

腐胺对香蕉果实后熟进程的影响

张艳艳, 崔雨凝, 赵梦因 (上海商学院旅游与食品学院, 上海 200235)

摘要 [目的] 研究外源腐胺对香蕉后熟进程的影响。[方法] 以顺德中把大蕉为试验材料, 研究腐胺对香蕉后熟进程的影响, 并对其机理进行了初步分析。[结果] 试验表明, 5 mmol/L 腐胺显著延缓采后香蕉的后熟进程, 果皮褪绿转黄推迟 3 d, 有效维持果皮细胞膜的完整性, 显著抑制果实软化, 降低果肉可溶性固形物的上升, 初步分析其作用机理之一是降低了呼吸强度, 对呼吸高峰的到来时机没有显著影响。[结论] 研究可为香蕉的采后保鲜提供参考。

关键词 腐胺; 香蕉; 后熟; 采后

中图分类号 S609⁺.3 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2015)26-361-03

Effects of Putrescine on the Ripening Process of Postharvest Banana Fruits

ZHANG Yan-yan, CUI Yu-ning, ZHAO Meng-nan (College of Tourism and Food Science, Shanghai Business School, Shanghai 200235)

Abstract [Objective] To study effects of putrescine on the ripening process of postharvest banana fruits. [Method] The effect of putrescine on the ripening process of postharvest ‘Shunde Zhongba’ banana fruits was investigated. [Result] The results showed 5 mmol/L putrescine delayed the ripening process significantly, which performed the change in skin color of green to yellow was delayed to 3 days and increased cellular membrane permeability. Fruits softening and total soluble solids increasing were inhibited. One of the mechanisms is that putrescine decreased rates of respiration, but did not have significant effect on timing of respiration peak. [Conclusion] The study can provide reference for postharvest fresh-keeping of banana.

Key words Putrescine; Banana; Ripening; Postharvest

香蕉是典型的呼吸跃变型水果, 果实采收后, 常温储藏迅速出现呼吸跃变, 引发后熟过程, 给贮藏和长途运输带来困难。降低温度可有效降低呼吸作用, 从而减缓后熟进程, 但作为热带、亚热带的香蕉对低温($<12^{\circ}\text{C}$)敏感, 易出现果皮色泽暗淡、变褐, 果心变硬, 严重者甚至不能完成后熟, 一定程度上限制了低温在减缓香蕉后熟进程、延长货架期上的应用。通过物理和植物源化学小分子物质调控后熟进程、延长货架期一直都是香蕉采后生物学的研究热点。

多胺是一类具有生物活性的脂肪族含氮碱, 主要包括腐胺(Putrescine, Put)、精胺和亚精胺, 在调节植物生长发育、抗逆过程中发挥重要作用^[1]。通过内源检测和外源施加的研究表明, 游离态多胺表现出抗衰老的特性^[2]。水果中多胺含量丰富, 是多胺的主要来源。研究表明, 采后外源施加多胺能保持多种水果如苹果、柠檬、芒果、葡萄、李子的原有品质、延长货架期^[3-8]。但也有矛盾的结果存在, 多胺和促进成熟、衰老的乙烯拥有共同的合成前体, 果实成熟过程中乙烯含量上升, 而多胺含量也增加, 多胺含量上升是果实成熟的结果还是应激反应还有待于进一步研究。另外, 多胺对香蕉的后熟进程影响的研究还不多见, 笔者研究外源腐胺对香蕉后熟进程的影响, 并对其机理进行了初步分析, 研究结果对香蕉的采后保鲜具有参考意义。

1 材料与方法

1.1 材料及处理 供试香蕉品种为顺德中把大蕉, 产地广东顺德, 选取成熟度一致(8分熟)、大小均一、无病虫害的香蕉作为试验材料。1 g/L 漂白粉清洗, 再用清水漂洗, 晾干备用。

基金项目 上海高校青年教师培养资助计划(9121212111); 教育部留学回国人员科研启动基金(第46批)。

作者简介 张艳艳(1978-), 女, 山东东阿人, 副教授, 博士, 从事农产品产后保鲜研究。

收稿日期 2015-07-16

1.2 处理 将香蕉置于不同浓度(0、1、2、5、8、10 mmol/L)的腐胺溶液(含0.01%吐温20)5 min, 室温晾干, 不同浓度处理的香蕉分别用聚乙烯薄膜包裹置于 15°C 、相对湿度90%的恒温培养箱中存放。

