

类芽孢杆菌 YS-1 粗提液对南丰蜜橘贮藏效果的影响

郭娟华¹, 陈明¹, 陈楚英¹, 涂起红², 陈金印¹

(1.江西农业大学农学院/江西省果蔬保鲜与无损检测重点实验室, 江西南昌 330045)

(2.江西省土壤肥料技术推广站, 江西南昌 330046)

摘要: 本文以南丰蜜橘“小果 97-2”为研究对象, 利用类芽孢杆菌 *Paenibacillus brasilensis* YS-1 粗提液处理果实, 科力鲜 500 倍水溶液和清水处理为对照, 研究它们在冷藏 (5 ± 1 °C) 条件下对南丰蜜橘果实采后生理生化及贮藏效果的影响。结果表明, YS-1 粗提液与科力鲜对意大利青霉的离体抑菌圈直径分别为 20.20 cm 和 51.12 cm; 冷藏 100 d 后, YS-1 粗提液处理的果实腐烂率和失重率分别为 20.67% 和 3.75%, 显著低于清水对照, 高于科力鲜; 同时, YS-1 粗提液处理使南丰蜜橘果实 TSS、总糖和 Vc 含量峰值提高至 15.70%、19.57% 和 24.58%, 减缓了贮藏后期南丰蜜橘果实 TSS、总糖和 TA 含量的下降, 有效保持了果实贮藏品质。此外, YS-1 粗提液处理在贮藏中后期可以抑制果实丙二醛的积累和呼吸作用的增强, 提高果实 SOD、POD 以及 PAL 活性。表明 YS-1 粗提液处理能有效保持南丰蜜橘果实贮藏品质, 提高果实的抗病能力, 减缓果实的衰老。

关键词: 类芽孢杆菌 YS-1; 南丰蜜橘; 冷藏; 果实品质; 生理生化

文章编号: 1673-9078(2014)1-63-68

Effects of *Paenibacillus brasilensis* YS-1 Crude Extracts on Storage of Nanfeng Mandarin

GUO Juan-hua¹, CHEN Ming¹, CHEN Chu-ying¹, TU Qi-hong², CHEN Jin-yin¹

(1.Jiangxi Key Laboratory for Postharvest Technology and Non-destructive Testing of Fruits & Vegetables/College of Agronomy, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China)

(2.Soil and Fertilizer Technology Extension Station of Jiangxi Province, Nanchang 330046, China)

Abstract: The fruits of Nanfeng mandarin “97-2” were treated with the crude extracts of *Paenibacillus brasilensis* YS-1, then stored at 5 ± 1 °C for 100 days. The postharvest physiology and storability of fruits were investigated and compared with 500-fold dilution of an antistaling agent named “Kelixian” treatment and distilled water as control. The result showed that the treatment of crude extracts of YS-1 and 500-fold dilution of “Kelixian” effectively inhibited the growth of *P. italicum*, and the inhibition diameters were 20.20 cm and 51.12 cm respectively. The rotting rate and weight loss rate of fruits which treated with crude extracts of YS-1 were 20.67% and 3.75%, which significantly higher than distilled water but lower than “Kelixian” treatment. And the contents of total soluble solids, total sugars and Vc were increased to 15.70%、19.57% and 24.58%, respectively. It also delayed the decline rate of total soluble solids and contents of total sugars and titratable acids, while effectively kept the storage quality of the fruit. In addition, crude extracts of YS-1 treatment decreased respiration rate and MDA content in the middle and later periods of storage, and increased the SOD, POD and PAL activities. It indicated that crude extracts of *P. brasilensis* YS-1 treatment can keep the quality of fruit, improve the ability of disease resistance, and delay the fruit senescence of Nanfeng mandarin during storage.

Key words: *Paenibacillus brasilensis* YS-1; Nanfeng mandarin; refrigeration; fruit quality; physiology and biochemistry

南丰蜜橘 (*Citrus reticulata* Blanco) 属宽皮橘类, 富含水分、糖类、有机酸、氨基酸、蛋白质、维生素、膳食纤维、矿物质、酚类、萜类等营养和生物活性物

收稿日期: 2013-09-05

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划项目 (2012BAD38B03); 江西省“赣鄱英才 555 工程” (2012); 江西省教育厅科技落地计划项目 (111)

