

银杏叶粗提物对猕猴桃灰葡萄孢霉的抑制

郭宇欢, 张丽媛, 何玲, 张美芳, 徐乐艺, 齐馨

(西北农林科技大学园艺学院, 陕西杨凌 712100)

摘要: 为了寻找到一种天然无害的猕猴桃保鲜剂, 同时降低猕猴桃采后贮藏过程中灰霉病的发生, 本试验用类黄酮含量分别为 0.3 mg/mL、0.5 mg/mL 和 0.7 mg/mL 的银杏叶提取液 (extract of *Ginkgo biloba* leaves, EGb) 对接种了灰霉菌菌悬液的‘秦美’猕猴桃进行处理, 以无菌水为对照组, 通过测定硬度、发病率、病斑直径、呼吸速率、可溶性固形物和可滴定酸等生理指标及多酚氧化酶、过氧化物酶、几丁质酶、 β -1,3-葡聚糖酶和苯丙氨酸解氨酶等酶活性来探究银杏叶提取液对猕猴桃采后灰霉病的抑制效果。结果表明: 0.5 mg/mL 和 0.7 mg/mL 的银杏叶提取液可以降低接种了灰霉菌的猕猴桃的发病率, 同时较好的维持果实的硬度, 延缓可溶性固形物的上升速率和可滴定酸的下降速率, 使抗性酶活性维持在较高水平且可以更快的诱导几丁质酶和苯丙氨酸解氨酶活性的上升。其中效果最好的处理是 0.5 mg/mL 处理组。

关键词: 银杏叶粗提物; 猕猴桃; 灰葡萄孢霉; 抑菌

文章编号: 1673-9078(2017)6-111-117

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2017.6.017

Resistance in Kiwifruit against *Botrytis cinerea* by *Ginkgo biloba* Leaf Extract

GUO Yu-huan, ZHANG Li-yuan, HE Ling, ZHANG Mei-fang, XU Le-yi, QI Xin

(College of Horticulture, Northwest A & F University, Yangling 712100, China)

Abstract: The aim of this study was to find a natural preservative for kiwifruit, and to reduce infection of kiwifruit by gray mold during storage. Qin Mei kiwifruit was inoculated with *Botrytis cinerea*, and treated with *Ginkgo biloba* leaf extract (EGb), which was classified according to different concentrations of total flavon(0.3 mg/mL, 0.5 mg/mL, and 0.7 mg/mL). Physiological indices (firmness, incidence, lesion size, respiratory rate, soluble solid content, and titratable acid) and activities of polyphenol oxidase, peroxidase, phenylalanine ammonia lyase, chitinase, and β -1,3-glucanase were measured to investigate the inhibitory effect of EGb on gray mold infection in kiwifruits during storage. The results showed that the incidence of diseases was reduced, and the firmness, titratable acid level, and the enzyme activities remained high; the increase in soluble solid content was delayed after the treatment with EGb of concentrations, 0.5 mg/mL and 0.7 mg/mL. EGb of concentration 0.5 mg/mL exhibited the best effect.

Key words: *Ginkgo biloba* leaf extract; kiwifruit; *Botrytis cinerea*; anti-bacteria

猕猴桃是猕猴桃科 (*Actinidiaceae*) 猕猴桃属 (*Actinidia*) 的多年生落叶植物。全世界约有猕猴桃品种 66 种, 而我国高达 62 种^[1], 中国猕猴桃总产量一直居世界首位^[2]。而猕猴桃果实贮藏后期的腐烂主要是由病原真菌侵染引起^[3], 其中由灰霉葡萄孢 (*Botrytis cinerea*) 侵染诱发猕猴桃采后灰霉病是主要的贮藏病害^[4,5]。目前使用最多的仍是化学制剂与冷藏相结合的方法来降低贮藏病害^[6,7], 但是化学制剂往往

收稿日期: 2016-07-28

基金项目: 槲皮素保鲜猕猴桃关键技术研究 (2015NY-14)

