

不同浓度水杨酸处理对金柑果实贮藏保鲜效果的影响

邓光宙^{1,2}, 刘 萍^{1,2}, 蒋运宁¹, 李柳洪³, 陈国平^{1,2}

(1. 广西柑桔研究所, 广西 桂林 541000; 2. 广西柑桔种质改良重点实验室培育基地, 广西 桂林 541004;

3. 广西壮族自治区阳朔县农业局, 广西 阳朔 541900)

摘 要: 试验分别在采前 1 个月和采后对果实进行 0.5、1.5、2.5 mmol/L 水杨酸和清水处理, 探讨不同浓度水杨酸处理对金柑果实贮藏性的影响, 找出水杨酸处理金柑的最佳浓度和作用时间。结果表明: 水杨酸处理可有效地降低金柑果实贮藏过程中的腐烂率和失重率, 且采前处理较采后处理效果明显, 其中以采前 1.5 mmol/L 水杨酸处理效果最好, 各浓度水杨酸处理对果实品质没有负面影响。

关键词: 金柑; 水杨酸; 贮藏性

中图分类号: S 666.609⁺.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2011)13-0161-04

金柑(*Fortunella crassifolia* Swingle)原产我国, 果实表皮金黄、色泽鲜艳、含有类胡萝卜素、氨基酸、维生素等成分, 营养丰富、肉质香脆, 深受消费者欢迎^[1], 是唯一能果皮和果肉同时鲜食的柑果类型。2009 年我国柑橘总产量为 3 300 万 t, 金柑在整个柑橘产业中所占比例约为 0.45%, 市场潜力巨大。近年来越来越多的果农开始种植金柑, 截止 2010 年广西阳朔县金柑种植面积达 6.67 万 hm², 金柑采用覆膜栽培延迟采收技术, 平均售价达 8 元/kg。2011 年春, 金柑鲜果最高售价达 20 元/kg, 经济效益十分显著。但金柑保鲜研究与产业发展不同步, 由于金柑果实连皮食用, 不宜使用 2,4-D、施保克等柑桔常用保鲜剂, 多年来长途运输外销的阳朔金柑均不做任何化学保鲜处理, 果实在短期运输过程的腐烂严重影响了果农的经济收入, 因此研究金柑的安全、无毒、有效的贮藏保鲜方法对金柑产业的可持续发展极具重要性。水杨酸(Salicylic acid, SA)是广泛存在于植物体内的一种酚类物质, 与植物抗病性密切相关, 低浓度的水杨酸对人体和环境安全均无副作用。有研究表明, 外源水杨酸处理可降低桃果实腐烂率^[2], 诱导桃果实抗氧化蛋白以及病程相关蛋白的表达^[3], 抵御病原微生物的侵害, 提高果实抗病性、延长果实货架期, 但水杨酸在金柑贮藏保鲜中的应

用尚未见报道。为此, 通过采前和采后不同浓度水杨酸处理, 研究不同浓度水杨酸处理对金柑果实的贮藏保鲜效果的影响, 找出最佳的处理时间和处理浓度, 为生产实践提供基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于 2010~2011 年在广西阳朔县白沙镇金柑生产基地进行, 6 a 生枳砧嫁接金柑, 种植密度 2 m×4 m, 选树势、果量较为一致的植株作为试材。

1.2 试验方法

试验共设 4 个处理: 0.5、1.5 和 2.5 mmol/L 水杨酸及清水为对照。3 株小区, 3 次重复, 随机排列。11 月 23 日均匀喷施树冠, 每 7 d 喷 1 次, 3 次重复。12 月 23 日采收试验果实, 每个处理选取果实 5 kg。同时在同一个月园采收同等重量未经任何处理的果实于当日进行 0.5、1.5、2.5 mmol/L 水杨酸及清水处理, 浸泡 10 min 后预贮 3 d, 将果实装入果品箱, 室温贮藏。贮藏期为 30 d, 每隔 3 d 统计果实的腐烂率和失重率, 各处理每隔 7 d 随机抽取样品进行果实品质分析。