1.3 果皮颜色的测定 参考 Mcguire 和张爱玉等的方法^[9-10], 用手持色差计(NR-3000, 日本)进行测定, 记录 L^* 、 a^* 、 b^* 值, 色饱和度 $C = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$, 色泽 $H = \arctan(b^*/a^*)$, 每个处理测定8个果实。

1.4 细胞膜透性测定 参考林德球等的方法^[11], 用相对电导率表示。

1.5 硬度的测定 参考张明晶等的方法^[12], 采用FHR-5果实硬度计测定, 测量果肉中心部位, 每个处理测定5只香蕉, 每只香蕉取5个部位测量。

1.6 可溶性固形物含量测定 采用 ATAGO Master-M 手持糖度计测定(Brix 0-33%)。

1.7 呼吸强度测定 参考 Huang 等方法^[13], 采用 $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ 分析仪测定(LI-6262, 美国), 每个处理取5只香蕉测定, 记录4 min, 5次重复。

1.8 数据分析 上述指标均重复测定3次, 采用 SPSS 13.0 进行统计分析, 用 Duncan 多重比较法进行差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 腐胺对香蕉后熟过程中颜色变化的影响 随着香蕉果实的成熟, 果皮颜色逐渐由青绿转为金黄色。表示色泽的 H 值逐渐变小, 色度 C 值逐渐变大是香蕉果实颜色转黄、后熟的特征。由图1A可知, 对照香蕉 H 值在第3天开始下降, 说明果皮颜色开始转黄, 第6天 H 值为90.1, 果皮转为黄色; 1、2 mmol/L 浓度腐胺处理的香蕉和对照组无明显差异($P < 0.05$); 5 mmol/L 的腐胺处理的香蕉果皮 H 值在第6天开始下降, 第9天为93.8, 果皮接近黄色; 8、10 mmol/L 的腐胺处理的香蕉第3天就出现褐变(结果未显示)。安广杰报道, 高

浓度的腐胺有毒害作用,同时刺激呼吸,对储藏不利,褐变是浓度过高引起的^[14]。上述结果说明,低浓度 5 mmol/L 的腐胺显著抑制采后香蕉果皮的转黄。

C 值表示色饱和度,随着果实的成熟,C 值增大。由图

1B 可以看出,对照组香蕉 C 值在第 3 天开始升高,5 mmol/L 腐胺处理的香蕉第 6 天开始升高,和 H 值的变化相对应,进一步说明 5 mmol/L 腐胺显著抑制了香蕉果皮的变黄。

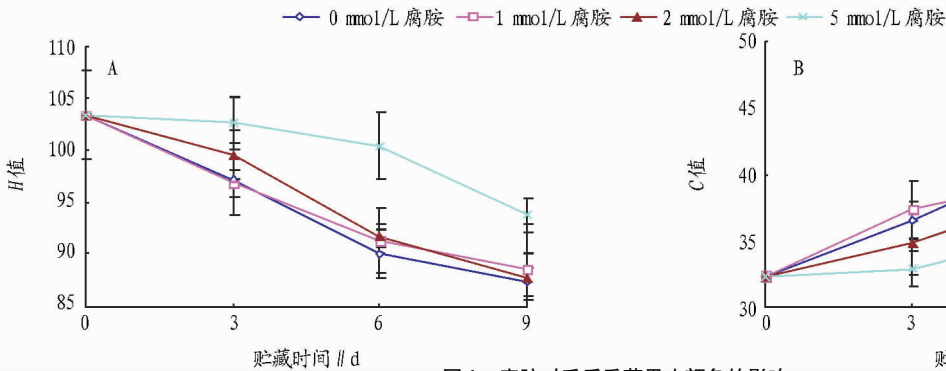
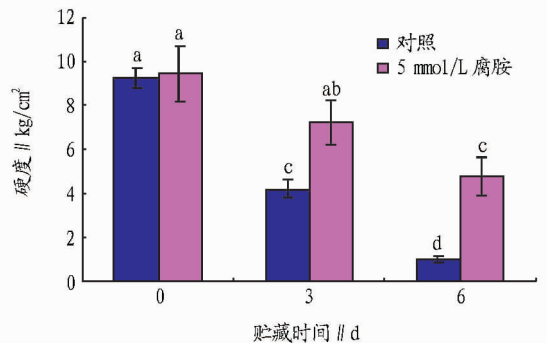