作者简介: 郭宇欢 (1991-), 男, 硕士, 研究方向: 园艺产品采后生理及贮藏保鲜

通讯作者: 何玲 (1965-), 女, 副教授, 研究方向: 园艺产品采后生理及贮藏保鲜

会残留在果实表面危害人体健康, 破坏环境, 因此使用一种安全无毒无污染的生物保鲜方法很有必要。近年来已经出现了许多新型猕猴桃保鲜方法, 如穆晶晶^[8]等发现适当的失水处理可以降低软枣猕猴桃褐变指数的上升, 居益民^[9]等用 1-MCP 处理也可以提高猕猴桃的保鲜效果, 二氧化氯^[10]和臭氧^[11,12]等气体处理也可以达到提高猕猴桃保鲜效果的目的。天然植物提取液作为一种新型天然保鲜剂, 已广泛应用于鲜果的贮藏保鲜, 如油桃^[13]、木瓜^[14]和苹果^[15]等, 何靖柳^[16]等研究指出植物精油可以作为红阳猕猴桃的保鲜剂, 而银杏叶提取液中含有类黄酮物质, 可以有效的抑制青霉菌的生长^[17], 此外, 银杏叶中黄酮类化合物对多种细菌也有抑制作用, 例如金黄色葡萄球菌、大肠杆菌、禾谷镰刀菌和烟草赤星病菌等菌种都可以表现出较强

的抑制作用^[18]。银杏叶提取物黄酮类化合物可以作为一种优势明显的防腐抑菌制剂,被广泛的应用在果实的保鲜防腐上。

本研究以‘秦美’猕猴桃为试材,研究银杏叶提取液对接种灰霉菌的猕猴桃的抑制作用,为降低猕猴桃采后贮藏中灰霉病的发病提供新的思路。

1 材料与amp;方法

1.1 原料

‘秦美’猕猴桃:2015年10月8号采收于陕西省周至县,选取成熟度一致、大小均匀、无机械损伤和病虫害的果实,预冷后放入冷库贮藏。

银杏叶:2015年8月采于西北农林科技大学银杏路;灰霉菌为该课题组保藏菌种;聚乙烯(PE)保鲜袋(长×宽×厚:160 mm×120 mm×0.03 mm);

试剂:芦丁、氯化钠、无水乙醇、2,6-二氯酚靛酚、抗坏血酸、氢氧化钠、草酸、愈创木酚和邻苯二酚均为国产分析纯。琼脂、牛肉膏和蛋白胨为国产生物试剂。

仪器:压力蒸汽灭菌锅(LDZX-50KBS型)、恒温培养箱(HWS智能型)、超净工作台(苏净集团安泰公司)、GY-4型数显式果实硬度计、ETONG-7001型CO₂分析仪、手持糖度计(ATAGO PAL-1)、RE-52AA型旋转蒸发仪、SHZ-HI型循环水真空泵、3K15型高速冷冻离心机及UV-1800型紫外可见分光光度计。

1.2 试验方法

1.2.1 银杏叶提取液的制备

参照冯金霞银杏叶提取液的优化方法^[19],准确称量银杏叶干粉(过40目筛),用90%乙醇按料液比1:20(m/V)浸泡,400 W超声提取50 min(60℃),真空抽滤后取滤液,以芦丁为标准品,用分光光度法测定滤液中总类黄酮含量的浓度,以此表示银杏叶提取液的浓度。

1.2.2 灰葡萄孢霉孢子悬浮液的制备

将培养好的灰葡萄孢霉用体积分数为0.05% Tween 80 无菌水冲洗平板,采用血球计数板法制成浓度为 1×10^8 个/mL的孢子悬浮液。

1.2.3 试验处理

挑选大小适中,无机械损伤的‘秦美’猕猴桃果实,用质量分数为2%的次氯酸钠喷施于猕猴桃表面,无菌水冲洗3~5次,晾干。配制银杏叶提取液总类黄酮浓度分别为0.3、0.5、0.7 mg/mL的溶液(无菌水处理作为对照组CK)。用直径为3 mm的无菌不锈钢钉子

在猕猴桃赤道处均匀刺伤(深4 mm、宽3 mm),接入25 μL不同浓度的银杏叶提取液。24 h后,再接入20 μL灰葡萄孢霉孢子悬浮液,存放于23℃±1℃室温下。接种病原菌后,每天对发病率、病斑直径、硬度、呼吸速率、可溶性固形物、可滴定酸进行测定,并取果肉病斑周围2 cm内健康果肉组织对相关抗性酶进行测定。每处理用果30个,重复3次。

1.2.4 指标测定

硬度:采用GY-4型数显式果实硬度计测定。

发病率:以病斑直径≥0.5 mm确定为发病,发病率(%)=发病果实数/总接种果实数×100

病斑直径:采用十字交叉法测定,取平均值。

可溶性固形物含量(soluble solid content, SSC):采用糖度计进行测定。

可滴定酸含量(titratable acid, TA):采用酸碱滴定法测定^[20]。

呼吸强度:采用ETONG-7001型CO₂分析仪测定。

多酚氧化酶(polyphenol oxidase, PPO)活性:采用邻苯二酚比色法^[21,22]。

过氧化物酶(oxidase, POD)活性:参照《植物生理学实验指导》的方法^[23]。

苯丙氨酸解氨酶(phenylalanine ammonia-lyase, PAL)活性:参照袁仲玉等^[24]方法

几丁质酶(chitinase, CHI)活性:参照《果蔬采后生理生化实验指导》^[20]

