

# 热处理提高采后芒果抗冷性与蛋白质含量变化的关系

朱世江 季作梁\* 张昭其 陆旺金

(华南农业大学园艺学院, 广州 510642)

**摘 要:** 以‘紫花’芒果为试材, 探讨了采后热处理提高抗冷性的效果及其与蛋白质含量变化的关系。结果表明: 38℃热空气处理 0.5~3 d 极显著地提高了紫花芒果抗冷性; 热处理提高了芒果的蛋白质含量, 并且热处理的芒果在 2℃低温贮藏及室温后熟期间蛋白质含量也保持较高水平; 热处理提高了热稳定蛋白在可溶性蛋白中所占的比例。这些结果表明, 热处理导致的芒果蛋白质含量增加与抗冷性的提高有关, 热处理诱导产生的热稳定蛋白是使芒果具有抗冷性的重要原因。

**关键词:** 芒果; 热处理; 抗冷性; 蛋白质

**中图分类号:** S 667.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2003) 02-0198-03

## 1 目的、材料与方法

热处理可以诱导植物产生抗冷性<sup>[1~4]</sup>。研究表明, 热处理减轻植物冷害的效应可能与某些生理反应或超微结构的变化有关。而进一步的研究表明, 这些反应和变化与热激过程中新蛋白的合成有关<sup>[3]</sup>。因此, 深入了解热激处理导致的蛋白质成分及含量变化及其与抗冷性的关系, 有助于理解植物抗冷机理。本文以芒果为试材, 研究了热处理期间及低温贮藏期间蛋白质含量变化及其与采后抗冷性的关系。供试品种为紫花芒果 (*Mangifera indica* L.), 采自广州市果树研究所。供试果健康正常, 无病虫害及机械伤。果实采收后立即运回实验室, 用 1 000 mg·L<sup>-1</sup> 特克多浸泡 10 min 后置于室温 (30℃) 晾干, 然后进行热空气处理。分别于 1999 年和 2000 年共采收了成熟度为 6.5~9.0 的 6 批果进行试验, 均取得了热处理减轻低温贮藏期间冷害的效果, 蛋白质测定结果趋势相似。本文根据 2000 年的第 3 批果 (7 月 24 日采收, 成熟度 8.5) 的试验结果整理而成。热空气处理在日产 Sanyo MIR 553 型培养箱中进行: 在 (38±0.5)℃ 下分别处理 3 h、6 h、12 h、1 d、2 d 和 3 d; 在热处理期间, 所有果实均用塑料果篮盛装, 外套塑料薄膜袋以避免蒸发失水。热处理后, 将果实转入冷害温度 (2±0.5)℃ 下贮藏, 冷藏时间为 12 d。对照为将未经热处理的果实直接放入 (2±0.5)℃ 下贮藏。每处理 20~30 个果, 重复 3 次。冷藏结束后, 将果实从培养箱中取出, 放在温度 (20±1)℃, 相对湿度 95% 恒温室中后熟 6 d, 观察冷害发生情况, 计算冷害指数。症状按严重程度分为 5 级: 0 级, 果面光洁, 没有冷害症状; 1 级, 有轻微的下陷冷害斑, 占果面总面积 15% 以下; 2 级, 冷害面积占果面的比例小于 40%; 3 级, 冷害面积小于果面的 70%; 4 级, 冷害面积占果面总面积的 70% 以上。蛋白质含量的测定<sup>[5]</sup>: 提取缓冲液为 0.05 mol·L<sup>-1</sup> pH 7 的磷酸缓冲液, 0.5 g 果皮加 3 mL 提取缓冲液冰浴匀浆后 15 000 r·min<sup>-1</sup> 离心 15 min, 上清液用于测定可溶性蛋白, 或 100℃沸水浴 10 min 后, 15 000 r·min<sup>-1</sup> 离心 15 min, 上清液用于测定热稳定蛋白<sup>[6]</sup> (heat-stable protein 或 boiling-soluble protein)。重复 3 次。

收稿日期: 2002-04-03; 修回日期: 2002-09-11

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (39770355)

\* 通讯联系人

## 2 结果与分析

### 2.1 热空气处理对芒果抗冷性的影响

38℃热空气处理芒果时, 诱导的抗冷性随处理时间的长短而有差异。以 12 h 为界, 前后表现出两个明显不同的趋势。在 12 h 内, 随处理时间的延长, 芒果的冷害指数降低: 对照冷害指数为 0.89, 而热处理 3、6、12 h 的冷害指数分别为 0.74、0.58、0.19。这表明在热处理时间短于 12 h 时, 芒果的抗冷性随处理时间延长而增强。从 12 h 起, 一直到 3 d, 冷害指数并不因热处理时间延长而降低。热处理 1、2、3 d 的冷害指数分别为 0.26、0.18、0.27, 与 12 h 差异不大, 但均与对照有统计学上的极显著差异 ( $P=0.01$ )。我们还做了 55℃热水处理不同时间的试验, 也极显著地提高了抗冷性。