1.3 测定方法

各处理标记 100 个果实, 12 月 27 日称重并贮藏, 以后每隔 3 d 再称重 1 次标记为 T_n, 则每一段时期的失重率用如下公式计算: 失重率(%) = (T_{n-1} - T_n) / T_{n-1} × 100%。其中 T_{n-1}: 前一次测同一处理果实的重量, 如有腐烂果, 则每次要除去烂果剩余果的重量作为计算下一贮藏时段果实失重率的基数。

各处理标记 100 个果实, 每隔 3 d 检查果实 1 次, 统计腐烂果个数, 剔除腐烂果, 计算果实腐烂率。

3,5-二硝基水杨酸法测定果实还原糖和总糖含量; 酸碱滴定法测定有机酸含量; 2,6-二氯酚靛酚法测

第一作者简介: 邓光宙(1966-), 男, 本科, 高级农艺师, 现从事柑桔品种及无病苗繁育研究工作。E-mail: dgz66@126.com。

责任作者: 陈国平(1962-), 男, 博士, 副教授, 现从事果树生理生态研究工作。

基金项目: 广西自然科学基金资助项目(2011GXNSFA018103)。

收稿日期: 2011-04-06

定维生素 C 含量^[4]。
数据用 Excel 和 SAS 软件处理和差异显著分析。

2 结果与分析

2.1 采前和采后 SA 处理对贮藏过程中果实腐烂率的影响

由图 1 可知,随着贮藏时间的延长,各处理果实的腐烂率呈增长的趋势。贮藏 3 d 后,对照处理果实的腐烂率高于其它处理,采前水杨酸处理果实的腐烂率低于采后处理的果实。在贮藏 18 d 时,采前对照和采后对照果实的腐烂率高达 12%和 10%。而采前 0.5、1.5、2.5 mmol/L 和采后 0.5、1.5、2.5 mmol/L 处理的果实腐烂率分别为 4%、2%、3%和 7%、4%、8%,其中采前 1.5 mmol/L 水杨酸处理的果实腐烂率最低。经 SAS 差异显著性分析可知,采前 0.5 mmol/L 和采后 1.5 mmol/L 处理无显著差异,其余各处理之间存在显著差异。

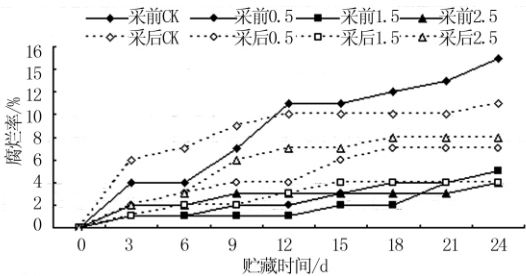


图 1 各处理对室温贮藏过程中果实腐烂率的影响

2.2 采前和采后 SA 处理对贮藏过程中果实失重率的影响

由图 2 可知,在贮藏过程中果实的失重率不断的增加。各处理间采前清水和采后清水处理失重最快,且经采前水杨酸处理的果实,失重比采后处理的果实失重慢。在贮藏 9 d 时,采前 CK、0.5、1.5、2.5 mmol/L 和采后 CK、0.5、1.5、2.5 mmol/L 处理的果实失重率分别为 1.5%、1.0%、0.7%、1.1%和 1.4%、1.3%、1.3%、1.4%;在贮藏 18 d 时,各处理果实失重率分别为 3.2%、2.5%、2.2%、2.8%和 3.2%、2.6%、2.9%、3.0%,其中采前 1.5 mmol/L 水杨酸处理失重最慢。经 SAS 差异显著性分析可知,在贮藏第 9 天和贮藏第 18 天,各处理间果实失重率存在显著差异。

