冷害等级。按果实表面的病症面积大小分级(熊兴淼 等, 2006)。0 级: 无冷害损伤; 1 级: 冷害面积  $< 25\%$ ; 2 级: 冷害面积  $25\%\sim 50\%$ ; 3 级: 冷害面积  $50\%\sim 75\%$ ; 4 级: 冷害面积  $> 75\%$ 。冷害指数  $= \Sigma(\text{冷害级别} \times \text{该级别果数}) / (\text{总果数} \times \text{总级别数})$ 。

**电导率:** 用电导法测定组织溶液的相对电导率, 表示细胞膜通透性的变化。用直径 8 mm 的打孔器取樱桃番茄最大直径处果肉圆片, 取约 2 mm 厚薄片 2.0 g 置于小烧杯中, 加 20 mL 去离子水, 浸泡振荡 10 min, 用去离子水清洗 3 次后吸干转入大试管, 加 20 mL 去离子水浸没, 放入真空干燥器中 10 min (压力控制在  $0.04\sim 0.06\text{ MPa}$ ), 取出放在摇床上振荡 1 h, 之后测电导率 ( $P_1$ ), 然后煮沸 15 min, 冷却至室温, 测其电导率 ( $P_2$ )。重复测定 3 次, 取平均值。相对电导率  $(\%) = P_1/P_2 \times 100$ 。

丙二醛含量：用硫代巴比妥酸法（曹建康 等，2007）测定。

硬度：取樱桃番茄果实最大直径处的位置，削去果皮，并使用探头直径 3.5 mm 的 GY-4 型果实硬度计缓慢插入果肉到固定的探头位置，记录读数。

可溶性固形物：使用 N-1α 手持折光仪测量，用去离子水调零后取少许打浆后的樱桃番茄用纱布包裹挤出 2~3 滴汁液于折光仪平面，记录读数。

可滴定酸含量：用酸碱滴定法，按苹果酸折算系数 0.067 计算（曹建康 等，2007）。

抗坏血酸含量：用 2,6-二氯靛蓝滴定法（曹建康 等，2007）测定。

超氧化物歧化酶（SOD）、过氧化氢酶（CAT）、过氧化物酶（POD）活性：参照曹建康等（2007）的方法测定。

采用 Excel 分析整理数据，并用 Origin 8.0 进行作图，用 SPSS 17.0 软件进行差异显著性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同浓度酵母多糖对樱桃番茄抗冷性的影响

冷害指数能直观有效反应樱桃番茄受冷害程度，随着低温贮藏时间的增加，冷害指数也随之上升。图 1 显示，低温贮藏 10 d 后，各处理都出现了不同程度的冷害现象，表面出现凹陷或水渍状斑点。25 d 后，0.1、0.5、1.0  $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$  等 3 个处理的冷害指数均显著低于对照，其中 0.5  $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$  处理的冷害指数最低，而 3.0  $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$  的处理与对照差异不显著，说明酵母多糖的浓度与抑制冷害的能力并不呈正相关关系。

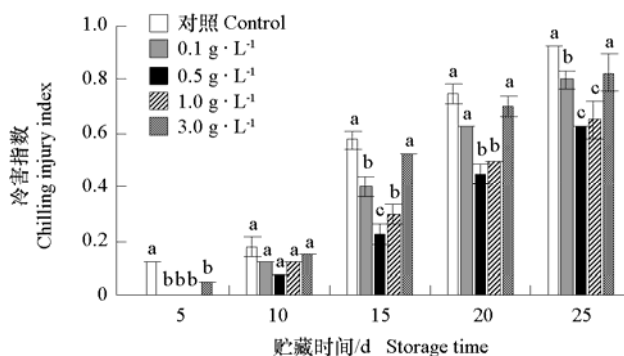


图 1 酵母多糖处理对樱桃番茄冷害指数的影响

Fig. 1 Effects of yeast saccharide treatment on chilling injury (CI) index of cherry tomatoes

如图 2 所示，各处理的电导率在贮藏前期变化不大，随着贮藏时间的增加，樱桃番茄受冷害影响细胞膜完整性和功能性遭受损伤，从而导致电解质外渗。15 d 后各处理的电导率开始迅速上升，25 d 对照的电导率高达 36.7%，显著高于酵母多糖各处理 ( $P < 0.05$ )。

