

# 一氧化氮熏蒸对延长草莓货架期的影响

李卫琼<sup>1</sup>, 李自强<sup>1</sup>, 吴增程<sup>2</sup>

(1. 云南农业职业技术学院, 云南 昆明 650031; 2. 云南省曲靖市畜牧局, 云南 曲靖 655000)

**摘要:** 草莓属高档水果, 但采后货架期短, 严重影响草莓的品质和价值。为此开展了不同浓度一氧化氮(NO), 不同处理时间对延长草莓货架期的影响研究。结果显示, 一氧化氮对延长草莓货架期具有显著作用, 具体为: 一氧化氮(下同)浓度5~10 μL/L, 处理2 h对延长货架期效果最显著。同时对结果在商业上的应用也进行了探讨。

**关键词:** 草莓; 一氧化氮; 货架期; 熏蒸

**中图分类号:** TS 255.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-390X(2008)05-0719-04

## Effect of Nitric Oxide Treatment on Extending the Postharvest Life of Strawberries

LI Wei-qiong<sup>1</sup>, LI Zi-qiang<sup>1</sup>, WU Zeng-cheng<sup>2</sup>

(1. Agricultural Vocation-technical College of Yunnan, Kunming 650031, China;

2. Qujing Municipal Livestock Bureau of Yunnan Province, Qujing 655000, China)

**Abstract:** Strawberry is high quality fruit with short postharvest life. Effect of nitric oxide (NO) and treatment time on extending the postharvest Life of strawberries were studied. The results were as follows: (1) NO treatment had significant effect; (2) NO concentration range 5~10 μL/L could obtain better effect to extend the postharvest Life of Strawberries; (3) proper treatment time was 2 h. And the possibility of commercial application was discussed.

**Key words:** strawberries; nitric oxide; postharvest life; fumigation

一氧化氮(nitric oxide, NO)是近年来引起人们关注的无机气体自由基, 具有独特的理化性质和生物学活性, 几乎对动物全身各个系统都有影响, 其中诱导型一氧化氮合成酶及其催化产生的NO在动物疾病的发生、发展过程中起着重要的作用<sup>[1]</sup>。最近几年, 内源和外源一氧化氮对植物的作用也有较多研究, 据报道, 豌豆叶释放出比乙烯较多的克分子水平量的一氧化氮, 并且乙烯的前体1-氨基环丙烷-1-羧酸(ACC)促进乙烯和一氧化氮的释放<sup>[2]</sup>。这说明植物体可以通过依赖于类似哺乳动物的一氧化氮合成酶或硝酸还原酶的酶促合成途径和非酶促合成途径产生一

氧化氮, 植物内源一氧化氮可以调控乙烯的生物合成, 同时一氧化氮在植物遇到缺水、高温及微生物侵染等逆境时起着抗逆调节剂的作用<sup>[3]</sup>。

无论是成熟还是未成熟采后的水果、蔬菜和花卉中都广泛存在有一氧化氮, 成熟的组织中一氧化氮含量比未成熟的要高<sup>[4]</sup>。由于乙烯是采后农产品成熟和衰老的启动和促进因子, 因此推测使用一氧化氮可以控制乙烯浓度从而调控采后组织的成熟和衰老进程。在其它果实如柑桔上的研究成果就证实这一推测<sup>[5]</sup>。草莓属高档水果, 但采后货架期短, 从而给贮运、销售带来困难, 严重影响草莓的品质和价值。因此尽可能降低环境

收稿日期: 2007-11-09

作者简介: 李卫琼(1972-), 女, 云南楚雄人, 讲师, 主要从事园艺产品贮藏加工、植物生理教学工作。

E-mail: wql2118@tom.com

中的乙烯浓度以延长其货架期具有重要的意义<sup>[6]</sup>。本实验研究了不同浓度一氧化氮, 不同处理时间对延长草莓货架期的影响。

## 1 材料与方

### 1.1 材料

草莓: 曼谷远郊农场刚收获的中等大小完好无损的水培草莓浆果。

气源: 一氧化氮气源为浓度 4 mL/L 的一氧化氮和氮气的混合气体。

### 1.2 方法

每个样品 15 个浆果 (约 250 g), 装于 4 L 的塑料容器内后密封。在保持无氧条件下, 向塑料容器通入湿润氮气 1 h 以置换其中的氧气。

不同一氧化氮浓度及贮藏温度对草莓货架期的影响的初步研究: 用 1  $\mu\text{L/L}$  和 5  $\mu\text{L/L}$  浓度一氧化氮分别熏蒸处理 2 h, 分别于 20  $^{\circ}\text{C}$  和 5  $^{\circ}\text{C}$  温度下贮于含 0.1  $\mu\text{L/L}$  湿润乙烯气体的空气环境中贮藏。试验设置两个对照, 一个不作 (空气) 处理, 一个置于氮气环境中。