### 2.2 热空气处理对芒果蛋白质含量及组分的影响

2.2.1 热空气处理期间芒果蛋白质的含量及组分变化动态 在热处理 3 h 内, 芒果的蛋白质含量有所下降, 而对照 (2℃低温处理) 略有增加 (图 1, A、B)。之后, 热处理芒果的蛋白质含量不断升高, 而对照不断下降, 到热处理后期 (从 48 h 起), 蛋白质含量高于对照。可溶性蛋白和热稳定蛋白的变化趋势相似, 而且热处理的芒果热稳定蛋白在可溶性蛋白中占的比例高于对照果实 (图 1, B、C)。

2.2.2 热空气处理后低温贮藏期间芒果蛋白质含量及组分的变化 经热处理的芒果在冷藏期间蛋白质的含量与对照不同 (图 1, D、E)。芒果可溶蛋白和热稳定蛋白均为热处理高于对照, 且冷藏后期 (9 和 12 d) 热处理和对照的差值有加大的趋势。热稳定蛋白在可溶蛋白中所占的比例, 除了个别时候较接近外, 均为热处理高于对照 (图 1, F)。

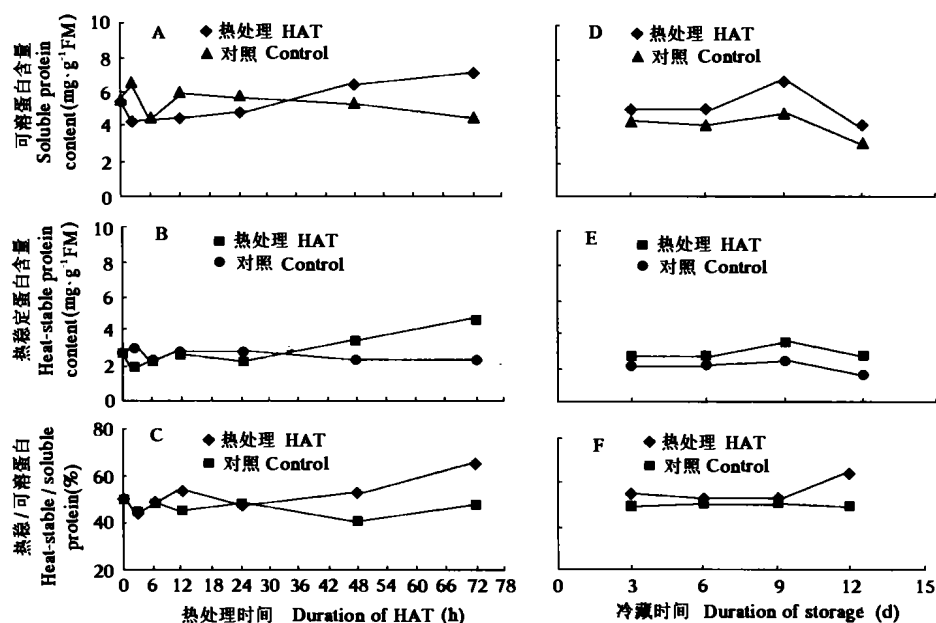


图 1 热空气处理对芒果蛋白质含量及组分的影响

Fig. 1 Effects of hot-air treatment (HAT) on contents and composition of proteins in mango fruits

### 2.3 热处理对芒果室温后熟期间蛋白质含量的影响

经过热处理的芒果在室温后熟期间蛋白质含量有所升高, 而对照却极显著降低 (表 1)。

本试验通过热空气处理的方法显著地提高了‘紫花’芒果的采后抗冷性, 这与国外学者分别在其他芒果品种上的研究结果<sup>[6,7]</sup>相似。而且本研究结果表明, 热处理导致的芒果抗冷性变化与蛋白质含量的变化有密切联系。虽然热处理的最终结果是使蛋白含量升高, 但热处理初期 (3 h) 蛋白质含量均有降低。这表明, 在热处理期间热激蛋白的合成使正常蛋白质合成受到抑制。而在低温 (2℃) 处理下 (对照) 虽然蛋白质总的趋势是下降, 但初期的可溶性蛋白含量有升高现象, 这与前人的研究

