

三阶段减压贮藏对 6-BA 处理调控绿芦笋衰老的研究

李文香

(青岛农业大学 食品学院, 山东 青岛 266109)

摘要: 将采后绿芦笋分别放入浓度为 5、10、15、20 mg/L 的 6-BA 溶液, 浸泡处理 10 min, 以蒸馏水浸泡 10 min 为对照, 研究了 4 种不同浓度的 6-BA 处理对绿芦笋衰老的调控效果。结果表明, 用 10 mg/L 和 15 mg/L 的 6-BA 处理可显著降低绿芦笋的呼吸强度、乙烯释放量、木质素含量、MDA 含量、相对电导率及衰老指数, 提高绿芦笋的抗坏血酸含量、叶绿素含量及商品率, 其中以 15 mg/L 的 6-BA 处理效果最佳。

关键词: 绿芦笋; 6-BA; 三阶段减压贮藏; 衰老

中图分类号: S 644.609⁺.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2008)05-0230-04

6-BA (6-苄基腺嘌呤)属于人工合成的细胞分裂素类化合物, 对人体无毒害, 可作为植物体内自由基清除剂, 具有降低植物组织内膜脂过氧化产物的积累, 延缓植物衰老的作用^[1-2]。试验所采用的“三阶段减压贮藏保鲜工艺”, 是指在绿芦笋贮藏初期, 先采用短期的低真空压力(绝对压力), 使原料尽快散掉田间热和呼吸热, 充分排除内源乙烯, 尽快降低原料呼吸代谢; 在贮藏中期, 采用中度真空压力, 既不会造成至熟因子乙烯的积累, 又可减少水分和易挥发性风味物质的大量损失; 在贮藏后期, 采用高的真空压力, 既可减少贮藏后期失水, 保持绿芦笋出库后的鲜嫩状态, 又能使其原有的风味得以恢复或保持。这种分阶段的减压贮藏工艺, 从根本上改变了常规减压贮藏易失水和风味变淡的经典缺陷。该文旨在通过对绿芦笋进行不同浓度的 6-BA 处理, 探索分阶段减压贮藏条件下绿芦笋采后 6-BA 处理的适宜浓度, 为进一步提高绿芦笋的保鲜效果作有益的尝试。

1 材料与方法

1.1 材料

绿芦笋品种为 UC800。选择挺直圆整, 粗细适中, 顶部鳞片紧密, 无病虫害, 不空心, 不开裂, 无锈斑和无机损伤的绿芦笋作为试验材料, 约 500 g/捆, 采收后立即送至实验室。

1.2 主要设备与仪器

JZ2 型真空减压贮藏库: 无锡市企虹制冷有限公司产品; 小型常压库: 无锡市企虹制冷有限公司产品; TDL-

60B 型台式高速离心机: 上海安亭科学仪器厂产品; 725 紫外可见分光光度计: 上海精密科学仪器有限公司产品; FA1104 电子天平(1/10000): 上海天平仪器厂产品。

1.3 6-BA 处理方法

将绿芦笋分别放入预先配制好的 5、10、15、20 mg/L 的 6-BA 溶液中, 浸泡 10 min, 取出后沥去多余的水分。

1.4 三阶段减压贮藏试验

将处理好的绿芦笋, 装入 450 mm×350 mm×250 mm 的带盖塑料筐, 放入 JZ2 型真空减压贮藏库, 真空压力(绝对压力)在贮藏的 0~3 d 控制在 10~20 kPa; 在贮藏的第 4~10 天, 控制在 20~30 kPa; 在贮藏的第 11~50 天控制在 35~50 kPa 的“三阶段”减压贮藏。贮藏温度为 2~4℃, 相对湿度为 85%~95%。每隔 5 d 开库取 1 次样测定各项指标, 贮藏至 50 d 结束试验。每 3 捆绿芦笋为 1 个处理, 每处理重复 3 次, 结果取其平均值。