图1 腐胺对采后香蕉果皮颜色的影响

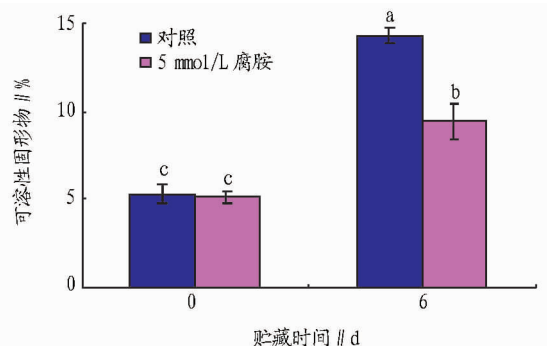
2.2 腐胺对香蕉果皮膜透性的影响 相对电导率是衡量细胞膜透性的重要指标,其值越大,表示电解质的渗漏量越多,细胞膜受伤害程度越重。随着果实的成熟,细胞膜破坏程度增加,电导率增大。由图 2 可知,随着采后贮藏时间的延长,对照香蕉在第 6 天相对电导率显著升高,为 0 天的 2.64 倍;1、2 mmol/L 浓度腐胺处理的香蕉和对照组无明显差异($P < 0.05$);8、10 mmol/L 的腐胺因其高浓度的毒害作用,香蕉果皮相对电导率显著高于对照组(结果未显示)。第 6 天,5 mmol/L 腐胺处理的香蕉相对电导率也有所上升,为 0 天的 1.47 倍,显著低于对照组($P < 0.05$),说明 5 mmol/L 的腐胺显著降低了采后香蕉果皮的膜透性,维持了细胞膜的完整性,减缓了后熟进程。



注:图中不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。

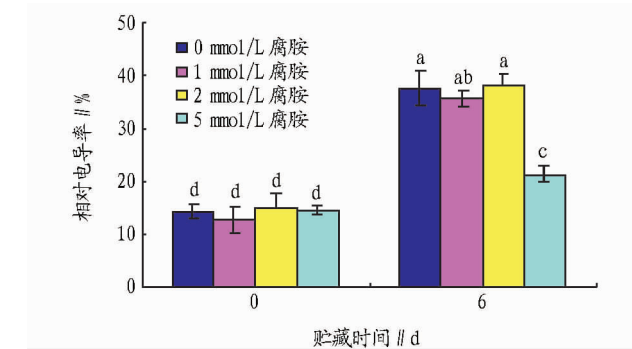
图3 腐胺对香蕉果实硬度的影响

时,对照组香蕉可溶性固形物含量上升为 14.3%,而 5 mmol/L 腐胺处理的香蕉可溶性固形物含量仅为 9.4%,为对照的 65.7%,说明腐胺抑制了淀粉向可溶性糖的转化速率,推迟了后熟进程。



注:图中不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。

图4 腐胺对香蕉果实可溶性糖含量的影响



注:图中不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。

图2 腐胺对香蕉果皮膜透性的影响

2.3 腐胺对采后香蕉硬度的影响 果实的硬度与成熟程度密切相关,成熟度越高,硬度越小。由图 3 可以看出,0 天时,香蕉果肉硬度约为 9.3 kg/cm²,第 3、6 天,对照组香蕉分别下降了 54.4%、88.7%,5 mmol/L 腐胺处理的香蕉分别下降了 23.5%、49.5%,极显著低于对照组,说明 5 mmol/L 腐胺处理对香蕉的后熟有显著抑制作用。

2.4 腐胺对采后香蕉可溶性固形物含量的影响 可溶性固形物主要是指可溶性糖类,其含量可以衡量水果成熟情况。成熟香蕉中的可溶性固形物主要为蔗糖、葡萄糖和果糖^[15]。由图 4 可见,0 d 时,香蕉可溶性固形物含量约为 5.2%,6 d