作者简介: 郭娟华 (1988-), 女, 硕士, 研究方向为果蔬采后生理

通讯作者: 陈金印 (1962-), 男, 博士, 教授

质^[1], 迄今已有 1300 多年的栽培历史, 是中国著名的柑橘地方良种之一, 也是中国最早获原产地域保护的柑橘品种。鲜食是柑橘果品主要的利用方式, 延长南丰蜜橘的贮藏时间与供应期是提高南丰蜜橘市场价值的主要手段之一, 但是由于我国缺乏贮运冷链设备, 并且在贮藏过程中, 南丰蜜橘果实容易发生采后病害, 如青霉病、绿霉病及酸腐病等^[2], 会造成巨大的经济损失和资源浪费。长期以来, 控制柑橘采后病害的主

要措施是使用化学杀菌剂,如百可得、科力鲜、鲜果灵、咪鲜胺等,但是大多数化学杀菌剂对人体健康、环境等有不利的影 响,甚至出现致癌、致突变毒性等,化学保鲜剂越来越受到质疑^[1],因此,研究并利用更安全、更环保、能替代化学杀菌剂的物质或生物来对柑橘进行贮藏保鲜具有重要意义。

Paenibacillus brasiliensis YS-1 是江西省果蔬保鲜与无损检测重点实验室分离获得,是一株具有高效抑菌作用的生防菌,主要通过产生抗菌物质来抑制病害,其对柑橘采后青、绿霉病和炭疽病等具有明显的抑制作用^[4-6]。*Paenibacillus brasiliensis* 是 2002 年 Weid^[7]首次从玉米根际土壤中发现并将其命名;2008 年 Jäderlund^[8]确定了 *P. brasiliensis* 具有植物促生作用,并研究了其对植物真菌病害的防治作用,表明能有效抑制 *Microdochium nivale* 菌丝的生长,防治水稻病害;TU^[4]等首次利用 *P. brasiliensis* 防治柑橘采后病害,通过损伤果实先接种拮抗菌发酵液,再接种意大利青霉孢子悬浮液,贮藏 20 d 后腐烂率降低到 5.8%,远低于对照果实。但是利用 *P. brasiliensis* 产生的抑菌物质对柑橘进行贮藏保鲜还未见报道。本研究旨在利用 *P. brasiliensis* YS-1 产生的抑菌物质粗提液处理南丰蜜橘果实,以化学杀菌剂科力鲜和清水作为对照,探讨 YS-1 产生的抑菌物质粗提液对南丰蜜橘果实采后生理及贮藏效果的影响,以减少或取代化学杀菌剂在柑橘贮藏保鲜上的使用。

1 材料与方法

1.1 原料

供试材料:南丰蜜橘“小果 97-2”,2012 年 11 月 4 日采自于江西抚州南丰县,果实采后立即装箱运到江西省果蔬保鲜与无损检测重点实验室,预贮 1 d 后挑选大小均匀、成熟度一致(八成熟)、无病虫害和机械损伤的果实作为试验材料。类芽孢杆菌 *P. brasiliensis* YS-1 由江西农业大学农学院果蔬保鲜与无损检测重点实验室分离获得,意大利青霉 (*Penicillium italicum*) 从感病果实病部分离获得。种子培养基:蛋白胨 1.0%、牛肉膏 0.3%、葡萄糖 2.0%、NaCl 0.5%、pH 7.0;发酵培养基:可溶性淀粉 6.0%、酵母膏 1.0%、NaCl 0.6%、MgSO₄ 0.2%、K₂HPO₄·3H₂O 0.2%、pH 7.0;真菌培养采用 PDA 培养基。

试验药品与仪器:科力鲜,中国农业科学院柑橘研究所;UV-2450 紫外-可见分光光度计,日本岛津公司;超低温冰箱,美国 Thermo 公司;AUY220 电子分析天平,日本岛津公司;HH-6 恒温数显水浴锅,

国华电器有限公司;5804R 低温冷冻离心机,德国 eppendorf 公司;RA-250WE 数显折光仪,日本 Kyoto 电子有限公司;KGXH-3051-H 红外二氧化碳果蔬呼吸测定仪,北京中西科仪科技有限公司。

1.2 方法

1.2.1 YS-1 粗提液的制备

将菌株 YS-1 接种于种子培养基中,28 ℃,180 r/min 培养 24 h 后,取 2% 种子液接种于发酵培养基中,28 ℃,180 r/min 培养 48 h,将发酵液离心(8000 r/min,20 min)后取上清液于沸水中水浴加热 20 min,再次离心,弃菌体后的上清液,即为制备的 YS-1 粗提液。