β-1,3-葡聚糖酶(β-1,3-glucanase, GLU)活性:参照《果蔬采后生理生化实验指导》^[20]

1.2.5 统计方法

试验数据采用Excel整理,SPSS进行方差分析,并用Duncan作差异显著性检验($p<0.05$,表示差异显著)。

2 结果与amp;讨论

2.1 不同处理对接种灰霉菌的猕猴桃果实发病率和病斑直径的影响

图1a看出,CK处理发病率显著高于银杏叶提取液处理($p<0.05$),第6 d发病率高达83%,而0.3、0.5、0.7 mg/mL银杏叶提取液处理组发病率分别为70%、52%和39%,说明银杏叶提取液处理可以显著降低猕猴桃果实的发病率,而且随着浓度的升高,抑制效果不断提高。图1b是不同处理后猕猴桃果实的病斑直径,第1 d病斑直径较小,2~3 d缓慢上升,第4

d 之后, 病斑直径明显升高, 银杏叶提取液处理组病斑直径均低于 CK 处理, 0.5 mg/mL 处理病斑直径最小, 在第 6 d 时仅有 16.98 mm, 显著低于其他处理组 ($p < 0.05$)。说明银杏叶提取液处理可以有效抑制灰霉菌在猕猴桃果实上的生长。

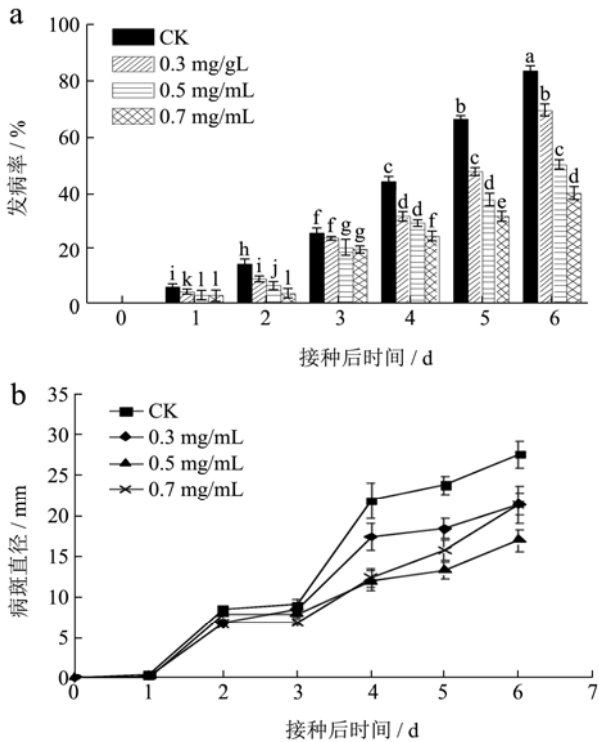


图 1 不同处理对接种灰霉菌的猕猴桃发病率(a)和病斑直径(b)的影响

Fig.1 Effect of different treatments on incidence (a) and lesion size (b) of kiwifruit inoculated with *Botrytis cinerea*

注: 图 a 中不同字母表示差异显著($p < 0.05$)。

2.2 不同处理对接种灰霉菌的猕猴桃果实硬度和呼吸强度的影响

由图 2a 可知, 果实接种了灰霉菌以后, 初期硬度迅速下降, 从第 3 d 开始, 下降速度逐渐减慢。CK 和 0.3 mg/mL 的银杏叶提取液处理之间差异不显著 ($p > 0.05$), 0.5 mg/mL 和 0.7 mg/mL 银杏叶提取液处理之间差异也不显著 ($p > 0.05$), 0.5 mg/mL 处理硬度显著高于 CK ($p < 0.05$)。说明高浓度银杏叶提取液能延缓感病猕猴桃的硬度下降速率。图 2b 所示, 灰葡萄孢霉侵染的猕猴桃呼吸强度呈上升趋势, CK 的上升速率明显高于银杏叶提取液处理的呼吸速率, 说明银杏叶提取液可以有效抑制猕猴桃果实呼吸速度的升高, 且随银杏叶提取液浓度的增大, 对猕猴桃的呼吸抑制效果也不断增加。