2.5 腐胺对香蕉后熟进程中呼吸速率的影响 香蕉作为典型的呼吸跃变型果实,呼吸高峰到来时间直接决定其后熟进程。为了研究腐胺延缓衰老进程的机理,试验分析了 5 mmol/L 腐胺处理对香蕉后熟过程中呼吸速率的影响。结果表明(图 5),处理和对照在第 1 天呼吸强度差异不显著,均在第 3 天出现呼吸高峰,但 5 mmol/L 腐胺处理的香蕉呼吸

强度显著低于对照,峰值分别为 39.12 和 68.34 mg/(kg·h),这可能是其延缓后熟进程的原因之一。腐胺并没有推迟呼吸高峰到来的时间,可能和试验所用香蕉的成熟阶段有关。吴振先等研究指出,1-甲基环丙烯处理不同成熟阶段香蕉对果实后熟的影响表现不同,对第 2 阶段后的香蕉处理,呼吸高峰出现的时机与对照相同^[16]。

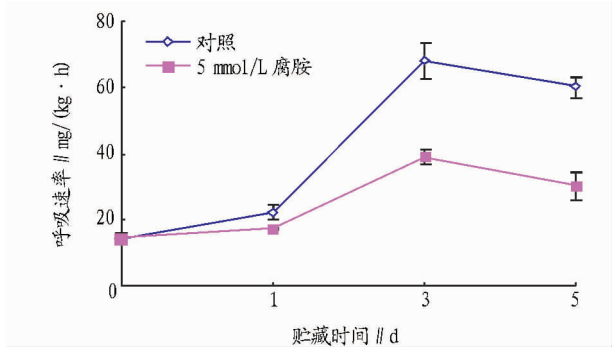


图 5 腐胺对香蕉呼吸强度的影响

3 结论

对香蕉后熟进程的调控直接影响其感官和营养品质,进而影响货架期和经济效益。果皮褪绿转黄和果肉软化是香蕉果实后熟过程中发生的最显著的变化^[17],该试验的研究表明,5 mmol/L 腐胺显著减缓香蕉果皮转黄、果肉软化和可溶性固形物增加速度,同时有效维持了细胞膜的完整性,其作用机理为腐胺降低了香蕉的呼吸强度,但对呼吸高峰的到来时间没有影响。Jiang 等指出,香蕉的乙烯产生和呼吸速率高峰几乎同时出现^[18],所以后续的研究应该分析腐胺对香蕉采后乙烯含量的影响。另外,活性氧过量产生导致膜脂过氧化是加速采后果蔬后熟、衰老的重要原因,草酸减缓香蕉后熟进程的机理之一是提高了抗氧化能力^[13],腐胺延缓香蕉果实后熟是否通过提高抗氧化酶活性、降低活性氧水平有关还需进一步研究。最后,腐胺对后熟相关基因表达的影响也将是今后研究的重点。

参考文献

[1] WALDEN R, CORDEIRO A, TIBURCIO A F. Polyamines; Small molecules

.....

(上接第 360 页)

[3] TANG W T, YUAN H N, ZHANG H, et al. An antimicrobial peptide screened from casein hydrolyzate by *Saccharomyces cerevisiae* cell membrane affinity method[J]. Food control, 2015, 50: 413–422.

[4] CARCÍA-TEJEDOR A, SÁNCHEZ-RIVERA L, RECIO I, et al. Dairy *Debaryomyces hansenii* strains produce the antihypertensive casein-derived peptides LHLPLP and HLPLP[J]. LWT-food science and technology, 2015, 61: 550–556.

[5] NONGONIERMA A B, FITZGERALD R J. Inhibition of dipeptidyl peptidase IV (DPP-IV) by proline containing casein-derived peptides[J]. Journal of functional foods, 2013, 5: 1909–1917.

[6] SU R X, LIANG M, QI W, et al. Pancreatic hydrolysis of bovine casein;

triggering pathways in plant growth and development[J]. Plant physiology, 1997, 113: 1009–1013.

[2] VALEO D, MARTÍNEZ-ROMERO D, SERRANO M. The role of polyamines in the improvement of the shelf life of fruit[J]. Trends Food Sci Tech, 2002, 13: 228–234.