1.2.2 YS-1 粗提液离体抑菌作用

以意大利青霉为病原指示菌,采用杯碟法测定 YS-1 粗提液的抑菌活性。将 10 mL 10⁷ 个/mL 意大利青霉孢子悬浮液将入到 90 mL 已融化至 50 ℃ 左右的 PDA 培养基中,充分摇匀,倒入培养皿制成含病原菌平板,然后取灭菌的牛津杯小心放置于平板表面,加入 200 mL 粗提液,以科力鲜 500 倍水溶液和无菌水做对照,置于恒温培养箱中培养(28 ℃),各处理三次重复,72 h 后十字交叉法测量抑菌圈直径。

1.2.3 果实处理及贮藏

南丰蜜橘果实分三组处理:①YS-1 粗提液处理;②科力鲜 500 倍水溶液处理;③对照(清水)。果实 在三种处理液中浸泡 1 min,取出晾干后装入 0.04 mm 厚的带孔聚乙烯塑料薄膜袋,所有果实放入经过消毒处理的冷库进行低温贮藏(T:5±1 ℃,RH:85~90%),每 10 d 随机抽取 20 个左右果实测定各项生理生化指标。另分别取 100 个果实用于腐烂率和失重率的检测,重复三次。

1.2.4 指标测定方法

腐烂率=腐烂个数/总果数×100% (单果腐烂面积超过 30% 按烂果计算);失重率=(初始重量-测定重量)/初始重量×100%;可溶性固形物用 RA-250WE 数显折光仪测定;可滴定酸采用酸碱滴定法测定,结果以柠檬酸的量换算;Vc 含量采用 2,6-二氯酚酚测定;总糖含量采用蒽酮比色法测定;呼吸强度采用 KGXH-3051-H 果蔬呼吸测定仪测定;超氧化物歧化酶(SOD)活性采用氮蓝四唑比色法测定;过氧化物酶(POD)活性采用愈创木酚比色法测定;过氧化氢酶(PPO)活性采用邻苯二酚比色法测定;苯丙氨酸解氨酶(PAL)活性参照曾荣^[2]等的方法进行测定;

1.3 数据处理与分析

采用 Microsoft Excel 2003 和 SPSS 17.0 统计软件

进行数据处理, Duncan 氏新复极差法进行多重比较。

2 结果与讨论

2.1 YS-1 粗提液对意大利青霉的离体抑制作用

采用杯碟法, 经离体抑菌试验得出, YS-1 粗提液

与科力鲜对意大利青霉的抑菌圈直径分别为 20.20 mm 和 51.12 mm, 无菌水对照无抑菌圈出现, 三者离体抑菌效果差异显著。

2.2 YS-1 粗提液对南丰蜜橘果实腐烂率的影响

表1 YS-1粗提液对南丰蜜橘果实腐烂率的影响 (%)

Table 1 Effect of YS-1 crude extracts on rotting rate of Nanfeng mandarin fruit during storage

处理	贮藏时间/d						
	40	50	60	70	80	90	100
YS-1 粗提液	0.00 ^a	0.67±0.58 ^b	1.67±0.58 ^b	3.00±0.00 ^b	4.67±0.58 ^b	8.33±1.53 ^b	20.67±1.53 ^b
科力鲜	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	1.67±1.53 ^a	4.00±0.58 ^a	10.00±3.06 ^a
清水	0.67±0.58 ^b	1.67±0.58 ^b	3.00±0.00 ^c	4.67±0.58 ^c	6.33±0.58 ^c	11.33±0.58 ^c	26.00±2.65 ^c

注: 表中数据为平均数±标准差。不同小写字母表示差异显著 (P<0.05)

从表 1 可知, YS-1 粗提液和科力鲜处理均能不同程度降低贮藏期间南丰蜜橘果实的腐烂率。对照果实在贮藏第 40 d 就有烂果出现, 到贮藏 100 d 时, 腐烂率增加到 26.00%; YS-1 粗提液处理的果实在贮藏第 50 d 开始出现烂果, 在贮藏 100 d 时果实腐烂率达到 20.67%; 科力鲜处理后在贮藏第 80 d 时开始出现烂果, 到贮藏 100 d 时腐烂率仅为 10%。YS-1 粗提液处理的果实烂果出现的时间晚于清水对照, 但早于科力鲜处理; 贮藏 100 d 后, 果实腐烂率明显低于清水对照, 高于科力鲜处理。由此说明, YS-1 粗提液处理果实能明显降低果实的腐烂率, 但是防腐效果比化学杀菌剂科力鲜低。