丙二醛是膜脂过氧化作用的主要产物之一，常作为脂质的过氧化指标(Nishida & Murata, 1996)。在图 2 中，贮藏前期丙二醛含量缓慢上升，15 d 之后细胞膜脂过氧化作用增加，丙二醛含量上升速率加快，25 d 后对照和 3.0  $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$  处理均显著高于 0.1、0.5、1.0  $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$  处理 ( $P < 0.05$ )。

通过图 1 和图 2 数据综合分析，能直接反应出一定量的酵母多糖处理能减缓低温对樱桃番茄细胞膜的伤害，一定程度提高樱桃番茄的抗冷性，但并非浓度越高效果越好，0.5  $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$  为提高番茄抗冷性的最佳条件。

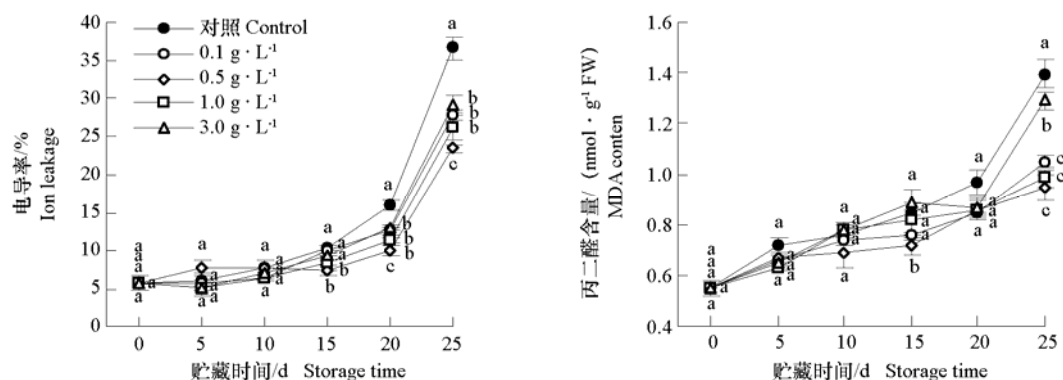


图2 酵母多糖处理对樱桃番茄电导率和丙二醛含量的影响

Fig. 2 Effects of yeast saccharide treatment on ion leakage and MDA content of cherry tomatoes

## 2.2 不同浓度酵母多糖对樱桃番茄生理品质的影响

硬度、可溶性固形物含量、可滴定酸含量、抗坏血酸含量等是体现果蔬新鲜程度的重要指标, 极大影响着果蔬的商品性。与果实的风味、口感和营养关系密切 (王婷 等, 2008)。

贮藏期间樱桃番茄的硬度值呈下降趋势, 其中对照组的下降尤为明显 (图 3, A), 25 d, 0.1、0.5、1.0、3.0  $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$  处理的果实硬度分别比对照高 35.2%、74.6%、63.8%、39.3%, 说明酵母多糖处理对于减缓果实硬度的下降有一定的作用, 其中, 0.5、1.0  $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$  两种处理的效果最为明显。

樱桃番茄的可溶性固形物含量在贮藏初期呈缓慢上升的趋势 (图 3, B), 主要由于绿熟期随着果实的成熟内部的淀粉转化为可溶性糖, 而后开始下降, 说明樱桃番茄的分解代谢高于合成代谢, 可能受到一定冷害作用。25 d 时, 对照与各处理的可溶性固形物含量分别为初始值的 72.4%、80.6%、84.4%、80.0%和 78.2%。0.5  $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$  处理维持最高的可溶性固形物含量, 显著高于对照 ( $P < 0.05$ )。