1.5 测试方法

呼吸强度的测定: 在室温条件下, 采用静置测定法^[3]。乙烯释放量的测定: 采用日本岛津 GC14A 型气象色谱仪测定。色谱条件为: SPB-5 毛细管柱, FID 检测器, 检测器温度为 250℃, 程序升温, 载气、燃气、助燃气分别为氮气、氢气、空气。Vc 含量的测定: 采用 2,6-二氯酚酚滴定法^[3]。叶绿素含量的测定: 采用分光光度法^[4]。木质素含量的测定: 参照鞠志国等(1993)^[5]的方法。细胞膜透性的测定: 参照 Vieira Santos 等(2001)^[6]的方法采用电导率仪法。MDA 含量的测定: 参照 Dhindsa 等(1981)^[7]的硫代巴比妥酸法。衰老指数和商品率的测定: 参照 Krarup 的方法^[8]。

将绿芦笋分为 5 个等级: 0 级: 无萎缩、无烂头、无霉变, 色泽鲜艳, 无刺激性气味; 1 级: 轻微萎缩、轻微失绿, 无烂头、无霉变, 色泽相对较鲜艳, 无刺激性气味; 2

作者简介: 李文香(1963-), 女, 山东省安丘人, 博士, 主要从事农产品贮藏与加工方面的工作。

基金项目: 江苏省科技攻关资助项目(BE2003349)。

收稿日期: 2008-01-31

级: 笋茎萎缩和失绿均 $< 1/4$, 烂头、霉变、不鲜艳, 有轻微刺激性气味; 3 级: 笋茎 $1/4 \sim 1/2$ 萎缩, $1/4 <$ 笋茎失绿 $< 1/2$, 烂头、霉变、不鲜艳, 有刺激性气味; 4 级: 笋茎萎缩和失绿均 $> 1/2$ 严重烂头和霉变, 不鲜艳, 刺激性气味强烈。绿芦笋衰老指数和商品率分别按下式计算: 衰老指数 $= \sum(\text{级数} \times \text{该级笋茎数}) / (\text{最高级数} \times \text{总笋茎数})$; 商品率 $(\%) = [(0 \text{ 级笋茎数} + 1 \text{ 级笋茎数}) / \text{总笋茎数}] \times 100$ 。

1.6 数据处理

采用 Duncan's 新复极差法进行多重比较分析。

2 结果与分析

2.1 对绿芦笋呼吸强度、乙烯释放量及木质素含量的影响

绿芦笋采后呼吸代谢旺盛, 降低绿芦笋采后的呼吸强度, 对提高绿芦笋的保鲜品质至关重要; 乙烯作为植物体内的一种内源激素, 对成熟和衰老起着重要的调节作用, 抑制果蔬的乙烯释放, 无疑能延缓果蔬的衰老; 木质素含量的高低是反应绿芦笋老化程度的重要指标。从表 1 可见, 用不同浓度的 6-BA 处理对绿芦笋采后呼吸强度、乙烯释放量及木质素的形成均有抑制作用, 但抑制的程度各不相同。用 5 mg/L 的 6-BA 处理的绿芦笋, 在三阶段减压条件下贮藏 50 d 其呼吸强度、乙烯释放量的均值低于对照, 但与对照的差异不显著, 对木质素含量没有影响; 用 20 mg/L 的 6-BA 处理的绿芦笋可极显著抑制呼吸强度 $(\alpha=0.01)$, 对降低乙烯释放量和木质素含量虽有一定的效果, 但与对照相比差异不显著; 而以 10 mg/L 和 15 mg/L 2 种浓度的 6-BA 处理的绿芦笋可极显著抑制呼吸强度、乙烯释放量及木质素含量 $(\alpha=0.01)$, 且两种处理间的差异也达极显著水平 $(\alpha=0.01)$ 。表明高浓度的 6-BA (20 mg/L) 或低浓度的 6-BA (5 mg/L), 对降低绿芦笋呼吸强度、乙烯释放量及木质素含量的作用均较差, 而中等浓度的 6-BA (10、15 mg/L) 可显著降低绿芦笋呼吸强度、乙烯释放量及木质素的含量, 其中以 15 mg/L 的 6-BA 处理效果最佳。