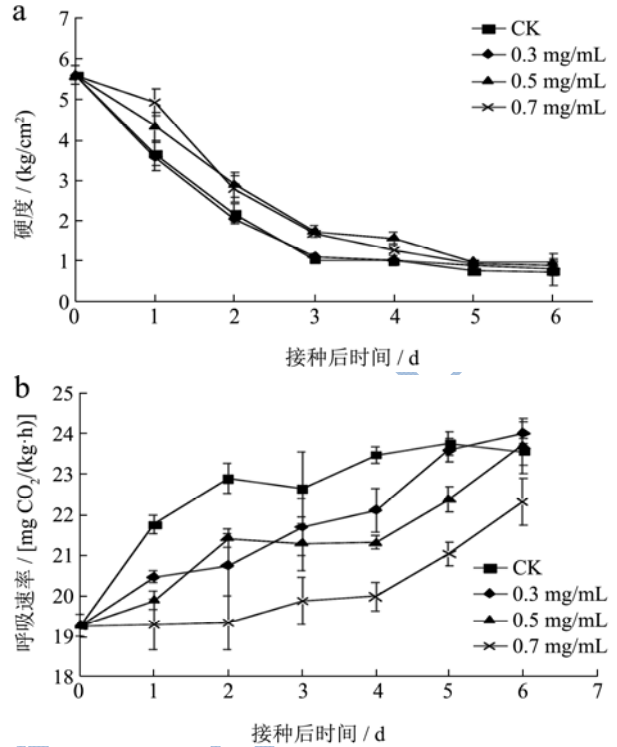
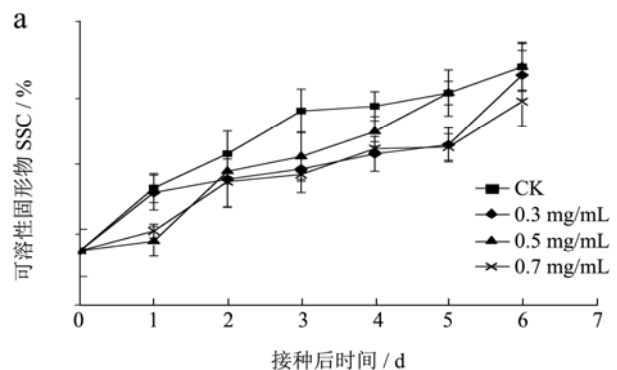


图 2 不同处理对接种灰霉菌的猕猴桃硬度(a)和呼吸速率(b)的影响

Fig.2 Effect of different treatments on firmness (a) and respiratory rate (b) of kiwifruits inoculated with *Botrytis cinerea*

2.3 不同处理对接种灰霉菌的猕猴桃果实可溶性固形物和可滴定酸的影响

由图 3a 可知, ‘秦美’猕猴桃的可溶性固形物含量在贮藏期间呈上升趋势, CK 可溶性固形物含量一直高于银杏叶提取液处理, 但与银杏叶提取液处理差异不显著 ($p > 0.05$)。如图 3b 所示, ‘秦美’猕猴桃贮藏期可滴定酸含量逐渐下降。CK 处理的可滴定酸含量下降较快, 0.7 mg/mL 银杏叶提取液处理的可滴定酸下降速率最慢, 效果最好, 0.5 mg/mL 银杏叶提取液处理次之。



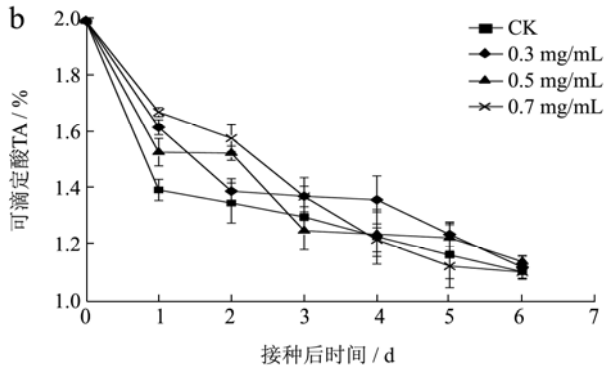


图3 不同处理对接种灰霉菌的猕猴桃果实可溶性固形物(a)和可滴定酸(b)含量的影响

Fig.3 Effect of different treatments on SSC (a) and TA (b) of kiwifruits inoculated with *Botrytis cinerea*