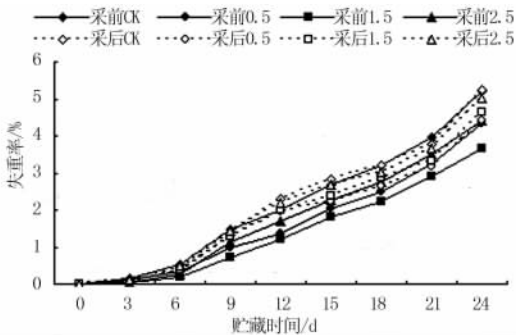


图 2 各处理对室温贮藏过程中果实失重率的影响

表 1 各处理对室温贮藏过程中果实还原糖含量的影响

处理/mmol·L ⁻¹	还原糖含量/g·kg ⁻¹				
	0 d	7 d	14 d	21 d	28 d
采前 CK	64.65±2.01a	29.92±0.56e	73.96±2.04b	80.31±1.57b	81.70±1.53d
采前 0.5	57.38±1.46ab	41.21±0.90cd	74.35±2.27b	84.47±3.33ab	87.30±3.12b
采前 1.5	48.08±3.82c	66.20±1.83a	70.71±2.65b	82.04±2.86ab	80.85±0.43d
采前 2.5	57.72±5.90ab	67.62±1.39a	81.53±1.96a	82.53±2.95ab	88.84±1.19b
采后 CK	53.09±2.01bc	53.85±1.62b	71.69±2.14b	84.11±0.41ab	82.96±3.85d
采后 0.5	53.09±2.01bc	66.71±5.64a	80.16±2.43a	88.05±0.92a	83.23±3.08cd
采后 1.5	53.09±2.01bc	46.93±2.87a	81.09±2.56a	82.50±3.43ab	97.95±1.00a
采后 2.5	53.09±2.01bc	35.69±0.88b	69.80±3.73b	80.86±2.54b	86.91±0.58bc

表 2 各处理对室温贮藏过程中果实总糖含量的影响

处理/mmol·L ⁻¹	总糖含量/g·kg ⁻¹				
	0 d	7 d	14 d	21 d	28 d
采前 CK	127.47±0.32a	112.27±4.11ab	99.49±0.44de	112.44±1.80ab	104.02±3.82cde
采前 0.5	115.89±2.37b	118.94±3.04a	93.40±3.58f	119.38±1.13a	118.67±2.95ab
采前 1.5	100.58±0.13c	104.37±5.60abc	109.92±3.44bc	104.41±4.09d	110.59±3.03bcd
采前 2.5	114.07±2.74b	94.21±7.71c	104.40±3.08cd	105.22±2.37cd	114.84±2.89abc
采后 CK	117.16±2.01b	106.01±3.97abc	103.12±1.67de	111.77±3.49bc	107.29±9.13cde
采后 0.5	117.16±2.01b	95.78±0.06c	115.65±3.45a	111.04±1.38bcd	103.45±7.69de
采后 1.5	117.16±2.01b	77.72±0.15d	114.21±0.59ab	112.81±4.59ab	123.14±5.72a
采后 2.5	117.16±2.01b	97.68±1.12bc	98.55±3.53ef	104.47±1.96d	98.84±11.88e

2.3 采前和采后 SA 处理对贮藏过程中果实糖含量的影响

由表 1、2 可知,在贮藏过程中,各处理果实还原糖含量整体呈现先下降再上升而后趋于平缓的趋势(表 1);总糖含量在贮藏过程中略有下降(表 2);各处理间果实还原糖和总糖含量在贮藏过程中没有明显差异。

2.4 采前和采后 SA 处理对贮藏过程中果实有机酸和 VC 含量的影响

由表 3 可知,在贮藏过程中,金柑果实的营养成分含量在逐渐变化。金柑果实中酸含量较低,贮藏过程中酸含量在 0.5%上下呈现周期性变化,在贮藏后期略有下降且采前 0.5 mmol/L SA 处理的果实酸含量高

于其它处理,采后 CK 果实酸含量最低(表 4),但各处理间酸含量没有显著差异。在贮藏过程中 VC 含量在贮藏第 7 天达到最大值然后下降,贮藏过程中各处理间无显著差异。