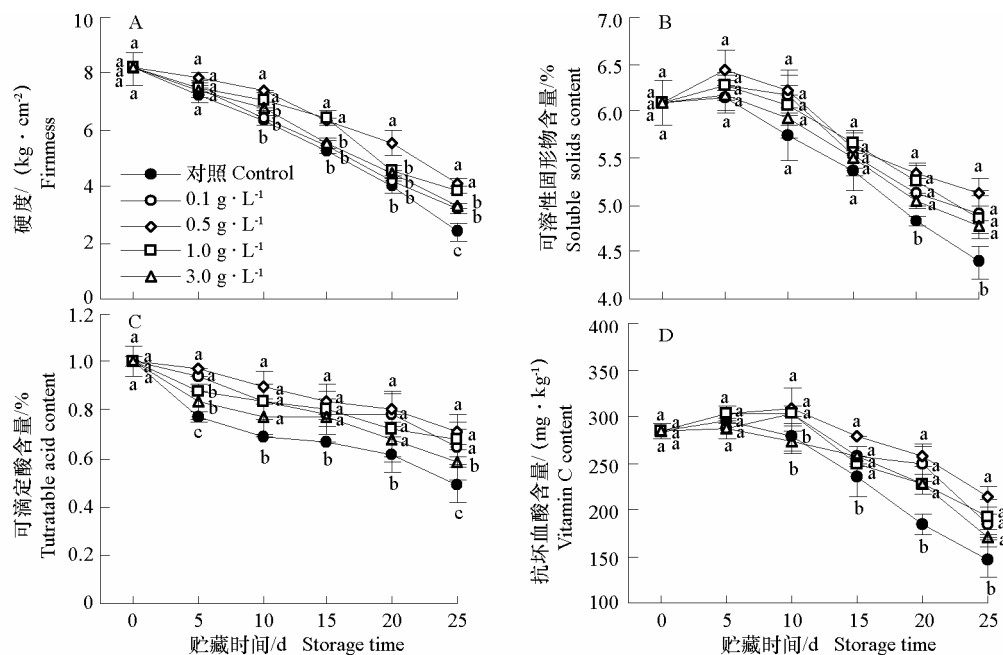


图3 酵母多糖处理对番茄硬度 (A)、可溶性固形物 (B)、可滴定酸 (C) 和抗坏血酸 (D) 的影响

Fig. 3 Effects of yeast saccharide treatment on firmness (A), soluble solids content (B), titratable acid content (C) and vitamin C content (D) of cherry tomatoes

在贮藏初期樱桃番茄的可滴定酸含量呈缓慢下降的趋势(图3, C), 而后速度略微加快。贮藏, 25 d时不同处理的可滴定酸含量为初始值的64.6%、70.8%、67.7%和58.5%, 显著高于对照( $P < 0.05$ ), 说明酵母多糖处理能够不同程度地减缓可滴定酸下降的速度, 一定程度上保持了樱桃番茄的风味与口感。

樱桃番茄抗坏血酸含量先升高后降低(图3, D), 0 ~ 10 d内, 樱桃番茄抗坏血酸含量整体变化不大, 呈缓慢上升的趋势, 在10 d达到最高值而后开始下降, 其中对照下降的最为明显, 25 d时对照显著低于各酵母多糖处理( $P < 0.05$ ), 说明酵母多糖处理能够有效缓解樱桃番茄贮藏时抗坏血酸的损失。

综合分析上述4项品质指标, 可以发现一定质量浓度的酵母多糖处理后的樱桃番茄能有效延缓各项品质指标的下降, 其中 $0.5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 的酵母多糖处理效果最佳。

### 2.3 不同浓度酵母多糖处理对樱桃番茄抗氧化酶系统活性的影响

果蔬的抗氧化酶系统主要包括超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)等, 热处理、化学处理等方式可以提高相关酶系统的活性从而达到延缓果实成熟衰老进程, 减轻采后果蔬冷害发生的目的(欧阳丽喆等, 2007)。

番茄的SOD活性自贮藏开始就逐渐降低, 初期下降缓慢, 到中后期降速加快, 而且对照下降最快(图4, A), 25 d后, 0.1、0.5、1.0  $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理均显著高于对照( $P < 0.05$ ), 其中 $0.5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理维持了最高的SOD活性。

CAT的活性先升高而后下降, 对照、0.1和 $3.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理在5 d时达到最大值, 0.5、 $1.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理仍缓慢上升, 在10 d达到最大值(图4, B)。酵母多糖处理显著提高了樱桃番茄的CAT活性, 15 ~ 25 d, 4个处理组的CAT活性均显著高于对照( $P < 0.05$ )。

樱桃番茄的POD活性呈先升后降趋势(图4, C),  $0.5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理在15 d达到最大值, 15 ~ 25 d内, 各处理均迅速下降,  $0.5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理显著高于对照( $P < 0.05$ )。