2.3 YS-1 粗提液对南丰蜜橘果实失重率和呼吸强度的影响

失重率是衡量果实保鲜效果的一项重要指标, 反应其商品质量损失率, 随着贮藏期的延长, 失重率呈不断上升趋势。图 1 可以看出, YS-1 粗提液处理的果实失重率显著低于清水对照, 贮藏后期与科力鲜处理差异显著, 在贮藏 100 d 时, YS-1 粗提液、科力鲜与清水对照的果实失重率分别为 3.75%、3.20% 和 4.48%。

柑橘属非呼吸跃变型果实, 没有明显的呼吸高峰。从图 1 可知, 南丰蜜橘果实在贮藏初期出现了一个呼吸强度小高峰, 这可能是骤冷诱发果皮呼吸强度加强, 果皮适应低温后, 呼吸强度再迅速下降而后缓慢上升。YS-1 粗提液处理能有效抑制南丰蜜橘果实的呼吸作用, 在整个贮藏期间都低于清水对照和科力鲜

处理。

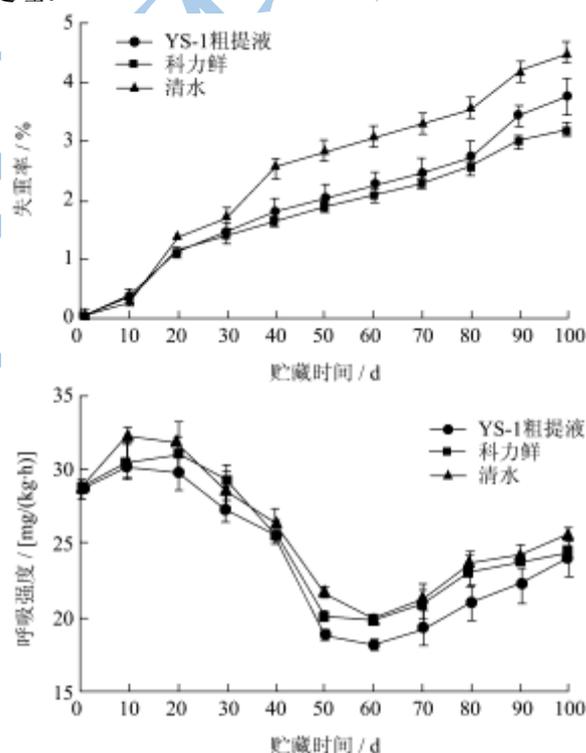


图 1 YS-1 粗提液对南丰蜜橘果实失重率和呼吸强度的影响

Fig.1 Effect of YS-1 crude extracts on weight loss and respiration rate of Nanfeng mandarin fruit during storage

2.4 YS-1 粗提液对南丰蜜橘果实可溶性固形物和总糖含量的影响

可溶性固形物 (TSS) 和总糖含量是鉴别果实品质的重要生理指标, 其含量高低影响贮藏期间果蔬的风味。由图 2 可知, 采后南丰蜜橘果实在贮藏过程中

TSS 和总糖含量均呈先上升后下降的趋势。随着贮藏时间的延长,YS-1 粗提液、科力鲜和清水对照的 TSS 含量均在贮藏第 20 d 达到最大值,分别为 15.70%、15.87% 和 15.53%,之后则缓慢下降,且 YS-1 粗提液处理果实的 TSS 含量显著高于科力鲜和清水对照。YS-1 粗提液和科力鲜处理果实的总糖含量均在贮藏第 80 d 达到含量最高值,比清水对照推迟了 10 d,其峰值分别为 19.57%、19.36% 和 19.09%。在果实总糖含量下降过程中,YS-1 粗提液和科力鲜处理均能保持较高的总糖含量,且与对照达到显著差异水平 ($P<0.05$),而 YS-1 粗提液与科力鲜之间差异不显著。这说明 YS-1 粗提液处理有利于南丰蜜橘果实在贮藏期间保持较高总糖含量,并延缓了糖的降解与转化,效果与科力鲜相当。

