

高温逆境对香蕉果实采后膜脂过氧化 及细胞膜透性的影响^{*}

陈维信 吴振先 朱剑云 韩冬梅 苏美霞

(华南农业大学园艺系, 广州 510642)

摘要 研究了高温逆境下贮藏对香蕉果皮和果肉膜脂过氧化及细胞透性的影响。结果表明: 总的变化趋势是高温加速了果实膜脂的过氧化速度, 果皮和果肉中丙二醛(MDA)含量和膜透性迅速增加, 果肉比果皮对高温敏感, 采用乙烯吸收剂和自发性调贮藏明显延迟了膜脂过氧化和细胞膜透性增加的时间, 显著延长了香蕉在高温逆境下的贮藏寿命。

关键词 香蕉; 贮藏; 高温逆境; 膜脂过氧化; 细胞透性

中图分类号 S 667.209.3

自从 McCord 和 Fridovich 于 1960 年提出自由基伤害学说以来, 人们已经发现当植物处于低温、干旱、SO₂ 伤害等逆境条件下, 细胞内自由基产生与清除的平衡遭到破坏, 导致细胞伤害。首先受自由基伤害的是膜系统, 引起膜脂的降解和过氧化, 产生过氧化产物丙二醛。香蕉是一种热带水果, 在中国, 由于缺乏足够的低温贮运设施, 香蕉采后贮运多在常温条件下进行, 易造成高温伤害, 在贮运过程中损失严重。本研究拟从膜脂氧化的角度探讨其高温伤害的机制, 并研究香蕉在高温逆境下的保鲜技术。

1 材料与方法

香蕉采自广东省中山市, 品种为“631”(*Musa* AAA Group cv. “631”), 采收饱满度约为 80%。采后即进行去轴落梳, 以 500 mg·L⁻¹ 特克多 + 500 mg·L⁻¹ 扑海因进行防腐处理; 当天运回实验室进行进一步的处理。将梳蕉再分为蕉指, 伤口再用药防腐, 晾干后, 挑选饱满度均匀一致, 无病虫、伤的蕉指, 用 0.035 mm 厚聚乙烯薄膜袋密封包装进行自发性调贮藏, 每袋 10 个蕉指, 袋内装入 20 g 以高锰酸钾为主的乙烯吸收剂, 以不加吸收剂为对照。在 5 个温度 (20, 25, 30, 35, 38 °C; 日本 IL-92 型控温箱, 控温精确度 ±0.5 °C) 下贮藏, 每处理重复 3 次, 定期取样测定。试验于 1997 年 11 月进行, 果皮和果肉分别进行测定。

膜透性测定: 定期取果 3 个, 以 $d=0.5$ cm 的打孔器取果皮圆片 12 片, 或在果肉同一部位切取同样厚度圆片 12 片, 用蒸馏水清洗 3 次, 滤纸吸干圆片表面水分, 取 10 片圆片, 加入 20 mL 蒸馏水浸提平衡 30 min, 用 DDS-11C 型电导率仪测定渗出液电导值, 以蒸馏水为对照; 测后沸水浴 30 min, 冷却后测电导值代表细胞全透后的电导值, 以相对电导率即前后电导值之比作为细胞透性变化的指标, 重复 3 次。

丙二醛(MDA)质量摩尔浓度(m)的测定参考刘祖祺(1994)的方法, 定期取果皮或果肉 2 g, 切碎, 以 1:5 的比例加入 0.05 mol/L pH 7.8 磷酸缓冲液, 冰浴中打碎, 14 000 r/min 离心 15 min, 上清液用于测定. 4 mL 反应液中含有: 1.5 mL 样品液, 2.5 mL $w=10\%$ 三氯乙酸(内含 $w=0.5\%$ 硫代巴比妥酸), 沸水浴 15 min, 冰浴冷却, 补充蒸发掉的水分, 3 000 r/min 离心 20 min, 取上清液测定 OD₅₃₂ 和 OD₆₀₀ 值, 计算 m (MDA).

2 结果与分析

2.1 高温下贮藏对香蕉果皮和果肉细胞膜透性的影响

由图 1 可以看出, 果皮和果肉中膜透性的变化, 总的趋势是随着贮藏温度增高, 出现剧增的时间也越早. 但在 35 °C 下贮藏的香蕉, 其果皮和果肉膜的破坏反而较 38 °C 早约 2 d, 而且从出现剧增到最大值的时间也越短, 果实最早进入衰老变质阶段. 降低贮藏温度, 可以明显延缓果皮和果肉细胞膜透性的增加. 对于香蕉果实, 贮藏过程中细胞膜系统的破坏是先从果肉开始的, 当果肉膜透性增加到一定程度, 果皮细胞膜系统才开始受到破坏, 也表明香蕉果肉和果皮的成熟过程是不同步的.