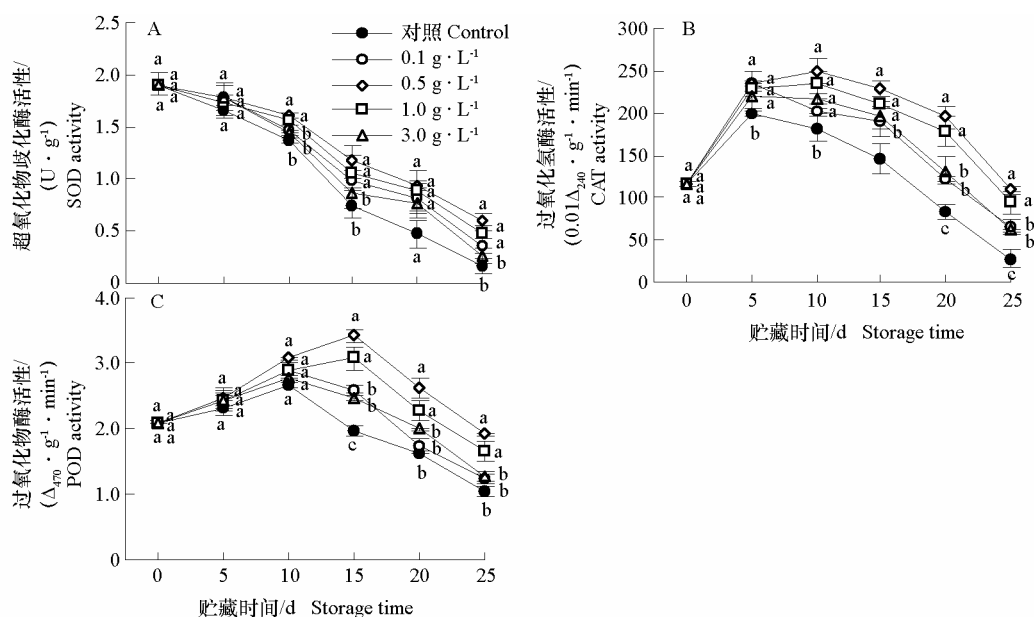


图4 酵母多糖处理对番茄超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)和过氧化物酶(POD)活性的影响

Fig. 4 Effects of yeast saccharide treatment on SOD, CAT and POD activities of cherry tomatoes

综合以上分析, 说明一定质量浓度的酵母多糖处理能够增强 SOD、CAT 以及 POD 的活性, 其中  $0.5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  是最佳处理条件。

### 3 讨论

酵母多糖处理是新型高效安全的保鲜方法, 对抑制果蔬冷害的发生、生理生化品质的衰退均有一定的效果。Dong 等 (2012) 用酵母多糖处理黄瓜后置于  $4^{\circ}\text{C}$  的条件下, 观察冷害指数、电导率、丙二醛含量等指标, 15 d 后处理的各指标显著低于对照组, 有效提高了黄瓜的抗冷性。本试验的结果与前人的一致, 酵母多糖处理后的樱桃番茄抗冷性增强,  $0.5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  处理显著抑制了冷害的发生。Yu 等 (2012) 用  $0.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  的酵母多糖处理水蜜桃, 减轻了腐烂率, 同时提高了 POD 等抗氧化酶活性, 有效延缓桃果实的衰老, 延长了贮藏期。酵母细胞提取物处理后的杭白菊自由基的清除率提高, 总抗氧化活性增强 (金海红, 2011; 陈倩 等, 2013)。酵母多糖处理樱桃番茄后, 显著提高了果实 SOD、CAT、POD 等抗氧化酶的活性, 使得整个抗氧化酶系统发挥协同作用, 增强了氧自由基的清除能力。有研究发现, 保护植物不受氧化胁迫的伤害是植物的抗逆机制之一, 且保护能力的高低与抗氧化酶活性的高低密切相关, 本试验结果与这一结论完全一致, 抗氧化酶活性高的酵母多糖处理同样有着较高的抗冷性 (谭卫萍 等, 2006)。