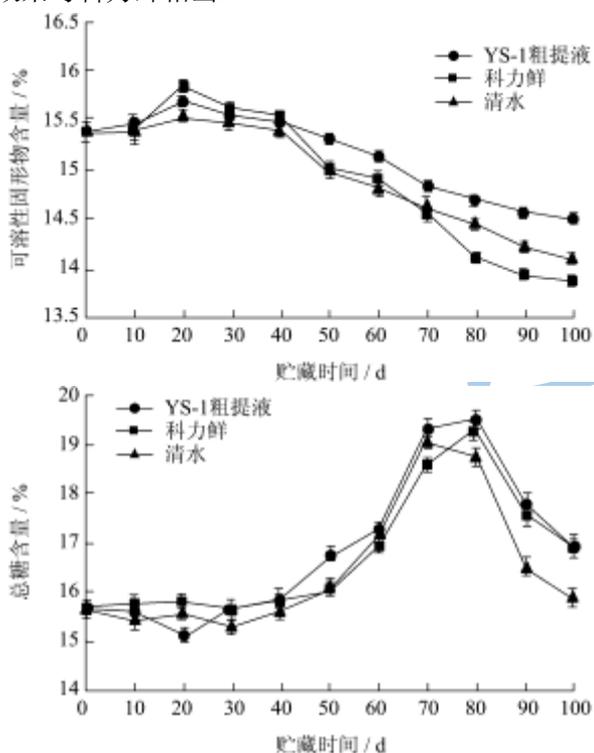


图2 YS-1粗提液对南丰蜜橘果实可溶性固形物和总糖含量的影响

Fig.2 Effect of YS-1 crude extracts on Total soluble solids and Total sugars content in Nanfeng mandarin fruit during storage

2.5 YS-1 粗提液对南丰蜜橘果实可滴定酸和 Vc 含量的影响

可滴定酸 (TA) 的高低是判断果蔬风味的重要指标,从图 3 可以看出,采后各处理组的南丰蜜橘果实在贮藏过程中,TA 含量一直呈下降趋势。YS-1 粗提液处理对南丰蜜橘果实 TA 的下降有显著的抑制作用,效果优于科力鲜处理,保持了南丰蜜橘果实较好

的风味。

Vc 是果实主要的品质指标之一,是衡量果蔬营养价值的关键指标。由图 3 可知,南丰蜜橘果实在贮藏期间 Vc 含量经历了一个先下降后上升再下降的变化过程,各处理组的果实 Vc 含量均在贮藏第 50 d 达到含量高峰,其中 YS-1 粗提液和科力鲜处理的果实 Vc 含量均高于清水对照。由此可以看出,YS-1 粗提液和科力鲜处理的南丰蜜橘果实能够减缓 Vc 含量的下降,有效地阻止果实营养的流失。

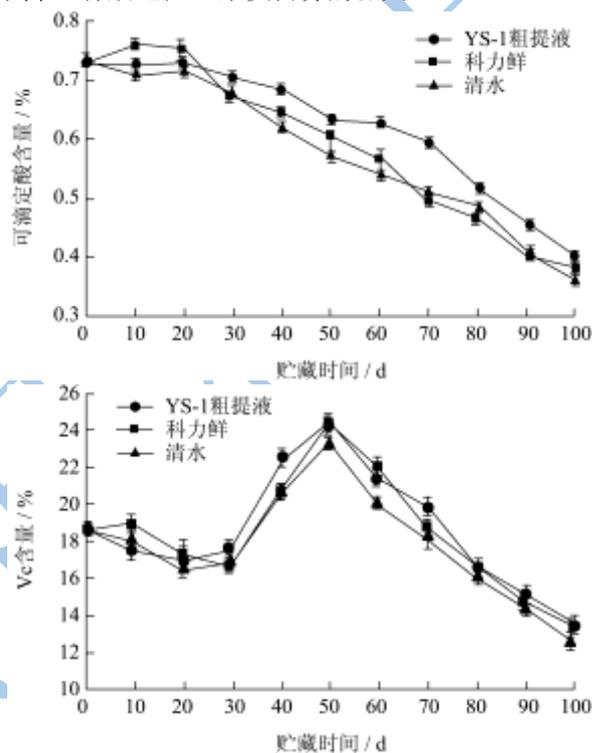


图3 YS-1 粗提液对南丰蜜橘果实可滴定酸和 Vc 含量的影响
Fig.3 Effect of YS-1 crude extracts on Titratable acid and Vc content in Nanfeng mandarin fruit during storage

2.6 YS-1 粗提液对南丰蜜橘果实 MDA 含量和 PAL 活性的影响

丙二醛 (MDA) 是植物衰老过程中膜脂过氧化作用的主要产物之一,其含量有一个积累的过程,可使生物膜酶蛋白发生交联、失活,致使细胞膜产生间隙,膜透性增加,其功能受损^[9]。由图 4 可知,各处理组果实 MDA 含量变化均处于不断上升趋势,贮藏前中期各处理组果实 MDA 含量差异不显著,但在贮藏第 70 d 时,MDA 含量上升速度加快,YS-1 粗提液处理的果实 MDA 低于对照和科力鲜处理,差异达到显著水平 ($P<0.05$)。