不同一氧化氮浓度对草莓货架期的影响: 分别用 1  $\mu\text{L/L}$ , 5  $\mu\text{L/L}$ , 50  $\mu\text{L/L}$ , 500  $\mu\text{L/L}$  和 4 000  $\mu\text{L/L}$  浓度一氧化氮进行处理, 一氧化氮浓度要求 500  $\mu\text{L/L}$  以下的处理用定量注射方法分次注入, 直到达到要求浓度。浓度要求大于 500  $\mu\text{L/L}$  的则直接用钢瓶中气体以 1 L/min 流速充入, 直到达到要求浓度。封闭容器通气口, 置于 20  $^{\circ}\text{C}$  下熏蒸 2 h, 然后把样品转入含有 0.1  $\mu\text{L/L}$  湿润乙烯气体的玻璃缸中分别贮藏于 20  $^{\circ}\text{C}$  和

5  $^{\circ}\text{C}$ 。

最佳延长草莓货架期一氧化氮浓度的进一步筛选: 分别用 2.5  $\mu\text{L/L}$ , 5  $\mu\text{L/L}$ , 7.5  $\mu\text{L/L}$ , 10  $\mu\text{L/L}$ , 15  $\mu\text{L/L}$  浓度一氧化氮进行处理, 封闭容器通气口, 置于 20  $^{\circ}\text{C}$  下熏蒸 2 h, 然后把样品转入含有 0.1  $\mu\text{L/L}$  湿润乙烯气体的玻璃缸中分别贮藏于 20  $^{\circ}\text{C}$  和 5  $^{\circ}\text{C}$ 。

不同处理时间对货架期的影响: 用 2.5  $\mu\text{L/L}$  一氧化氮在 20  $^{\circ}\text{C}$  和 5  $^{\circ}\text{C}$  条件下分别处理 0 h (CK), 0.5 h, 1.0 h, 1.5 h 和 2 h 后, 检查并记录结果。

数据统计: 贮于 20  $^{\circ}\text{C}$  的样品每天检查记录结果, 贮于 5  $^{\circ}\text{C}$  的样品每 2 d 检查 1 次。每次检查把生霉、腐烂、变软和变色的草莓挑出, 计算余下的可食用的草莓的百分率。获得每个处理的好果率与时间的线性回归关系。用回归方程计算出 80% 浆果还可出售时的每个处理的货架期。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同一氧化氮浓度对草莓货架期的影响的初步研究

由表 1 可以看出, 经 1  $\mu\text{L/L}$  一氧化氮处理的浆果在 20  $^{\circ}\text{C}$  和 5  $^{\circ}\text{C}$  两个温度条件下均比未处理的货架期延长约 50%; 经 5  $\mu\text{L/L}$  处理的于 20  $^{\circ}\text{C}$  贮藏的货架期比对照延长达到 130%, 但于 5  $^{\circ}\text{C}$  贮藏的货架期延长不明显。同时可以看出, 只用氮气处理和空气处理的对照的货架期相似, 说明货架期的延长主要是一氧化氮的作用, 一氧化氮对延长货架期具有重要作用。

表 1 草莓用 1  $\mu\text{L/L}$  和 5  $\mu\text{L/L}$  浓度一氧化氮熏蒸处理与对照的货架期比较

Tab. 1 Comparison of postharvest life of strawberries fumigated with NO at 1  $\mu\text{L/L}$ , 5  $\mu\text{L/L}$  and air, Nitrogen

贮藏温度/ $^{\circ}\text{C}$ storage temperature	采后货架期/h postharvest life				L. S. D. ( $P=0.05$ )
	空气 air	氮气 nitrogen	一氧化氮 NO/ $(\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1})$		
			1	5	
20	38.4	48	60	88.8	0.87
5	108	108	165.6	148.8	1.44
	采后货架期延长 postharvest life extension/%				
20	-	25	56	131	
5	-	4	53	38	

### 2.2 不同一氧化氮浓度对草莓货架期的影响

在明确了一氧化氮对货架期具有作用后, 又对不同浓度一氧化氮对草莓货架期的影响进行了

研究。由表 2 可知, 在采用的 5 个一氧化氮浓度梯度中, 5  $\mu\text{L/L}$  一氧化氮对延长货架期效果最好, 在 20  $^{\circ}\text{C}$  和 5  $^{\circ}\text{C}$  贮存条件下货架期延长分别达