结果<sup>[8]</sup>一致。虽然如此,低温处理(对照)的杧果热稳定蛋白含量几乎没变。而且热处理使热稳定蛋白占可溶性蛋白的比例比对照高。这表明热处理诱导合成的新蛋白中以热稳定蛋白为主。而且在整个冷藏期间,热稳定蛋白含量也存在同样趋势,即热处理高于对照。这些结果表明热处理导致的杧果蛋白质含量的差异是诱导杧果抗冷性的重要原因。而蛋白质的差异又集中体现在热稳定蛋白的差异上。虽然未经热处理的杧果也含有一定量的热稳定蛋白,却未能使杧果具有抗冷性。这表明抗冷性不仅与热稳定蛋白的数量有关,更重要的是与热稳定蛋白产生的温度条件有关。关于热稳定蛋白参与诱导抗冷性的作用机理有待进一步研究。在后熟期间,经过热处理的杧果蛋白质含量有所升高,而对照显著下降,其原因可能是,经热处理的杧果由于冷害较轻,仍有较强的生命活动,在后熟期间还可继续合成蛋白质;而对照由于冷害严重,细胞器受到严重破坏<sup>[9]</sup>,无法进行正常代谢活动,蛋白质因不断分解而导致含量下降。

表 1 热空气处理对低温贮藏后的杧果 20℃ 后熟期间蛋白质含量的影响

Table 1 Effects of pre-storage hot air treatment (HAT) on protein contents during ripening at 20℃

处理 Treatment	后熟时间 Duration of ripening(d)	可溶蛋白 Soluble protein (mg·g <sup>-1</sup> FM)	热稳定蛋白 Heat-stable protein (mg·g <sup>-1</sup> FM)
热空气处理 HAT	3	4.07	1.39
	6	4.44 *	1.82 *
对照 Control	3	4.63	1.64
	6	2.08 * *	0.84 * *

注: t 检验, \* 表示差异显著 (P=0.05), \* \* 表示差异极显著 (P=0.01)。

Nont: T test, \* denoting significant difference (p=0.05), \* \* denoting highly significant difference (p=0.01)。

#### 参考文献:

- 1 Lurie S, Klein J D. Acquisition of low-temperature tolerance in tomatoes by exposure to high-temperature stress. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 1991, 116 (6): 1007 ~ 1012
- 2 Salveit M E. Prior temperature exposure affects subsequent chilling sensitivity. Physiol. Plant, 1991, 82: 529 ~ 536
- 3 Collins G G, Nie X, Saltveit M E. Heat shock protein and chilling sensitivity of mung bean hypocotyls. J. Exp. Bot., 1995, 46 (288): 795 ~ 802
- 4 曾绍西, 王以柔, 李美如. 不同胁迫处理提高水稻幼苗抗寒性期间蛋白质的变化. 植物学报, 1997, 39 (2): 130 ~ 136
- 5 Bradford N M. A rapid and sensitive method for the quantitation microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Annal. Biochem., 1976, 72: 248
- 6 Boothe J G, Sonnichsen H D, de Beu M D, et al. Purification, characterization, and structural analysis of a plant low-temperature-induced protein. Plant Physiol., 1997, 113: 367 ~ 376
- 7 Pesis E, Faure M, Arie R M. Induction of chilling tolerance in mango by temperature conditioning, heat, low O<sub>2</sub> and ethanol vapours. Acta Horticulturae, 1997, 455, Vol2: 629 ~ 634
- 8 McCollum T G, D' Aquino S, McDonald R E. Heat treatment inhibits mango chilling injury. Hort. Sci., 1993, 28: 197 ~ 198
- 9 朱世江. 杧果采后热处理诱导抗冷性的生理生化机理研究: [博士学位论文]. 广州: 华南农业大学, 2001. 26 ~ 41

## The Relationship between Heat Induced Chilling Tolerance and the Changes in Protein Contents

Zhu Shijiang, Ji Zuoliang, Zhang Zhaoqi, and Lu Wangjin

(College of Horticulture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

**Abstract:** This paper dealt with the relationship between heat induced chilling tolerance in 'Zihua' mango (*Mangifera indica* L.) fruits and changes in protein contents, with results as follows: 1) 12 h to 3 d of hot-air treatment at 38℃ significantly enhanced the chilling tolerance of 'Zihua' mango fruits. 2) The heat treatment increased the protein levels in mango fruits, and during low temperature storage at 2℃ and ripening at 20℃, the heated mango remained high in protein contents. 3) Among the proteins increased as a result of heat treatment, the heat-stable proteins made up a relatively high proportion. These results showed that the heat-induced proteins were related to the chilling tolerance, and that the heat-stable proteins newly produced under heat stress was one of the most important factors in inducing chilling tolerance.

**Key words:** Mango; Heat treatment; Chilling tolerance; Proteins