表 1 不同浓度的 6-BA 处理对绿芦笋呼吸强度、乙烯释放量及木质素含量的影响

处理	呼吸强度	乙烯释放量	木质素含量
	/ $\text{CO}_2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$	/ $\mu\text{L} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$	/ %
CK	55.97 \pm 2.57aA	2.16 \pm 0.104aA	0.75 \pm 0.028aA
5 mg/L	55.51 \pm 3.08aAB	2.15 \pm 0.129aA	0.75 \pm 0.032aA
20 mg/L	54.20 \pm 3.84bB	2.13 \pm 0.132aA	0.74 \pm 0.035aA
10 mg/L	52.05 \pm 4.03cC	1.98 \pm 0.109bB	0.70 \pm 0.023bB
15 mg/L	49.06 \pm 3.56dD	1.83 \pm 0.124cC	0.65 \pm 0.028cC

注 a, b, c...表示在 $\alpha=0.05$ 水平上差异显著; A, B, C...表示在 $\alpha=0.01$ 水平上差异显著。

6-BA 作为人工合成的细胞分裂素类化合物, 对植物的生理代谢具有重要的调节作用, 目前对 6-BA 调节

果蔬采后衰老生理的研究多集中在活性氧代谢与膜脂过氧化方面^[9-11], 对 6-BA 影响呼吸代谢与乙烯释放方面虽有少量报道^[11-12], 但对 6-BA 调节呼吸代谢和乙烯代谢的生理机制方面的研究尚未见报道。绿芦笋采后进行不同浓度的 6-BA 处理, 对抑制呼吸代谢和乙烯释放均有效果(见表 1), 可能跟 6-BA 能调节参与呼吸代谢及乙烯合成相关酶的活性有关, 其调节的机理有待于进一步探讨。

2.2 对绿芦笋抗坏血酸、叶绿素含量及商品率的影响

绿芦笋中含有丰富的抗坏血酸, 贮藏过程中抗坏血酸含量的下降, 标志着绿芦笋营养品质的降低; 绿芦笋采后绿色色泽的消退, 不仅影响绿芦笋的外观, 也是绿芦笋采后衰老的重要标志; 商品率则是综合评价绿芦笋食用品质的重要指标。不同浓度的 6-BA 处理均能提高绿芦笋采后贮藏过程中的抗坏血酸含量、叶绿素含量及商品率, 但效果各不相同。以 5 mg/L 的 6-BA 处理的绿芦笋, 可显著提高其叶绿素含量 $(\alpha=0.05)$, 虽在一定程度上提高了绿芦笋的抗坏血酸含量及商品率, 但与对照差异不显著; 以 20 mg/L 的 6-BA 处理的绿芦笋, 抗坏血酸含量和叶绿素含量均明显提高, 且与对照差异均达极显著水平 $(\alpha=0.01)$, 但对商品率的影响与对照差异不显著; 以 10 mg/L 和 15 mg/L 两种浓度的 6-BA 处理的绿芦笋, 可明显提高绿芦笋的抗坏血酸含量、叶绿素含量及商品率, 与对照相比均达极显著差异 $(\alpha=0.01)$ (见表 2)。也即 4 种浓度的 6-BA 对提高绿芦笋抗坏血酸含量、叶绿素含量及商品率的效果按从大到小的顺序依次为 15 mg/L $>$ 10 mg/L $>$ 20 mg/L $>$ 5 mg/L。表明绿芦笋采后用适当浓度的 6-BA 进行处理可显著提高绿芦笋的抗坏血酸含量、叶绿素含量及商品率, 但浓度过高或过低均会降低其作用效果。

6-BA 处理能显著提高绿芦笋的叶绿素含量, 是由于 6-BA 有清除自由基的功效^[12], 从而降低了自由基直接攻击叶绿素中大卟啉环的双键而导致的叶绿素氧化降解的速率^[13-15]; 同时 6-BA 处理还可降低自由基对叶绿体膜的伤害, 减少叶绿体被膜上的绿素酶与类囊体膜上叶绿素的接触机会^[16], 因而能显著减缓叶绿素。