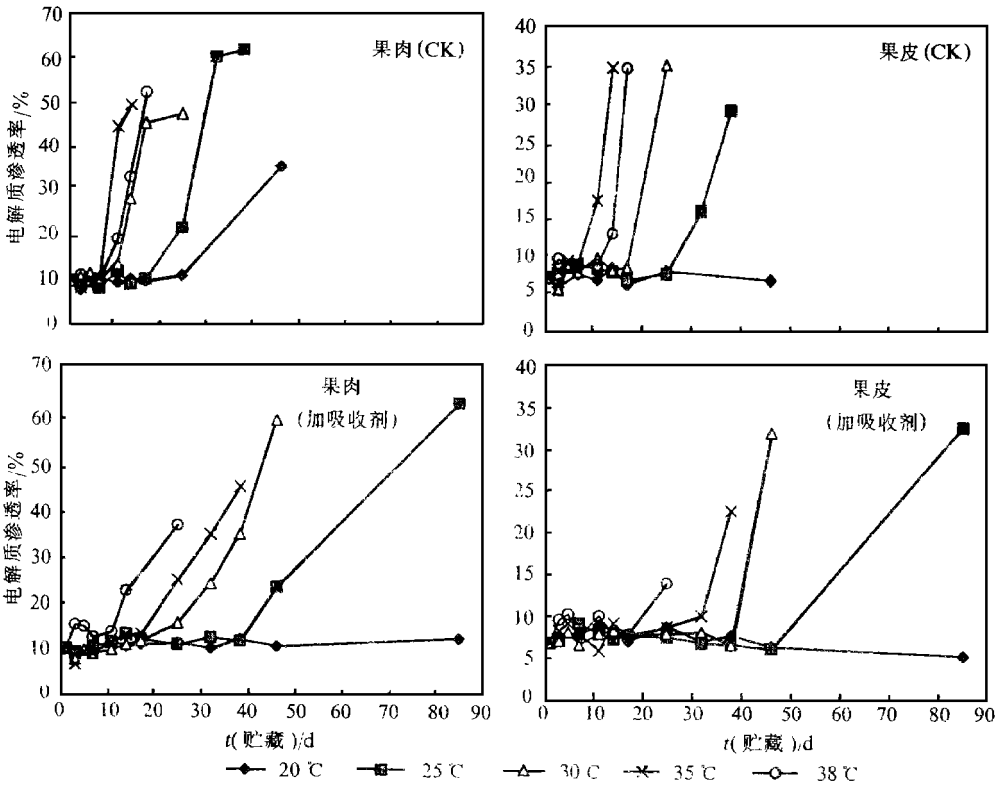


图 1 香蕉在不同温度下贮藏过程中果皮和果肉细胞膜透性的变化

2.2 乙烯吸收剂对香蕉在高温下膜透性变化的影响

加入乙烯吸收剂, 可以明显推迟各温度下贮藏的香蕉果实细胞膜系统的破坏速度(图 1), 显著延长香蕉的贮藏时间. 对于香蕉果实, 加入乙烯吸收剂后, 膜透性的增加与贮藏温度的高

低变化一致, 温度越高, 膜透性增加也越早; 温度越低, 膜透性的增加也越迟, 甚至在 20 ℃下贮藏 123 d 后果皮膜透性仍只有 6.53%, 果肉膜透性只有 13.92%, 果实仍保持青硬状态. 另外, 在高温(38 ℃)下, 贮藏初期果皮和果肉膜透性均有一个小的高峰, 随后下降, 但很快又继续大幅度上升, 其它温度下贮藏则无此现象.

2.3 高温下贮藏对香蕉果皮和果肉中 MDA 产生的影响

果皮和果肉中 m (MDA) 的变化规律与膜透性的变化相似(图 2), 总的变化趋势是, 随着温度升高, m (MDA) 迅速增加. 但在 35 ℃下, 无吸收剂处理的香蕉果皮和果肉中 m (MDA) 迅速增加的时间比 38 ℃早. 而在 20 ℃下贮藏的香蕉果实, 46 d 后 m (MDA) 才增加. 由图 2 还可见, 果肉 m (MDA) 的迅速增加早于果皮. 这表明果肉进入衰老阶段早于果皮, 而且对高温较果皮敏感.