2.4 不同处理对接种灰霉菌的猕猴桃果实

PPO 和 POD 活性的影响

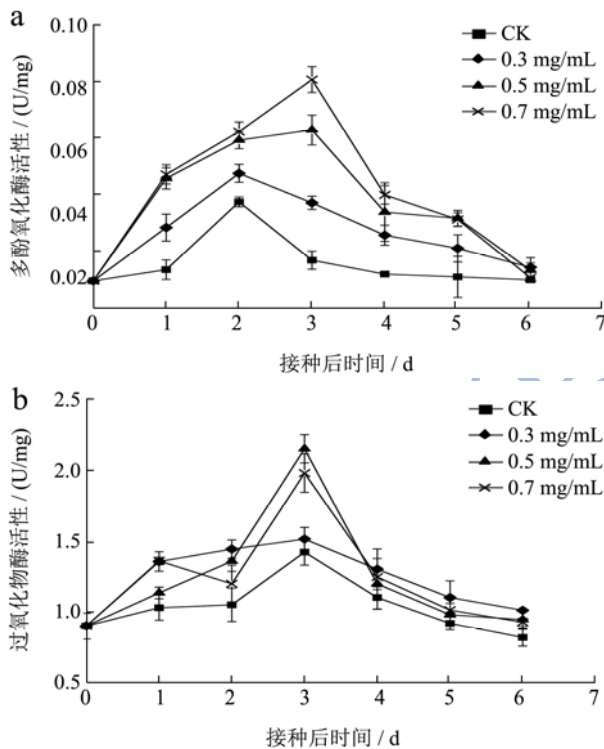


图4 不同处理对接种灰霉菌的猕猴桃多酚氧化酶(a)和过氧化物酶(b)活性的影响

Fig.4 Effect of different treatments on PPO activity (a) and POD activity (b) of kiwifruits inoculated with *Botrytis cinerea*

由图4可以看出,接种灰霉菌后的果实PPO和POD活性均呈现先升高后降低的趋势。由图4a可知,CK与0.3 mg/mL处理在第2 d PPO活性达到最大值为0.037 U/mg、0.047 U/mg,0.5 mg/mL和0.7 mg/mL处理后第3 d达到最大值,分别为0.062 U/mg和0.081 U/mg,显著高于CK和0.3 mg/mL处理 ($p < 0.05$)。由

图4b可知,POD活性峰值出现在第3 d,0.5 mg/mL的银杏叶提取液处理后POD活性显著高于其它处理 ($p < 0.05$),其次是0.7 mg/mL的银杏叶提取液处理。

2.5 不同处理对接种灰霉菌的猕猴桃果实

CHI 和 GLU 活性的影响

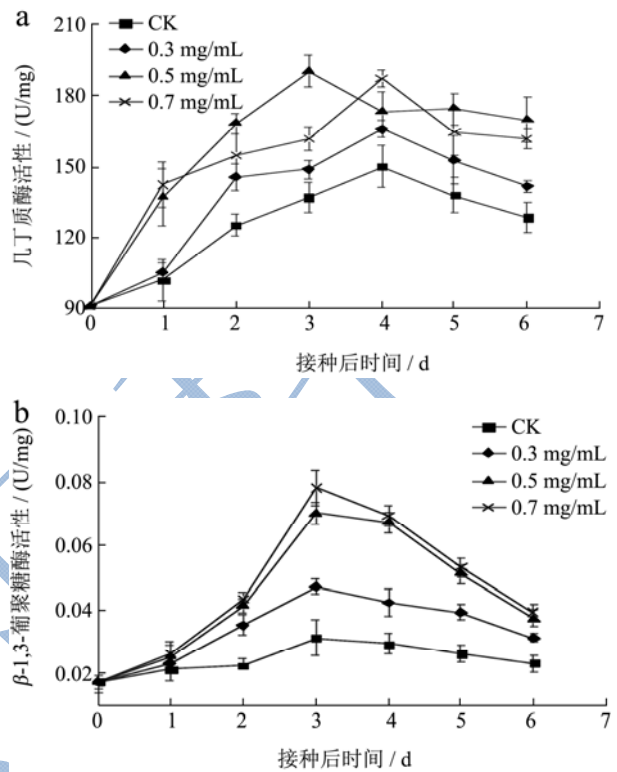


图5 不同处理对接种灰霉菌的猕猴桃几丁质酶(a)和β-1,3-葡聚糖酶(b)活性的影响

Fig.5 Effect of different treatments on CHI activity (a) and β-1,3-glucanase activity (b) of kiwifruits inoculated with *Botrytis cinerea*

由图5a可知,不同浓度的银杏叶提取液能够明显诱导果实CHI活性的升高。银杏叶提取液处理的CHI活性均显著高于对照处理 ($p < 0.05$)。第3 d,0.5 mg/mL银杏叶提取液处理的CHI活性达到最大值190.6 U/g,显著高于其它处理 ($p < 0.05$)。其它各处理在第4 d才达到最大值。由图5b可知,GLU活性呈现先上升后下降的趋势,峰值出现在接种后第3 d。对照组和银杏叶提取液处理组的GLU活性在第1 d变化不显著 ($p > 0.05$)。在接种后第3 d,0.5和0.7 mg/mL银杏叶提取液处理GLU活性显著高于CK和银杏叶提取液为0.3 mg/mL处理组 ($p < 0.05$),表明银杏叶处理可以诱导果实内GLU活性的升高。