70% 和 57%。随着浓度的增加, 货架期延长逐渐减少。在形态上表现为: 500  $\mu\text{L/L}$  处理花萼变

黑, 4 000  $\mu\text{L/L}$  浓度处理后浆果很快变暗, 花萼变黑。

表 2 不同一氧化氮熏蒸处理与对照的货架期比较

Tab. 2 Comparison of postharvest life of strawberries fumigated with NO at 1 ~ 4 000  $\mu\text{L/L}$  and air, Nitrogen

贮藏温度/ $^{\circ}\text{C}$ storage temperature	采后货架期/h postharvest life		一氧化氮 $\text{NO}/(\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1})$					L. S. D. ( $P=0.05$ )
	空气 air	氮气 nitrogen	1	5	50	500	4 000	
20	55.2	48	84.0	93.6	76.8	64.8	2.4	1.08
5	146.4	153.6	184.8	230.4	184.8	194.4	2.4	2.66
采后货架期延长 postharvest life extension/%								
20	-	23	52	70	39	17	-	
5	-	5	26	57	26	33	-	

2.3 最佳延长草莓货架期一氧化氮浓度的进一步筛选

由表 3 可以看出, 用 5  $\mu\text{L/L}$ , 7.5  $\mu\text{L/L}$  和 10  $\mu\text{L/L}$  处理后贮于 20  $^{\circ}\text{C}$  或者 5  $^{\circ}\text{C}$  条件下采后货架期明显延长, 而用 2.5  $\mu\text{L/L}$  和 15  $\mu\text{L/L}$  浓度处理效果不显著。货架期延长最长为贮于是 20  $^{\circ}\text{C}$ , 约

70%, 贮于是 5  $^{\circ}\text{C}$  为 60%。数据回归分析得出以下方程式: 贮于 20  $^{\circ}\text{C}$  时  $y = 0.87 + 0.16x - 0.009x^2$ ;  $r^2 = +0.87$  ( $P < 0.01$ ); 贮于 5  $^{\circ}\text{C}$  时  $y = 5.2 + 0.48x - 0.030x^2$ ;  $r^2 = 0.57$  ( $P < 0.08$ ) (其中  $y$  为采后货架期,  $x$  为一氧化氮浓度)。方程式说明延长采后货架期最佳的一氧化氮浓度是 5 ~ 10  $\mu\text{L/L}$ 。

表 3 最佳一氧化氮浓度熏蒸处理筛选

Tab. 3 Selection of optimal concentration of nitric oxide treatment

贮藏温度/ $^{\circ}\text{C}$ storage temperature	采后货架期/h postharvest life		一氧化氮 $\text{NO}/(\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1})$					L. S. D. ( $P=0.05$ )
	空气 air	氮气 nitrogen	2.5	5	7.5	10	15	
20	24	62.4	24	36	40.8	38.4	28.8	0.14
5	117.6	160.8	146.4	194.4	158.4	153.6	133.4	1.53
采后货架期延长 postharvest life extension/%								
20	-	28	0	50	70	60	20	
5	-	7	24	65	35	31	14	

2.4 不同处理时间对货架期的影响

为了明确不同处理时间对货架期的影响, 进行了不同时间处理的探讨, 由表 4 可知, 在 5  $\mu\text{L/L}$  浓

度处理后贮于 20  $^{\circ}\text{C}$  和 5  $^{\circ}\text{C}$  条件下, 处理时间与采后货架期成正相关。本试验采用的时间区间内, 最佳处理时间为 2 h, 20  $^{\circ}\text{C}$  条件下, 货架期延长达 62%。

表 4 不同处理时间对货架期的影响

Tab. 4 Effects of different treatment time on postharvest life of strawberries

贮藏温度/ $^{\circ}\text{C}$ storage temperature	采后货架期/h postharvest life					L. S. D. ( $P=0.05$ )
	5 $\mu\text{L/L}$ 一氧化氮熏蒸时间 time of NO fumigation /h					
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	
20	40.56	33.6	36	40.8	50.4	0.32
5	112.8	139.2	156.0	153.6	165.6	1.21
采后货架期延长 postharvest life extension/%						
20	0	8	15	31	62	
5	0	23	38	36	47	

3 讨论

(1) 草莓收获后用浓度为 5 ~ 10 μL/L 一氧化氮处理 2 h 后货架期比不处理的明显延长, 且效果稳定, 说明这一处理方式具有商业实用价值。

(2) 注意无论于 20 °C 或者 5 °C 贮藏, 一氧化氮熏蒸过程均需要密闭以隔绝空气进入, 并且处理不应要求对现行的贮、销方式作很大改变才有实用价值。对不同品种、不同地区生产的草莓用一氧化氮处理的效果可能会有差异, 需根据具体情况适当调整处理条件已保证获得最佳效果。商业应用还需进一步实验, 制定出每次最佳处理量、成本低且方便易行的模式。