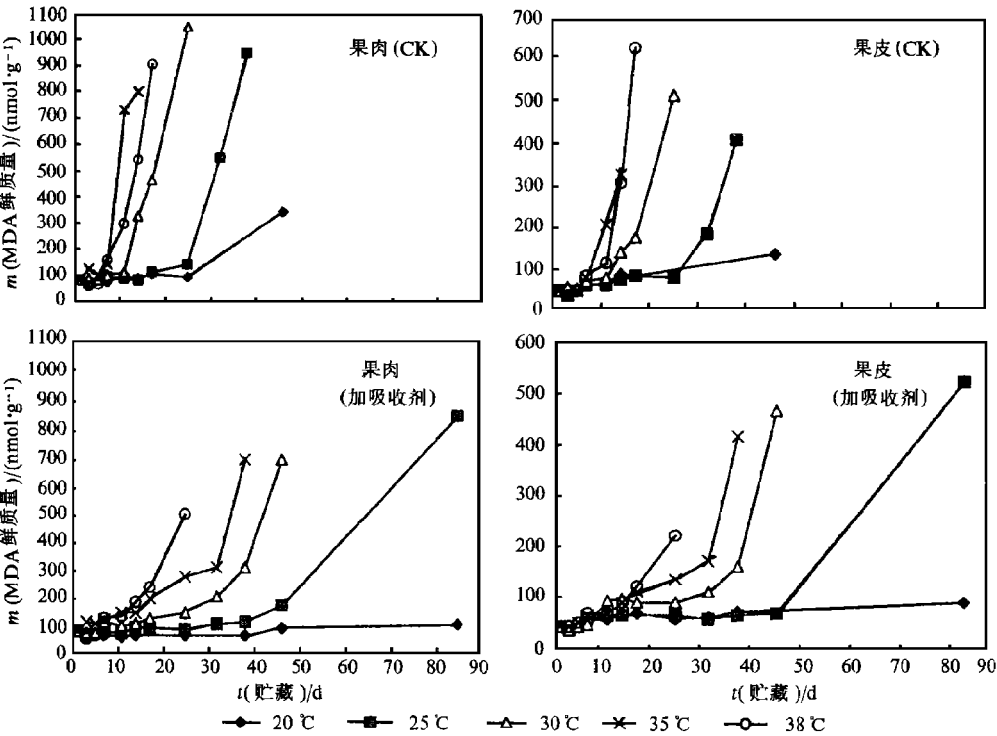


图 2 香蕉在不同温度下贮藏过程中果皮和果肉中 m (MDA) 的变化

2.4 加入乙烯吸收剂对香蕉果实贮藏过程中 m (MDA) 的影响

加入乙烯吸收剂也可显著推迟各贮藏温度下香蕉果皮和果肉中 m (MDA) 的增加(图 2). 其延迟 MDA 产生的效果随着温度的下降趋显著, 在 20 ℃下贮藏了 86 d 香蕉果皮和果肉中 m (MDA) 仍维持在很低水平.

2.5 香蕉果皮和果肉膜透性变化与 m (MDA) 变化的相关性

比较图 1 和图 2 可以看出, 香蕉果皮和果肉中膜透性的变化与 m (MDA) 的变化趋势基本是一

致的,说明膜透性与 $m(\text{MDA})$ 具有一定关系,两者的相关性分析也表明这一点(表 1),从表中可以看出,除了 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 加乙烯吸收剂处理外,其它温度下的膜透性变化与 $m(\text{MDA})$ 变化显著相关.

表 1 膜透性与 $m(\text{MDA})$ 变化之间的相关性分析表

$\theta/\text{ }^{\circ}\text{C}$	20	20+	25	25+	30	30+	35	35+	38	38+
$\gamma(\text{果皮})$	0.05	-0.38	0.99**	0.99**	0.96**	0.95**	0.97**	0.95**	0.96**	0.69
$\gamma(\text{果肉})$	0.99**	0.16	0.93**	0.99**	0.90**	0.98**	1.00**	0.93**	0.99**	0.92**

1) + 表示该温度下加乙烯吸收剂的处理; * 表示在 0.05 水平显著相关; ** 表示在 0.01 水平显著相关

3 讨论

香蕉是一种具有呼吸跃变的热带水果,在低温下极易受冷害,其贮藏适温为 $11\sim13\text{ }^{\circ}\text{C}$,但它也不耐高温,当温度高于 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时则会导致“青皮熟”、“高温烫伤”等(陈维信等, 1993; Zhang et al, 1993). 香蕉这种怕冷又怕热的特性,大大限制了其流通贸易,也影响它的生产.

高温逆境加速了香蕉果实细胞膜系统的过氧化速度. 对低温下组织中膜脂过氧化的研究已有不少,已发现造成冷害的低温环境下,导致了细胞内自由基代谢平衡的破坏,细胞内存在的天然自由基清除剂如 SOD、CAT 等也受到破坏,引起膜脂过氧化物的增加,过氧化产物 MDA 等积累,最终导致组织解体(刘鸿先等, 1989; 王爱国等, 1989)或褐变(蒋跃明等, 1991). 在高温下组织代谢旺盛, $m(\text{MDA})$ 随着温度升高而增加(图 2),可见高温破坏了细胞内自由基代谢的平衡,导致过氧化产物的积累,加速了组织的破坏. 这与香蕉在高温下贮藏衰老加快是一致的.