Dong 等 (2012) 认为酵母多糖处理抑制冷害、延长贮藏期的主要机制是依靠诱导内源 NO 信号的产生, 提高抗氧化活性。植物中除 NO 以外, 还存在同样能在逆境胁迫中影响生物防御系统的其他信号分子, 如茉莉酸、脱落酸、水杨酸等 (刘零怡 等, 2010; Xu et al., 2012)。酵母多糖处理对于诱导信号分子的作用及提高冷敏果实抗冷性的主要机制还需要进一步研究。

### 4 结论

‘佳西娜’樱桃番茄经  $0.5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  的酵母多糖处理 20 min 后, 在  $(2 \pm 1)^{\circ}\text{C}$ , 相对湿度 85% ~ 95% 的条件下能延缓冷害的发生, 一定程度上保持果实固有品质, 有效提高保鲜效果。

酵母多糖处理, 方法简便, 成本低廉, 对人类和环境没有危害, 在果蔬保鲜中有较好的应用前景。

### References

- Cao Jian-kang, Jiang Wei-bo, Zhao Yu-mei. 2007. Fruits and vegetables postharvest physiological and biochemical experiment instruction. Beijing: China Light Industry Press. (in Chinese)
- 曹建康, 姜微波, 赵玉梅. 2007. 果蔬采后生理生化实验指导. 北京: 中国轻工业出版社.
- Chen Qian, Chen Zun-wei, Xu Hong-ke, Yang Feng-xia, Fu Meng-na, Li Sheng-chao, Wang Hui-zhong, Xu Mao-jun. 2013. Yeast extract rely on NO signaling pathways to improve Hangzhou white chrysanthemum antioxidant activity. Journal of Hangzhou Normal University: Natural Science Edition, 12 (3): 227 ~ 232. (in Chinese)
- 陈 倩, 陈尊委, 徐泓珂, 杨凤霞, 符孟娜, 李盛超, 王慧中, 徐茂军. 2013. 酵母细胞提取物依赖 NO 信号途径提高杭白菊抗氧化活性. 杭州师范大学学报: 自然科学版, 12 (3): 227 ~ 232.
- Dong Ju-fang, Yu Qin, Lu Li., Xu Mao-jun. 2012. Effect of yeast saccharide treatment on nitric oxide accumulation and chilling in-jury in cucumber fruit during cold storage. Postharvest Biology and Technology, 68: 1 ~ 7.
- Jin Hai-hong. 2011. Effect of yeast cell wall polysaccharides on activity and biosynthesis of flavonoids in *Chrysanthemum morifolium* [M. D.