2.6 不同处理对接种灰霉菌的猕猴桃果实

PAL 的影响

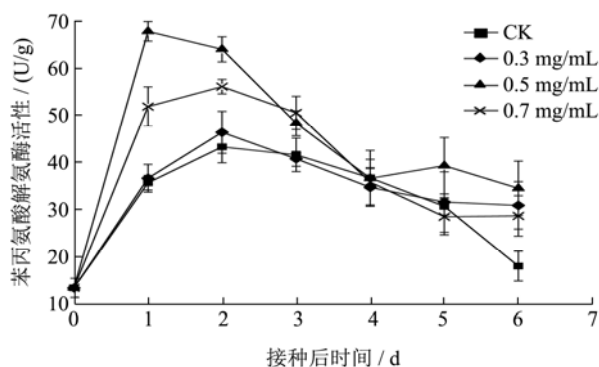


图6 不同处理对接种灰霉菌的猕猴桃苯丙氨酸解氨酶活性的影响

Fig.6 Effect of different treatments on PAL activity of kiwifruits inoculated with *Botrytis cinerea*

由图6可知, PAL活性随着时间增长呈先上升后下降的趋势。CK处理和0.3、0.7 mg/mL银杏叶提取液处理的猕猴桃在第2 d达到最大值; 0.5 mg/mL的银杏叶提取液处理后PAL活性在第1 d达到最大值, 并显著高于其他处理($p < 0.05$)。说明高浓度银杏叶提取液处理可以诱导PAL活性的升高, 0.5 mg/mL的银杏叶提取液处理可以更快的诱导PAL活性升高。

3 讨论

结果表明, 银杏叶提取液处理可以有效抑制‘秦美’猕猴桃灰霉病的发生, 降低发病率, 减小病斑直径。其原因可能是银杏叶提取液中的类黄酮物质有很强的抑菌特性^[25-27], 可以有效的抑制灰霉菌在猕猴桃表面的生长。0.7 mg/mL银杏叶提取液处理可以有效降低灰霉病发病率, 但是对病斑直径的抑制效果不如0.5 mg/mL处理好, 可能因为当银杏叶浓度过高时会对造成猕猴桃果实生理代谢紊乱, 降低了对灰霉菌的防御能力。与冯金霞^[19]用银杏叶提取液对鲜切苹果进行处理得到的结果相似。

果实采收后由于生理衰老而造成自身抵抗力下降, 易受病原菌侵染而导致腐烂, 诱导抗病性是采后果实贮藏保鲜的重要机制之一^[28]。病原侵染、机械损伤等都能诱导抗性酶(PPO、POD、PAL、CHI和GLU)活性的升高。POD是植物体内重要的氧化酶, 可以催化脂肪酸、芳香胺和酚类物质氧化, 还通过催化 H_2O_2 分解来参与氧化自由基的消除反应^[29]。PAL是苯丙烷代谢途径中重要的酶, 催化苯丙氨酸转变为肉桂酸^[30], PPO和PAL是酚类物质合成中基础的酶, 而酚类物质与植物的抗病性有关^[31]。CHI和GLU分别催化几丁质和 β -1,3-葡聚糖分解, 这两种物质是真菌细胞

壁的主要成分^[32]。本试验研究结果显示银杏叶提取液处理能够诱导PPO、POD、PAL、CHI和GLU活性快速升高, 与窦剑兵^[33]等用壳聚糖和核黄素诱导美洲南瓜对白粉病抗性及陈玉环^[34]等用桂枝提取液对新余蜜橘处理结果相似, 表明银杏叶粗提物可以诱导猕猴桃内部抗性酶活性的提高, 积累更多的酚类物质, 促进真菌菌丝细胞壁降解, 有助于猕猴桃在贮藏过程中抵抗灰霉病的侵染。

银杏叶易获得, 银杏叶提取液的制备能做到资源的充分利用, 并且制备方法简单易行、安全、无毒、成本低、易操作和能有效抑制真菌生长等, 因此, 利用银杏叶提取液作为新的处理猕猴桃鲜果措施, 在商业化的生产应用上具有广泛前景。