表 2 不同浓度的 6-BA 处理对绿芦笋抗坏血酸、叶绿素含量及商品率的影响

处理	抗坏血酸含量	叶绿素含量	商品率
	/ $\text{mg} \cdot (100\text{g})^{-1} \cdot \text{FW}$	/ $\text{mg} \cdot (100\text{g})^{-1} \cdot \text{FW}$	/ %
15 mg/L	10.88 \pm 0.22aA	14.57 \pm 0.46aA	82.02 \pm 4.45aA
10 mg/L	10.66 \pm 0.36bB	14.23 \pm 0.53bB	80.79 \pm 3.25aA
20 mg/L	10.52 \pm 0.41cC	13.85 \pm 0.38cC	76.33 \pm 4.30bB
5 mg/L	10.47 \pm 23cdCD	13.36 \pm 0.45dD	75.92 \pm 3.42bB
CK	10.43 \pm 0.40dD	13.18 \pm 0.24dD	75.25 \pm 2.40bB

注 a, b, c...表示在 $\alpha=0.05$ 水平上差异显著; A, B, C...表示在 $\alpha=0.01$ 水平上差异显著。

2.3 对绿芦笋细胞膜透性、膜脂过氧化及衰老指数的影响

细胞膜透性是反应生物膜系统受伤害程度的重要指标,通常伴随着植物体的衰老,细胞膜透性增大,表现为相对电导率的提高;丙二醛(MDA)是膜脂氧化的产物,其含量可反应膜脂氧化的程度;衰老指数则是综合评价绿芦笋贮藏质量的量化指标。4种浓度的6-BA处理均可降低绿芦笋的相对电导率、MDA含量及衰老指数,但处理浓度不同其效果各异。以5 mg/L的6-BA处理的绿芦笋,可显著降低其相对电导率($\alpha=0.05$),极显著降低其MDA含量($\alpha=0.01$),但对衰老指数的影响与对照差异不显著;以20 mg/L的6-BA处理的绿芦笋,相对电导率和MDA含量与对照的差异均达极显著水平($\alpha=0.01$),而衰老指数与对照的差异不显著;以10 mg/L和15 mg/L两种浓度的6-BA处理的绿芦笋,均可极显著降低绿芦笋的相对电导率、MDA含量及衰老指数($\alpha=0.01$)。表明绿芦笋采后用适当浓度的6-BA进行处理可显著降低绿芦笋的相对电导率、MDA含量及衰老指数,其中以15 mg/L的6-BA处理效果最好,浓度过高或过低均会降低6-BA处理的效果。

表3 不同浓度的6-BA处理对绿芦笋细胞膜透性、膜脂过氧化及衰老指数的影响

处理	相对电导率 /%	丙二醛含量 / nmol · g ⁻¹ · FW	衰老指数 /%
CK	7.04±0.13aA	1.70±0.15aA	0.44±0.035aA
5 mg/L	6.97±0.35bAB	1.66±0.13bB	0.42±0.032aA
20 mg/L	6.93±0.40bB	1.65±0.12bB	0.42±0.029aA
10 mg/L	6.74±0.34cC	1.60±0.22cC	0.36±0.021bB
15 mg/L	6.51±0.25dD	1.51±0.18dD	0.34±0.036bB

注 a, b, c...表示在 $\alpha=0.05$ 水平上差异显著; A, B, C...表示在 $\alpha=0.01$ 水平上差异显著。

由于6-BA可提高果蔬体内SOD活性,抑制超氧自由基的产生^[10,11],因而用6-BA处理可降低由自由基引发的膜脂过氧化,从而降低了膜脂过氧化产物MDA的积累^[1-2];进而减少了MDA与膜上的蛋白质、酶及磷脂等结合、交联的机会,降低了对细胞膜系统的伤害程度^[17],因而延缓了绿芦笋的衰老进程。所以,绿芦笋采后进行适当浓度的6-BA处理,可显著降低MDA含量,抑制相对电导率的增加,降低其衰老指数。