表 3 各处理对室温贮藏过程中果实有机酸含量的影响

处理/mmol·L ⁻¹	有机酸含量/%				
	0 d	7 d	14 d	21 d	28 d
采前 CK	0.47±0.03c	0.47±0.05c	0.49±0.03ab	0.55±0.05bc	0.51±0bc
采前 0.5	0.53±0.03bc	0.81±0.05a	0.55±0.03a	0.85±0.05a	0.51±0bc
采前 1.5	0.75±0.03a	0.64±0b	0.45±0.05bc	0.60±0.05bc	0.55±0.05bc
采前 2.5	0.68±0.03a	0.68±0.05b	0.41±0.03cd	0.53±0.07bc	0.94±0.10a
采后 CK	0.60±0.05b	0.64±0b	0.26±0e	0.47±0.05c	0.64±0.09b
采后 0.5	0.60±0.05b	0.68±0.05b	0.43±0.05bc	0.55±0.05bc	0.47±0.05c
采后 1.5	0.60±0.05b	0.73±0.05ab	0.34±0.05d	0.64±0b	0.51±0bc
采后 2.5	0.60±0.05b	0.81±0.05a	0.38±0cd	0.55±0bc	0.64±0b

表 4 各处理对室温贮藏过程中果实 VC 含量的影响

处理/mmol·L ⁻¹	VC 含量/g·(100g) ⁻¹				
	0d	7d	14d	21d	28d
采前 CK	44.79±1.75c	181.08±0.77a	41.43±3.07d	49.58±1.07d	40.28±0.79f
采前 0.5	54.22±2.27b	95.93±3.83b	40.18±3.19d	47.62±0.73d	46.84±1.06ef
采前 1.5	72.68±2.34a	88.55±0.18c	67.01±0.90b	64.56±3.66b	89.32±7.18b
采前 2.5	52.24±1.43b	101.59±5.53b	52.27±1.66c	54.49±3.93cd	65.72±1.50cd
采后 CK	74.58±2.5a	70.31±3.61e	64.31±2.61b	58.28±5.17bc	104.57±2.00a
采后 0.5	74.58±2.5a	73.86±0.49e	56.05±1.81c	48.79±0.46d	72.89±4.43c
采后 1.5	74.58±2.5a	75.58±0.87de	67.32±1.18b	58.83±1.07bc	69.54±11.87c
采后 2.5	74.58±2.5a	81.35±1.66d	74.56±1.74a	81.58±4.35a	54.67±0.50de

3 讨论与结论

水杨酸是广泛存在于植物体内的一种酚类物质,是植物天然代谢产物之一,它参与植物的生长、发育、成熟、衰老调控等代谢过程,具有广范的生理效应^[5]。研究表明,0.1 g/L 水杨酸处理可降低采后大久保桃果实的呼吸速率,推迟乙烯的释放高峰^[6],可降低枇杷果实的失重和呼吸速率^[7],延缓贡柑果实蔗糖、有机酸和 VC 的降解^[5]。该试验结果表明,采前和采后各浓度水杨酸处理可有效的延缓果实的失重,且采前处理效果较采后处理效果明显,其中采前 1.5 mmol/L(0.21 g/L)水杨酸处理效果最明显。且各浓度水杨酸处理对金柑果实贮藏过程中各营养成分的含量没有显著的影响。有研究表明,外源水杨酸处理可降低樱桃果实的腐烂率^[2],诱导桃果实抗氧化蛋白以及病程相关蛋白的表达^[3],诱导植物产生系统获得抗性,从而抵御病原微生物的侵害,提高果实抗病性,延长果实贮藏期^[8-9]。该试验结果表明,采前或采后水杨酸处理可不同程度地降低果实的腐烂率,在贮藏前期(贮藏前 10 d)效果更为明显。且外源水杨酸处理的作用效果与处理浓度与处理时间密切相关。李丽萍等^[10-11]在大久保桃和磨盘柿的研究中发现,0.1 g/L SA 处理可达到保鲜效果,当浓度达到 0.5、1.0、1.5 g/L 在处理 1~2.5 h 会造成大久保桃表皮伤害,从而加速贮藏过程中果实的腐烂率。同时,荣瑞芬等^[12]研究结果也表明,浓度低于 0.1%的 SA 对芒果腐烂、呼吸速率有抑制作用,而浓度达到 0.2%时效果相反。该试验结果表明,1.5 mmol/L 水杨酸处理的果实失重率和腐烂率要低于 0.5 mmol/L(0.06 g/L)和 2.5 mmol/L(0.35 g/L)处理的果实,且采收前处理效果较采收后处理效果显著。分析认为,因金柑果实体积较小,采后 SA 浸泡处理,