(3) 在处理时间对货架期的影响研究中, 本试验采用的时间区间还不够完善, 今后需要对 2 h 以上更长时间处理进行研究, 以明确更具体的处理时间。

(4) 一氧化氮发挥作用的机制是抑制乙烯的生理效应作用<sup>[8]</sup>。笔者还发现一氧化氮的处理效果与用低浓度的另一种乙烯抑制剂 1 - 甲基环丙烯 (1 - MCP) 处理的效果相似, 已有报道用 5 ~ 15 nL/L 浓度 1 - MCP 处理草莓 2 h 可以延长采后货架期, 但更高浓度处理的效果却相反<sup>[9]</sup>。可能两者的生理作用机制有相似之处。

[参考文献]

[1] EL-KAZZAZ M K, SOMMER N F, FORTLAGE R J. Effect of different atmosphere on postharvest decay and quality of fresh strawberries [J]. *Phytopathology*, 1983, 73: 282 - 285.

[2] FELDMAN P L, GRIFFITH O W, STUER D J. The surprising life cycle of nitric oxide [J]. *Chem. Eng. News*, 1993, 71: 26 - 38. Abstract + References in Scopus | Cited By in Scopus

[3] 田恒力. 一氧化氮生物作用的研究进展 [J]. *国外医学: 神经病学. 神经外科学分册*, 1995, 22 (2): 87 - 90.

[4] 朱树华. 一氧化氮对草莓果实衰老的影响 [J]. *园艺学报*, 2005, 32 (4): 589 - 593.

[5] SNYDER S H. Nitric oxide: first in a new class of neurotransmitters [J]. *Science*, 1992, 257: 494 - 496.

[6] LESHEM Y Y, WILLS R B H. Harnessing senescence delaying gases nitric oxide and nitrous oxide: a novel approach to postharvest control of fresh horticultural produce [J]. *Biol. Plant*, 1998, 41: 1 - 10.

[7] 刘明津. 气体物质对园艺产品采后保鲜的影响 [J]. *保鲜与加工*, 2005, 5 (6): 6 - 8.

[8] WILLS R B H, KIM G H. Effect of ethylene on postharvest life of strawberries [J]. *Postharvest Biol. Technol.*, 1995, (6): 249 - 255.

[9] MONCADA S, PALMER R M J, HIGGS F A. Nitric oxide: physiology, pathophysiology and pharmacology [J]. *Pharmacol. Rev.*, 1991, (430): 109 - 142.



(上接第 718 页)

[参考文献]

[1] 黄光远, 刘小军. 反问题与计算力学 [J]. *计算结构力学及其应用*, 1993, 10 (3): 302 - 306.

[2] 苑希民, 李鸿雁, 刘树坤, 等. 神经网络和遗传算法在水科学领域的应用 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2002.

[3] 徐晖, 李钢. 基于 Matlab 的 BP 神经网络在大坝观测数据处理中的应用 [J]. *武汉大学学报*, 2005, 38 (3): 50 - 53.

[4] 孙道恒, 胡俏, 徐灏. 力学反问题的神经网络分析法 [J]. *计算结构力学及其应用*, 1996, 13 (3): 308 - 312.

[5] 张汝清, 吕恩琳, 蹇开林. 现代计算力学 [M]. 重庆: 重庆大学出版社, 2004.

[6] 傅鹤林, 彭思甜, 韩汝才, 等. 岩土工程数值分析新方法 [M]. 长沙: 中南大学出版社, 2006.

[7] 樊琨, 刘宇敏, 张艳华. 基于人工神经网络的岩土工程力学参数反分析 [J]. *河海大学学报*, 1998, 26 (4): 98 - 102.

[8] 周建康, 能亚南, 朱春龙. 基于 MATLAB 下 BP 网络在河流污染物浓度预报中的应用 [J]. *水利水电技术*, 2004, 35 (9): 24 - 26.

[9] 桂现才. BP 神经网络在 MATLAB 上的实现与应用 [J]. *湛江师范学院学报*, 2004, 25 (3): 79 - 83.

[10] 飞思科技产品研发中心. 神经网络理论与 MATLAB7 实现 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2005.

[11] 常晓丽. 基于 Matlab 的 BP 神经网络设计 [J]. *机械工程与自动化*, 2006, 8 (4): 36 - 37.