4 结论

银杏叶提取液可以降低感病的‘秦美’猕猴桃的呼吸速率, 维持猕猴桃硬度, 延缓可溶性固形物的上升速率及可滴定酸的下降速率, 降低发病率和病斑直径的扩展速度, 诱导猕猴桃果实中POD、PPO、PAL、CHI和GLU活性的升高。效果最好的是总类黄酮浓度为0.5 mg/mL的银杏叶提取液处理。

参考文献

- [1] Belrose I. World kiwifruit review. Washington: Belrose, Inc. 2010
- [2] 兰霞, 贺立静, 贺立红, 等. 猕猴桃果实采后保鲜技术[J]. 北方园艺, 2010, 14: 172-173
LAN Xia, HE Li-jing, HE Li-hong, et al. Postharvest preservation technology of kiwifruit [J]. Northern Horticulture, 2010, 14: 172-173
- [3] Spadaro, Davide, Garibaldi, et al. Control of *Penicillium expansum* and *Botrytis cinerea* on apple combining a biocontrol agent with hot water dipping and acibenzolar-S-methyl, baking soda, or ethanol application [J]. Postharvest Biology and Technology, 2004, 33(2): 141-151
- [4] Michailides T J, Elmer P A G. Botrytis gray mold of kiwifruit caused by *Botrytis cinerea* in the united states and new zealand [J]. Plant Dis., 2000, 84(3): 208-223
- [5] Minas I S, Karaoglanidis G S, Manganaris G A, et al. Effect of ozone application during cold storage of kiwifruit on the development of stem end rot caused by *Botrytis cinerea*. [J]. Postharvest Biol. Technol., 2010, 58(3): 203-210
- [6] 张美芳, 何玲, 张美丽, 等. 猕猴桃鲜果贮藏保鲜研究进展[J]. 食品科学, 2014, 35(11): 343-347
ZHANG Mei-fang, HE Ling, ZHANG Mei-li, et al.