不利于果实呼吸散热和水分的散失,为病原微生物的生长繁殖提供了一定的条件,这对果实运输过程中贮藏性有一定的负面影响。因此同等浓度的水杨酸处理,采前处理较采后处理效果明显,且采前 1.5 mmol/L 水杨酸处理效果最好。但水杨酸处理可提高金柑果实贮藏性的作用机制,需要进行进一步的研究。

参考文献

[1] 刘启勋. 金柑中的营养成分[J]. 食品与发酵工业,1990(5):72-75.
[2] Chan Z L, Wang Q, Xu X B, et al. Functions of defense-related proteins and dehydrogenases in resistance response induced by salicylic acid in sweet cherry fruits at different maturity stages[J]. Proteomics, 2008, 4791-4807.
[3] Chan Z L, Qin G Z, Xu X B, et al. Proteome approach to characterize proteins induced by antagonist yeast and salicylic acid in peach fruit[J]. Journal of Proteome Reseach, 2007, 6(5):1677-1688.
[4] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
[5] 马培怡, 吴文, 唐小浪, 等. 采前喷布水杨酸(SA)和赤霉素(GA₃)对采后贡柑果实生理及贮藏效果的影响[J]. 果树学报, 2009, 26(6): 891-894.
[6] 韩涛, 李丽萍, 葛兴. 外源水杨酸对桃果实采后生理的影响[J]. 园艺学报, 2000, 27(5):367-368.
[7] 陈德碧. 水杨酸对枇杷采后品质和衰老的影响[D]. 重庆: 西南大学, 2008.
[8] Rajjou L, Belghazi M, Huguet R, et al. Proteomic investigation of the effect of salicylic acid on Arabidopsis seed germination and establishment of early defense mechanisms[J]. Plant physiol, 2006, 141:910-923.
[9] 崔婧. 水杨酸与植物的抗逆性[J]. 安徽农业通报, 2007, 13(9): 35-38.
[10] 李丽萍, 韩涛. 水杨酸对大久保桃贮藏期品质的影响[J]. 果树科学, 2000, 17(2):97-100.
[11] 李丽萍. 水杨酸对柿果贮藏期品质的影响[J]. 北京农学院学报, 2000, 15(1):49-54.
[12] 荣瑞芬, 佟世生, 冯双庆. 水杨酸对采后芒果和番茄保鲜效果的初步研究[J]. 食品科学, 2001, 22(3):79-81.

响应面优化虎杖固态发酵工艺条件的研究

王 卫, 黎继烈, 曾柏全, 姚跃飞

(中南林业科技大学 生命科学学院, 湖南 长沙 410004)

摘 要:应用产 β -葡萄糖苷酶的黑曲霉固态发酵酶解虎杖中的虎杖苷, 以提高虎杖中白藜芦醇的含量。采用均匀实验设计和响应面分析方法对影响虎杖中白藜芦醇含量的固态堆积发酵工艺条件(温度、湿度、菌龄和接种量)进行优化。结果表明:最佳的固态发酵工艺条件为:温度 42℃, 湿度 1.85:1、菌龄 42 h、接种量 1.8%, 在此条件下, 发酵 48 h 后, 白藜芦醇含量提高为 1.52%, 是未进行固态发酵虎杖中白藜芦醇含量的 4.47 倍。优化固态发酵工艺条件能较大幅度提高从虎杖中获取白藜芦醇的得率。