3 结论

绿芦笋采后以5、10、15、20 mg/L 4种浓度的6-BA处理,均可在不同程度上提高绿芦笋的保鲜效果,但处理浓度不同其效果各异。

绿芦笋采后以5 mg/L和20 mg/L的6-BA处理,虽

对提高绿芦笋的采后保鲜效果有一定作用,特别是在提高绿芦笋的叶绿素含量,降低其相对电导率和MDA含量方面有明显效果,但从对绿芦笋贮藏效果的综合评价指标分析,5 mg/L和20 mg/L的6-BA处理对降低绿芦笋的衰老指数、提高商品率效果不显著;以10~15 mg/L的6-BA处理,可显著降低绿芦笋的呼吸强度、乙烯释放量、木质素含量、MDA含量、相对电导率及衰老指数,提高绿芦笋的抗坏血酸含量、叶绿素含量及商品率,其中以15 mg/L的6-BA处理效果最佳。

参考文献

- [1] 汪峰,郑永华. 6-BA和热处理对食荚豌豆贮藏品质的影响[J]. 食品科学, 2004, 25(11): 314-317.
- [2] Clarke S F, Jameson P E, Downs C. The influence of 6-benzylaminopurine on post-harvest senescence of florets tissues of broccoli (*Brassica oleracea* var *Italia*) [J]. *Plant Growth Regulation*, 1994, 14: 21-27.
- [3] 杨增军, 张华云. 果蔬贮藏学实验指导[M]. 莱阳: 莱阳农学院, 2000.
- [4] 潘增光, 王国宾, 李奎明, 等. 新红星苹果果实着色期几种色素含量变化及其相关性[J]. 植物生理学通讯, 1996, 32: 347-349.
- [5] 鞠志国, 刘成连, 原永兵. 莱阳仕梨酚类物质合成的调节及其对果实品质的影响[J]. 中国农业科学, 1993, 26(4): 44-48.
- [6] Vieira Santos, Campos C L, Azevedo A, Caldeira H. G. In situ and in vitro senescence induced by KCl stress: nutritional imbalance, lipid peroxidation and antioxidant metabolism [J]. *J. Exp. Bot.* 2001, 52: 351-360.
- [7] Dhindsa R S, Plumb-Dhindsa P, Thorpe T A. Leaf senescence: correlated with increased leaves of membrane permeability and lipid peroxidation and decreased levels of superoxide dismutase and catalase [J]. *J. Exp. Bot.* 1981, 32: 93-101.
- [8] Krarup C. Initial weight loss, packaging and conservation of asparagus [J]. *Acta Hort*, 1990, 271: 478-483.
- [9] 吴金贤, 俞炳泉. 6-BA对水稻叶片衰老过程中活性氧代谢的调节[J]. 南京农业大学学报, 1992, 15(3): 20-23.
- [10] 李正国, 高雪. 自由基清除剂对青花菜衰老生理的影响[J]. 西南农业大学学报, 1999, 21(6): 259-263.
- [11] 龚吉军, 谭兴和, 夏延斌. 小袋包装气调和6-BA对黄花菜采后生理变化的影响[J]. 食品科学, 2004, 25(6): 175-178.
- [12] 席均芳, 余挺, 潘旭芳, 等. 芦笋保鲜技术研究[J]. 浙江农业学报, 1998, 10(5): 259-263.
- [13] 蒋明义, 杨文英. 渗透胁迫下水稻幼苗中叶绿素降解的活性氧损伤作用[J]. 植物学报, 1994(4): 289-295.
- [14] Barclay K D, McKersie B D. Peroxidation reactions in plant membranes: effects of free fatty acids [J]. *Lipids*, 1994, 29: 877-882.
- [15] Smirnoff N. The role of active oxygen in the response of plants to water deficit and desiccation [J]. *New Phytologist*, 1993, 125: 27-58.
- [16] Matile P, Schellenberg M, Vicentini F. Localization of chlorophyllase in the chloroplast envelope [J]. *Planta*, 1997, 201: 96-99.
- [17] 关军锋. 采后鸭梨衰老与膜脂过氧化化的关系[J]. 沈阳农业大学学报, 1994, 25(4): 418-421.