[3] KRAMER G H, WANG C Y, CONWAY W S. Inhibition of softening by polyamine application in ‘Golden Delicious’ and ‘Mcintosh’ apple[J]. J Am Soc Hortic Sci, 1991, 116: 813–816.

[4] VALERO D, MARTINEZ-ROMERO D, SERRANO M, et al. Influence of postharvest treatment with putrescine and calcium on endogenous polyamines, firmness and abscisic acid in lemon (*Citrus lemon* L. Burm cv Verna)[J]. J Agri Food Chem, 1998, 46: 2102–2109.

[5] MALIK AU, SINGH Z. Pre-storage application of polyamines improve shelf life and fruit quality of mango[J]. J. Hortic Sci Biotech, 2005, 80: 363–369.

[6] KHAN A S, SINGH Z, ABBASI N A. Pre-storage putrescine application suppresses ethylene biosynthesis and retards fruit softening during low temperature storage in ‘Angelino’ plum[J]. Postharvest Biol Tech, 2007, 46: 36–46.

[7] SHIRI M, GHASEMNEZHAD A, BAKHSHI DAVOOD M, et al. Effect of postharvest putrescine application and chitosan coating on maintaining quality of table grape cv. Shahroudi during long term storage[J]. J Food Process Pres, 2012, 5: 999–1007.

[8] HARINDRA CHAMPA W A, GILL M I S, MAHAJAN BVC, et al. Postharvest treatment of polyamines maintains quality and extends shelf-life of table grapes (*Vitis vinifera* L.) cv. flame seedless[J]. Postharvest Biol Tech, 2014, 91, 57–63.

[9] McGUIRE R G. Reporting of objective color measurements[J]. Hort Sci, 1992, 27(12): 1254–1255.

[10] 张爱玉, 李俊, 黄秉智, 等. 韭菜提取物对香蕉后熟过程中主要生理指标变化的影响[J]. 食品科学, 2011, 32(20): 253–256.

[11] 林德球, 刘海, 刘海林, 等. 高氧对香蕉果实采后生理的影响[J]. 中国农业科学, 2008, 41(1): 201–207.

[12] 张明晶, 姜微波. 1-MCP 乙烯受体阻断剂对香蕉果实采后生理和品质的影响[J]. 农业工程学报, 2006(9): 270–272.

[13] HUANG H, JING G, GUO L, et al. Effect of oxalic acid on ripening attributes of banana fruit during storage[J]. Postharvest Biol Tech, 2013, 84: 22–27.

[14] 安广杰. 多胺对采后香蕉贮藏生理的影响研究[D]. 儋州: 华南热带农业大学, 2001.

[15] 周兆禧, 赵家桔, 马蔚红, 等. 3 个品种香蕉果实中糖酸组分及含量的比较分析[J]. 热带作物学报, 2011, 32(8): 1453–1456.

[16] 吴振先, 张延亮, 陈永明, 等. 1-甲基环丙烯处理对不同成熟阶段香蕉果实后熟的影响[J]. 华南农业大学学报, 2001, 22(4): 15–18.

[17] 庞学群, 李云, 徐兰英, 等. 不同温度下后熟香蕉果实果皮生理与颜色变化[J]. 热带亚热带植物学报, 2008, 16(6): 531–536.

[18] JIANG Y, JOYCE D C, MACNISH A J. Extension of the shelf life of banana fruit by 1-methylcyclopropene in combination with polyethylene bags[J]. Postharvest Biol Tech, 1999, 16: 187–193.

Peptide release and time-dependent reaction behavior[J]. Food chemistry, 2012, 133: 851–858.

[7] 陈东平, 牟光庆. 不同分子量酪蛋白肽对自由基清除作用研究[J]. 中国酿造, 2010(4): 33–35.

[8] BOUGATEF A, NEDJAR-ARROUME N, RAVALLEC-PLÉ, R et al. Angiotensin I-converting enzyme (ACE) inhibitory activities of sardinelle (*Sardinella aurita*) by-products protein hydrolysates obtained by treatment with microbial and visceral fish serine proteases[J]. Food chemistry, 2008, 111: 350–356.

[9] 胡新颖. 山核桃蛋白多肽制备方法的研究[D]. 长春: 吉林农业大学, 2002.