PAL 控制着植物体内多种次生酚类化合物、类黄酮植保素、木质素等抗菌物质的合成,其含量高低是

衡量植物抗病能力大小的重要指标。如图4所示,南丰蜜橘果实的PAL活性一直处于波动变化中,在贮藏中后期,YS-1粗提液和科力鲜处理的果实PAL活性显著高于清水对照,且YS-1粗提液与科力鲜处理效果差异不大,与说明YS-1粗提液处理能使南丰蜜橘果实PAL活性增强,提高果实抗病性。

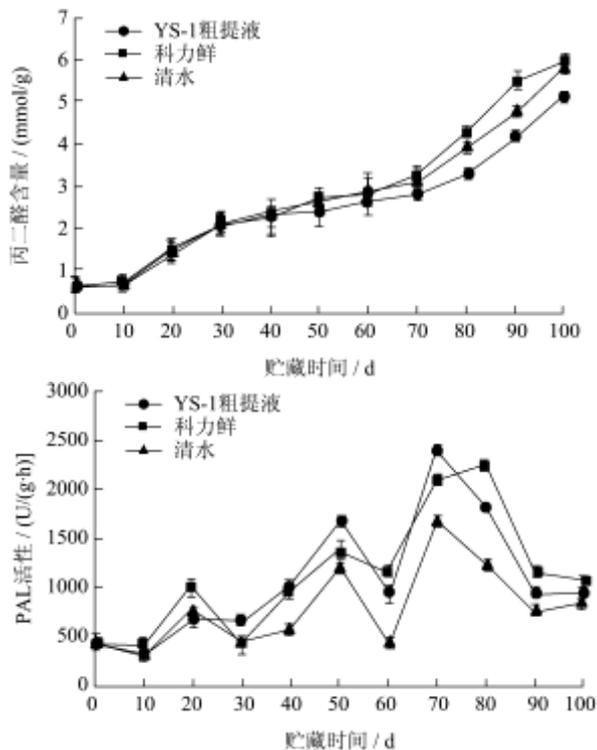


图4 YS-1粗提液对南丰蜜橘果实MDA含量和PAL活性的影响
Fig.4 Effect of YS-1 crude extracts on MDA content and PAL activity in Nanfeng mandarin fruit during storage

2.7 YS-1粗提液对南丰蜜橘果实SOD和POD活性的影响

SOD和POD均为果实成熟衰老过程中的保护酶类,可以清除活性氧自由基,从而减少活性氧自由基对细胞膜的损伤。如图5所示,YS-1粗提液处理的南丰蜜橘果实SOD活性呈现出双峰变化趋势,而科力鲜处理和清水对照则表现出单峰变化趋势,贮藏后期YS-1粗提液处理的果实SOD活性显著高于科力鲜处理和清水对照。南丰蜜橘果实POD活性在贮藏前期和后期略低,贮藏中期偏高,且YS-1粗提液处理果实POD活性峰值显著高于科力鲜处理和清水对照,分别为56.63 U/(g·min)、50.51 U/(g·min)、44.63 U/(g·min)。由此可以说明YS-1粗提液处理能使南丰蜜橘果实保持较高的SOD活性,提高POD活性峰值,减缓了果实的衰老。