桃果采后生理变化与保鲜技术研究

康明丽, 刘 坤

(河北科技大学 生物科学与工程学院, 河北 石家庄 050018)

摘 要: 论述了桃果采后生理变化及影响桃果贮藏品质的因素, 如: 品种、采收期、果实大小、呼吸作用、贮藏环境条件、酶、果实内含物等, 并对桃果的保鲜技术进行了论述。

关键词: 桃; 贮藏; 保鲜; 技术

中图分类号: S 662. 109⁺. 3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001—0009(2008)05—0233—03

桃因其果味甘美, 色佳汁多, 营养丰富而被喻为人间仙果, 果中皇后。但桃果实较易软化腐烂而不利于贮藏, 造成巨大的损失, 因此对桃果采后的生理变化和保鲜技术进行研究具有重要意义。

1 桃果采后的生理变化

1.1 软化

对于桃果来说, 采后软化是其腐烂变质的主要原因, 它将直接影响桃果感官品质和抗病能力, 并造成商业品质的下降。一般认为: 在一些水解酶的作用下, 鲜桃果肉细胞壁多糖被降解或解聚至使果实后熟和贮藏期间果肉软化^[1]。金昌海等^[2]认为: 细胞壁半乳糖醛酸和半乳糖的降解与桃果实软化的启动密切相关, 而阿拉伯糖的降解则可能是桃果实后熟软化的重要因素。

1.2 果实的病变

鲜桃在贮运过程中常发生各种病变, 其中以褐腐病(*Monilinia. fracticola*)、软腐病(*Rhizopus stolonifer*)、青霉病(*Penicillium expa um* Link)、桃红粉病(*Trichothecium roseum*)、桃炭疽病(*Colletotrichum gloeosporioides*)、腐败病和根霉腐烂病最为常见。这些由真菌引起的病变不仅可能在桃子的成长期侵染, 也可能发生在贮运过程中, 传病途径多种多样, 很容易引起桃果的大量腐烂。赵淑艳等^[3]曾以大久保、京玉等北方地区桃为研究对象, 经试验得到结果: 引起桃采后贮藏过程中腐烂的病原菌有 8 种, 且在不同温度下其致病性差异也较大, 其中灰霉菌致病力最强; 芽枝霉最弱; 根霉和黑曲霉多在常温中致病, 且病程一般很短; 灰霉、交链孢霉在桃低温和高温中均致腐。

2 影响桃果贮藏的因素

2.1 品种

不同桃果品种其贮藏期有显著差异。早熟、软溶质、离核品种耐贮性差, 中晚熟、硬质、黏核品种耐贮性较好。水蜜桃一般不耐贮, 硬肉桃中的晚熟品种肥城桃、青州蜜桃、陕西冬桃较耐贮。

第一作者简介: 康明丽(1973-), 女, 博士, 讲师, 现从事农产品贮藏与加工方面的教学与研究工作。E-mail: shipinzhuanye@163. com。
收稿日期: 2008—01—23

Studied on the Regulation Senescence of 6-BA Treatment on Green Asparagus during Three-stage Hypobaric Storage

LI Wen-xiang

(School of Food, Qingdao Agricultural College, Qingdao, Shandong 266109, China)

Abstract: Fresh green asparagus were subjected to a treatment by dipping in 5 mg/L, 10 mg/L, 15 mg/L and 20 mg/L 6-benzylaminopurine (6-BA) for 10 min respectively. The effects of four treatments on regulating the senescence of green asparagus were studied using dipping in distilled water for 10 min as control. The results showed that 10 mg/L and 15 mg/L 6-benzylaminopurine (6-BA) treatment could significantly ($P < 0.05$) inhibit the respiratory intensity and ethylene production, decrease lignin content, MDA content, relative conductivity rate and senescence index, improve ascorbic acid, chlorophyll contents and commodity rate. Green asparagus treated with 15 mg/L 6-BA for 10 min was the best.

Key words: Green Asparagus; 6-benzylaminopurine(6-BA); Three-stage hypobaric storage; Senescence