高温对细胞膜系统也将造成直接的危害. 在高温下细胞膜系统流动性加快,使细胞膜从液晶态变为液态,从而导致细胞内含物外渗增多,影响细胞正常的生理功能. 从本试验结果看,在贮藏初期, $38\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下贮藏的香蕉果皮和果肉膜透性均立即上升,说明 $38\text{ }^{\circ}\text{C}$ 高温直接影响了细胞膜系统的透性. 但经短期的适应后,果皮和果肉膜透性均稍有下降,说明短期的高温逆境中,香蕉果实仍有一定的抵抗力,细胞膜的渗漏还可修复. 当超过一定时间后,则变成不可逆,将导致果实迅速衰老腐败. 果实细胞膜透性的变化与膜脂过氧化产物 $m(\text{MDA})$ 显著相关,而且各温度下 $m(\text{MDA})$ 的增加均早于膜透性的增加,表明高温下膜系统的破坏是膜脂过氧化结果. 这 2 个指标与果实的成熟衰老同步,因此可以作为判断果实是否进入衰老阶段的指标之一.

乙烯吸收剂可显著延缓香蕉果实膜脂过氧化和膜透性的增加,延长香蕉的贮藏期. 乙烯吸收剂的作用在于除去贮藏环境中的乙烯. Yu 等(1980)认为, $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上苹果乙烯释放量显著下降,而 ACC 仍然积累,说明组织中的乙烯形成酶对热敏感. 香蕉果实在 $38\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下贮藏初期乙烯合成受到抑制(未发表资料),因此在无乙烯吸收剂的环境中, $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下 MDA 的积累和膜透性的上升早于 $38\text{ }^{\circ}\text{C}$. 说明乙烯在香蕉的高温伤害中起重要作用. 因此乙烯吸收剂是一种很有效的香蕉保鲜剂.

香蕉果肉较果皮对热敏感,两者的成熟进程是不一致的. 果肉细胞膜渗透率和 $m(\text{MDA})$ 的增加均先于果皮,说明果肉对衰老和高温的敏感性较果皮高,这可能是香蕉在 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上高温贮藏时出现青皮熟的原因之一.

参 考 文 献

- 王爱国, 罗广华, 邵从本, 等. 1989. 植物的氧代谢及活性氧对细胞的伤害. 中国科学院华南植物研究所集刊: 5. 北京: 科学出版社, 11~24
- 刘祖祺. 1994. 植物抗性生理学. 北京: 中国农业出版社, 370~372
- 刘鸿先, 王以柔, 郭俊彦. 1989. 低温对植物细胞膜系统伤害机理的研究. 中国科学院华南植物研究所集刊: 5. 北京: 科学出版社, 31~38
- 陈维信, 苏美霞, 王振永, 等. 1993. 香蕉催熟生理和技术研究. 华南农业大学学报, 14(2): 102~106
- 蒋跃明, 陈绵达, 林植芳, 等. 1991. 香蕉低温酶促褐变. 植物生理学报, 17(2): 157~163
- Yu Y B, Adams P O, Yang S F. 1980. Inhibition of ethylene production by 2, 4-dinitrophenol and high temperature. *Plant Physiol*, 66: 286~290
- Zhang D, Huang B Y, Scott K J. 1993. Some physiological and biochemical changes of "green ripe" banana at relative high storage temperatures. *Acta Horticulturae*, 343: 81~88

STUDIES ON THE EFFECT OF MEMBRANE LIPID PEROXIDES AND PERMEABILITY OF BANANA FRUIT DURING STORAGE UNDER HIGH TEMPERATURE STRESS

Chen Weixin Wu Zhenxian Zhu Jianyun Han Dongmei Su Meixia

(Dept. of Horticulture, South China Agric. Univ., Guangzhou, 510642)

Abstract

The study was aimed at the effect of storage under high temperatures on the peroxide of membrane lipid and permeability of both peel and pulp of banana fruit. It was demonstrated that the overall tendencies were as follows: high temperatures speeded up the peroxide of membrane lipid. The contents of MDA and the cell permeability of both peel and pulp were increased. The pulp was more sensitive to the high temperatures than the peel. The treatment with ethylene absorbent in MA storage significantly delayed the time that the MDA contents and cell permeability increased. The ethylene absorbent significantly increased storage life of banana under high temperatures.

Key words banana; storage; high temperature stress; membrane lipid peroxide ; permeability

[责任编辑 柴 焰]