关键词:白藜芦醇; 虎杖; 虎杖苷; 响应面; 固态发酵

中图分类号:S 482.2⁺8 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2011)13-0164-04

白藜芦醇(Resveratrol)是一种重要的植物抗毒素, 可广泛应用于医药、食品、化妆品等行业, 其保健功效日益引起人们的关注。目前, 在日本已将含有白藜芦醇的提取物作为食品添加剂使用, 美国市场上也已有多个以白藜芦醇为活性成分的保健食品品牌^[1], 可见其作为功能性食品配料在国内外有着巨大的市场。此外, 白藜芦醇还被列为抗心血管、抗癌最有前途的药物之一^[2-3]。现已知干燥虎杖根茎中白藜芦醇的含量为 0.2%~0.3%, 而虎杖苷含量为 2%左右, 如何高效转化虎杖苷为白藜芦醇成为研究热点。

目前有用酸碱水解或改性纤维素酶解法对虎杖苷进行分解^[4], 但是酸碱会造成环境污染, 酶解则成本偏

高, 不利于推广应用。也有采用浸没发酵方式用产酶微生物直接转化虎杖苷为白藜芦醇的报道^[5-6], 但设备及操作要求高, 基础建设投入大。固体堆积发酵既无强烈的酸碱反应发生, 又无需粗提酶液, 同时不需添加贵重设备, 易于在原料产地推广应用。参考赵林果等人的研究报道^[7], 已从常用食品微生物中筛选能裂解虎杖苷的产 β -葡萄糖苷酶黑曲霉菌株, 并对影响白藜芦醇收率的微生物转化工艺进行了单因素优化^[8]。为了更深入研究固态发酵生物转化虎杖苷的技术优势, 该研究结合均匀实验设计以及非线性二次方程拟合(即响应面分析, RSM), 对微生物转化固态发酵过程进行模型模拟, 以期获得最佳工艺条件, 为固态发酵法转化虎杖中虎杖苷工艺的产业化提供试验基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

虎杖(白藜芦醇含量约为 0.34%)购自长沙医药市场, 白藜芦醇标准品由湖南怀化华光生物工程有限公司提供。固态发酵菌株:黑曲霉(β -葡萄糖苷酶产生

第一作者简介:王卫(1976-), 男, 硕士, 讲师, 研究方向为发酵及生物活性物质分离纯化。E-mail: wandervish@126.com。

基金项目:中南林业科技大学青年科学研究基金资助项目(07036B)。

收稿日期:2011-03-25

The Effect of Different Concentrations of Salicylic Acid Treatments on the Storability of *Fortunella crassifolia*

DENG Guang-zhou^{1,2}, LIU Ping^{1,2}, JIANG Yun-ning¹, LI Liu-hong³, CHEN Guo-ping^{1,2}

(1. Guangxi Citrus Research Institute, Guilin, Guangxi 541000; 2. Cultivated Base of Guangxi Key Laboratory of Citrus Germplasm Improvement, Guilin, Guangxi 541004; 3. Agricultural Bureau of Yangshuo, Yangshuo, Guangxi 541900)

Abstract: In present study, 0.5 mmol/L, 1.5 mmol/L, 2.5 mmol/L SA and water were treated on the tree crown of *Fortunella crassifolia* 30 d before harvest and postharvest for studying their effects on the storability of fruit. The results showed that, fruit treated via SA treatment had lower disease incidences and weight loss than the control during the storage. While, Pre-harvest SA treatments were better than postharvest treatments. It was also found that the storage of fruit was remarkably improved by the Pre-harvest SA treatment of 1.5 mmol/L. There was no obvious changes on fruit quality caused by SA treatment

Key words: *Fortunella crassifolia*; salicylic acid; storability