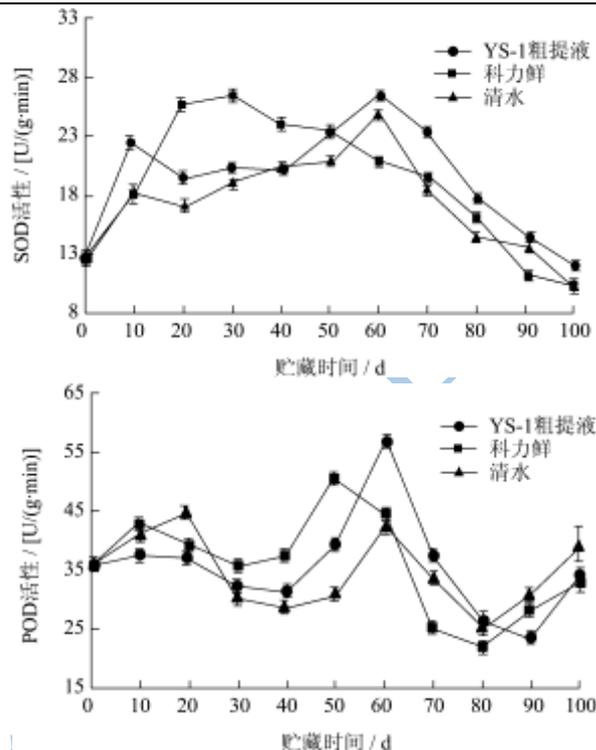


图5 YS-1粗提液对南丰蜜橘果实SOD和呼POD活性的影响
Fig.5 Effect of YS-1 crude extracts on SOD and POD activity in Nanfeng mandarin fruit during storage

3 结论

3.1 南丰蜜橘果实采后经 *Paenibacillus brasiliensis* YS-1产生的粗提液处理贮藏100 d后,能够有效抑制果实青霉、绿霉病和炭疽病等贮藏病害的发生,显著控制了果实的腐烂和失水,但是减少腐烂的效果比化学杀菌剂科力鲜差,这与离体实验的结果相对应,这可能是由于拮抗微生物的抑菌谱比化学杀菌剂窄,且YS-1粗提液中抑菌物质的含量还不确定也影响着防腐效果。同时,YS-1粗提液处理对南丰蜜橘的冷藏品质与冷藏寿命有积极的作用。

3.2 南丰蜜橘果实在采后仍进行一系列的生理生化活动,其营养物质如总糖、TA、TSS以及Vc等都在进行着生成、降解、消耗以及转化等过程。林玲^[10]等分析了5个南丰蜜橘优良品系果实的贮藏特性,结果表明,在贮藏期内各优良品系果实中TSS、总糖、可溶性蛋白及Vc含量都呈现先上升再下降的趋势,而TA则表现出持续下降的趋势。为了最大限度降低柑橘果实采后腐烂损失,保持果实贮藏品质,众多学者利用物理、化学以及生物等方法以减缓南丰蜜橘果实采后生理活动,从而达到贮藏保鲜的目的^[2,11-12]。近年来,生物保鲜方法以其绿色、无毒、高效等特点受到国内外研究学者的广泛关注,Barakat^[13]等发现利用

木霉菌和巨大芽孢杆菌溶液处理的华盛顿脐橙腐烂率和失重率低于抑霉唑处理,同时增加了果实TSS含量,减缓了Vc含量的减少和果实色泽的转化。王博^[14]等以温州蜜柑“国庆一号”为试材,发现柠檬形克勒克酵母悬浮液处理对柑橘品质没有不良影响,且能降低果实细胞膜透性和MDA含量。本实验中,YS-1粗提液处理提高了果实TSS、总糖和Vc含量峰值,减缓了贮藏后期南丰蜜橘果实TSS和总糖含量的下降,延缓了TA的降解,效果优于化学杀菌剂科力鲜,表明YS-1粗提液处理能有效保持南丰蜜橘果实贮藏品质。

3.3 呼吸强度反映了果实采后生理代谢活动的强弱,其高低直接影响了果实的贮藏寿命和品质。本研究结果表明,在南丰蜜橘贮藏后期,YS-1粗提液处理的果实呼吸强度低于科力鲜处理和清水对照,从而抑制了果实内含物的消耗。同时,丙二醛作为植物衰老过程中膜脂过氧化作用的主要产物之一,在果实贮藏期间其含量一直处于上升趋势,但YS-1粗提液处理果实显著低于科力鲜和清水对照,说明YS-1粗提液能有效抑制细胞膜脂过氧化水平,延缓果实衰老,这与王博^[14]等的研究结果是一致的。此外,YS-1粗提液处理还能使南丰蜜橘果实在贮藏期间保持较高的SOD活性,提高POD活性峰值,效果优于科力鲜处理;显著提高南丰蜜橘果实的PAL活性,效果与科力鲜相当,与清水对照达到显著差异水平。这说明YS-1粗提液处理能够通过提高果实抗氧化酶活性和抗病性,减缓了果实衰老进程,降低贮藏期间腐烂率并保持了良好的果实品质。

3.4 通过本次试验,表明YS-1粗提液对南丰蜜橘具有良好的防腐保鲜效果,显示出广泛的应用前景,但其具体抑菌成分及机理尚不明确,因此,有必要对其活性成分的分离、鉴定及抑菌机理进行深入研究,从而为开发生物保鲜剂并最终应用于南丰蜜橘无公害保鲜提供理论基础和技术支撑。