- Dissertation]. Hangzhou: Zhejiang Gongshang University (in Chinese)
- 金海红. 2011. 酵母细胞壁多糖对杭白菊抗氧化活性和黄酮类物质合成累积[硕士论文]. 杭州: 浙江工商大学.
- Liu Ling-yi, Yu Meng-meng, Zheng Yang, Sheng Ji-ping, Shen Lin. 2010. Effect of postharvest nitric oxide treatment on jasmonates biosynthesis and disease incidence to *Botrytis cinerea* Pers. in tomato fruits. *Food Science*, 31 (22): 457 – 461. (in Chinese)
- 刘零怡, 于萌萌, 郑 杨, 生吉萍, 申 琳. 2010. 采后一氧化氮处理调控番茄果实茉莉酸类物质合成并提高灰霉病抗性. *食品科学*, 31 (22): 457 – 461.
- Lu Wang-jin, Zhang Zhao-qi, Ji Zuo-liang. 1999. Chilling injury and approaches to reduce chilling injury of tropical and subtropical fruits and vegetables during low temperature storage. *Plant Physiology Communications*, 35 (2): 158 – 163. (in Chinese)
- 陆旺金, 张昭其, 季作梁. 1999. 热带亚热带果蔬低温贮藏冷害及御冷技术. *植物生理学通讯*, 35 (2): 158 – 163.
- Nishida I, Murata N. 1996. Chilling sensitivity in plants and cyanobacteria: The crucial contribution of membrane lipids. *Annual Review of Plant Molecular Biology*, 47: 541 – 568.
- Ouyang Li-zhe, Shen Lin, Chen Hai-rong, Fan Bei, Zheng Yang, Sun Jian-jun, Sheng Ji-ping. 2007. Effects of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> on cold tolerance and antioxidant enzyme activities of tomato by cold-shock treatment. *Food Science*, 28 (7): 31 – 35. (in Chinese)
- 欧阳丽喆, 申 琳, 陈海荣, 范 蓓, 郑 杨, 孙建军, 生吉萍. 2007. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 参与冷激处理对番茄果实抗冷性及抗氧化酶活性的影响. *食品科学*, 28 (7): 31 – 35.
- Shen He-zhong. 2010. Mechanism and prevention measures of chilling injury of tomato fruit during low temperature storage. *Acta Agriculturae Jiangxi*, 22 (10): 115 – 117. (in Chinese)
- 沈鹤忠. 2010. 低温贮藏引起番茄冷害的机理及防治措施. *江西农业学报*, 22 (10): 115 – 117.
- Tan Wei-ping, Chen Jian-ye, Zhang Hui, Zeng Ji-wu. 2006. Adaptable response to low-temperature stress and signal transduction of post-harvest fruit. *Subtropical Plant Science*, 35 (1): 67 – 70. (in Chinese)
- 谭卫萍, 陈建业, 张 慧, 曾继吾. 2006. 果实采后对低温逆境的适应性响应及信号转导 (综述). *亚热带植物科学*, 35 (1): 67 – 70.
- Wang Hui, Zhou Shou-biao, Niu Yan. 2006. Factors that influence fruits preservation after pick up. *Anhui Agricultural Science Bulletin*, 12 (8): 64 – 66. (in Chinese)
- 王 晖, 周守标, 钮 艳. 2006. 影响果品采后贮藏的因素. *安徽农学通报*, 12 (8): 64 – 66.
- Wang Ting, Rao Jing-ping, Song Yong-ling, Zhang Hai-yan, Zou Zhi-rong. 2008. Effects of 5-aminolevulinic acid on the quality and post harvest physiology of tomato fruit. *Journal of Northwest A & F University: Nat Sci Ed*, 36 (10): 127 – 131. (in Chinese)
- 王 婷, 饶景萍, 宋永令, 张海燕, 邹志荣. 2008. 5 - 氨基乙酰丙酸对番茄果实品质及采后生理的影响. *西北农林科技大学学报: 自然科学版*, 36 (10): 127 – 131.
- Wang Yan-ying, Hu Wen-zhong, Liu Cheng-hui, Tian Mi-xia, Jiang Ai-li. 2010. Progress of research on chilling injury of fruit and vegetable during temperature storage. *Food Science and Technology*, 35 (1): 72 – 80. (in Chinese)
- 王艳颖, 胡文忠, 刘程惠, 田密霞, 姜爱丽. 2010. 低温贮藏引起果蔬冷害的研究进展. *食品科技*, 35 (1): 72 – 80.
- Wang Yi, Yang Hong-fu, Li Shu-de. 1994. Research on chilling injury and cold resistance of horticultural plants. *Acta Horticulturae Sinica*, 21 (3): 239 – 244. (in Chinese)
- 王 毅, 杨宏福, 李树德. 1994. 园艺植物冷害和抗冷性的研究. *园艺学报*, 21 (3): 239 – 244.
- Xiong Xing-miao, Rao Jing-ping, Dai Si-qin, Fang Qi-zhi. 2006. Effect of cold shock treatment on the quality and anti-oxidative enzyme activities of nectarine fruit during storage. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 26 (3): 473 – 477. (in Chinese)
- 熊兴淼, 饶景萍, 戴思琴, 方其帜. 2006. 冷激处理对油桃贮藏品质和抗氧化酶活性的影响. *西北植物学报*, 26 (3): 473 – 477.
- Xu Mao-jun, Dong Ju-fang, Zhang Ming, Xu Xiang-bin, Sun Lina. 2012. Cold-induced endogenous nitric oxide generation plays a role in chilling tolerance of loquat fruit during postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology*, 65: 5 – 12.
- Yu Qin, Chen Qian, Chen Zun-wei, Xu Hong-ke, Fu Meng-na, Li Sheng-chao, Wang Hui-zhang, Xu Mao-jun. 2012. Activating defense responses and reducing postharvest blue mold decay caused by *Penicillium expansum* in peach fruit by yeast saccharide. *Postharvest Biology and Technology*, 74: 100 – 107.