参考文献

- [1] 丁晓波,张华,刘世尧,等.柑橘果品营养学研究现状[J].园艺学报,2012,9:1687-1702
DING Xiao-bo, ZHANG Hua, LIU Shi-yao, et al. Current Status of the Study in Citrus Nutriology [J]. Acta Horticulturae Sinica, 2012, 9: 1687-1702
- [2] 曾荣,张阿珊,陈金印.CMC与抑菌草制剂复合涂膜对冷藏南丰蜜桔的保鲜效果[J].农业工程学报,2012,12:281-287
Zeng Rong, Zhang Ashan, Chen Jinyin. Effects of Carboxymethyl Cellulose Coating Enriched with Bacteriostatic Preparation on Cold Preservation of Nanfeng Mandarin [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2012, 28(12): 281-287
- [3] 李江波,陈金印.“森柏”保鲜剂对组荷尔脐橙果实采后生理及贮藏效果的影响[J].江西农业大学学报,2010,6: 1127-1130
LI Jiang-bo, CHEN Jin-yin. Effects of Semper Fresh Treatment on Post-harvest Physiology and Storage of Newhall Navel Orange [J]. Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis, 2010, 6: 1127-1130
- [4] Tu Qihong, Chen Jinyin, Guo Juanhua. Control of postharvest blue mold of nanfeng mandarin by application of strain YS-1 *Paenibacillus brasiliensis* [J]. Journal of Food Science, 2013, 78(6): 868-873
- [5] Tu Qihong, Chen Jinyin, Guo Juanhua. Screening and identification of antagonistic bacteria with potential for biological control of *penicillium italicum* of citrus fruits [J]. Scientia Horticulturae, 2013, 150: 125-129
- [6] Tu Qihong, Chen Jinyin, Guo Juanhua. The preliminary study on isolation of antifungal active substances produced by *Paenibacillus brasiliensis* [J]. Minerva Biotechnologica, 2013, 25(2): 101-105
- [7] Weid I, Duarte F G, Elsas J D, et al. *Paenibacillus brasiliensis* sp. Nov., a novel nitrogen-fixing species isolated from the maize rhizosphere in brazil [J]. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, 2002, 52(7): 2147-2153
- [8] Jäderlund Lotta, Arthurson Veronica, Granhall Ulf, et al. Specific interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth-promoting bacteria: As revealed by different combinations [J]. FEMS Microbiology Letters, 2008, 287(2): 174-180
- [9] 陈金印,吴友根.翠冠梨贮藏过程中酶促褐变及生理生化的变化[J].食品科学,2005,2:237-241
CHEN Jin-yin, WU You-gen. The Physio-Biochemical Changes and Enzymatic Browning in Cuiguan Pear during Storage [J]. Food Science, 2005, 2: 237-241
- [10] 林玲,陈金印.5个南丰蜜橘优良品系果实贮藏特性研究[J].中国南方果树,2010,4:9-13
LIN Ling, CHEN Jin-yin. Study on Fruit Storability of 5 Superior Nanfeng Mandarin lines [J]. South China Fruits, 2010, 4: 9-13
- [11] 林玲,陈金印.壳聚糖处理对“杨小-2,6”南丰蜜桔果实采后生理及贮藏效果的影响[J].江西农业大学学报,2010, 32(1): 45-50

- LIN Ling, CHEN Jin-yin. Effect of Chitosan Treatment on Post-harvest Physiology and Storage of “Yanxiao-2,6” Nanfeng Mandarin [J]. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*, 2010, 32(1): 45-50
- [12] Long Xiaoyi, Liu Yuying, Yu Dahuan, et al. Antibacterial effect of nano-scale TiO₂ on parasitic bacterium of Nanfeng citrus in storage period [J]. *Agricultural Science & Technology*, 2010, 11(6): 4-6, 14
- [13] Barakat MR, Mohamed MAA, Essa MA, et al. Effect of using some biological post harvest treatments on storability of washington navel orange fruits compared with imazalil post harvest chemical treatments [J]. *Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants*, 2012, 4(1): 50-57
- [14] 王博,李亮,龙超安,等.柠檬形克勒克酵母对温州蜜柑“国庆一号”采后贮藏的防腐效果[J].*菌物学报*,2008,3:385-394
- WANG Bo, LI Liang, LONG Chao-An, et al. *Kloeckera apiculata* preparation for Biocontrol of Postharvest Decay of *Citrus unshiu* Fruits [J]. *Mycosystema*, 2008, 3: 385-394