- Advances in preservation methods for kiwifruit [J]. Food Science, 2014, 35(11): 343-347
- [7] 郭叶,王亚萍,费学谦,等.不同浓度 CPPU 处理对“徐香”猕猴桃贮藏生理和品质的影响[J].食品工业科技,2012,33(20):324-327
- GUO Ye, WANG Ya-ping, FEI Xue-qian, et al. Effect of different concentrations of CPPU on physiological and nutritional quality of "xuxiang" kiwifruit [J]. Science and Technology of Food Industry, 2012, 33(20): 324-327
- [8] 穆晶晶,张博,李书倩,等.失水处理对软枣猕猴桃贮藏期间褐变相关因子的影响[J].食品科学,2013,34(20):307-311
- MU Jing-jing, ZHANG Bo, LI Shu-qian, et al. Effect of dehydration treatment on parameters associated with browning of actinidia arguta Sieb.et Zucc during storage at room temperature [J]. Food Science, 2013, 34(20): 307-311
- [9] 居益民,周慧娟,叶正文,等.1-MCP 处理对猕猴桃贮藏保鲜效果的影响[J].食品与机械,2010,26(6):40-43
- JU Yi-min, ZHOU Hui-juan, YE Zheng-wen, et al. Effect of 1-MCP treatment on storage and fresh-keeping of kiwifruit [J]. Food & Machinery, 2010, 26(6): 40-43
- [10] 王亚萍,郭叶,费学谦.二氧化氯处理对猕猴桃采后部分生理指标的影响[J].食品工业科技,2016,37(8):323-329
- WANG Ya-ping, GUO Ye, FEI Xue-qian. Studies on the changes of kiwifruit's physiology and metabolism under different chlorine dioxide conditions [J]. Science and Technology of Food Industry, 2016, 37(8): 323-329
- [11] 李艳杰,孙先鹏,郭康权.臭氧、保鲜剂对猕猴桃贮藏保鲜效果的比较[J].食品科技,2009,2:45-48
- LI Yan-jie, SUN Xian-peng, GUO Kang-quan. Comparison of the storage effect on kiwi fruit between ozone and preservative [J]. Food Science and Technology, 2009, 2: 45-48
- [12] 张丽华,纵伟,李青,等.臭氧水处理对鲜切猕猴桃品质的影响[J].食品工业科技,2015,36(8):315-319
- ZHANG Li-hua, ZONG Wei, LI Qing, et al. Effect of ozonated water on quality of fresh-cut kiwifruit [J]. Science and Technology of Food Industry, 2015, 36(8): 315-319
- [13] Ahmed M J, Singh Z, Khan A S. Postharvest *Aloe vera* gel-coating modulates fruit ripening and quality of 'Arctic Snow' nectarine kept in ambient and cold storage [J]. Int. J. Food Sci. Technol., 2009, 44(5): 1024-1033
- [14] Marpudi S L, Abirami L S, Pushkala R, et al. Enhancement of storage life and quality maintenance of papaya fruits using *Aloe vera* based antimicrobial coating [J]. Indian J. Biotechnol., 2011, 10: 83-89
- [15] Ergun M, Satici F. Use of *Aloe vera* gel as biopreservative for 'Granny Smith' and 'Red Chief' apples [J]. J. Anim. Plant Sci., 2012, 22(2): 363-368
- [16] 何靖柳,刘继,秦文,等.植物精油在红阳猕猴桃贮藏保鲜中的研究现状及展望[J].食品工业科技,2013,34(20):390-395
- HE Jing-liu, LIU Ji, QIN Wen, et al. Research progress in plant essential oil-a promising preservative used in 'red sun' kiwifruit storage [J]. Science and Technology of Food Industry, 2013, 34(20): 390-395
- [17] 张美丽,何玲,苑希蕊,等.银杏叶提取液诱导采后猕猴桃对青霉病的抗性机制[J].食品科学,2016,37(6):242-247
- ZHANG Mei-li, HE Ling, YUAN Xi-rui, et al. Induction of resistance in kiwifruit (*Actinidia chinensis*) against *Penicillium expansum* by *Ginkgo biloba* L. leaf extract [J]. Food Science, 2016, 37(6): 242-247
- [18] 李虎,徐奇,李文静.银杏叶黄酮粗提物提取及其抑菌性质研究[J].中国酿造,2011,30(10):107-110
- LI Hu, XU Qi, LI Wen-jing. Crude extraction and antimicrobial activity of flavonoids from ginkgo leaves [J]. China Brewing, 2011, 30(10): 107-110
- [19] 冯金霞,何玲,蒲雪梅.银杏叶提取液对鲜切‘红富士’苹果品质的影响[J].食品科学,2013,34(20):302-306
- FENG Jin-xia, HE Ling, PU Xue-mei. Effect of ethanol extract of ginkgo biloba leaves on the quality of fresh-cut 'Red Fuji' apples [J]. Food Science, 2013, 34(20): 302-306
- [20] 曹健康,姜微波,赵玉梅.果蔬采后生理生化实验指导[M].北京:中国轻工业出版社,2007
- CAO Jian-kang, LOU Wei-bo, ZHAO Yu-mei. Fruits and vegetables postharvest physiological and biochemical experiment instruction [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2007
- [21] 孙群,胡景江.植物生理学研究技术[M].杨凌:西北农林科技大学出版社,2005
- SUN Qun, HU Jing-jiang. Plant physiology research techniques [M]. Yangling: Northwest Agriculture and Forestry University Press, 2005
- [22] 王焯军.对分光光度法测量多酚氧化酶活性的几点建议[J].茶业通报,2003,25(4):168
- WANG Ye-jun. Some advice about the spectrophotometry to measure the activity of polyphenol oxidase [J]. Journal of Tea Business, 2003, 25(4): 168
- [23] 高俊凤.植物生理学实验指导[M].北京:高等教育出版社,2000
- GAO Jun-feng. Experimental guidance for plant physiology [M]. Beijing: Higher Education Press, 2000

- [24] 袁仲玉,周会玲,田蓉,等.芦荟粗提物对苹果采后灰霉病的防治效果与机理[J].农业工程学报,2014,30(4):255-263
YUAN Zhong-yu, ZHOU Hui-ling, TIAN Rong, et al. Effects and mechanism of *Aloe vera* extracts on control of botrytis in postharvest apples [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2014, 30(4): 255-263
- [25] 游庭活,刘凡,温露,等.黄酮类化合物抑菌作用研究进展[J].中国中药杂志,2013,38(21):3645-3650
YOU Ting-huo, LIU Fan, WEN Lu, et al. Advance in studies on antibacterial effect of flavonoids [J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2013, 38(21): 3645-3650
- [26] 陈嘉景,彭昭欣,石梅艳,等.柑橘中类黄酮的组成与代谢研究进展[J].园艺学报,2016,43(2):384-299
CHEN Jia-jing, PENG Zhao-xin, SHI Mei-yan, et al. Advances in on flavonoid composition and metabolism in citrus [J]. Acta Horticulturae Sinica, 2016, 43(2): 384-299
- [27] Yuh Morimoto, Tadashi Babaa, Takashi Sasaki, et al. Apigenin as an anti-quinolone-resistance antibiotic [J]. International Journal of Antimicrobial Agents, 2015, 46(6): 666-673
- [28] 李淼,产祝龙,田世平,等.果实采后病害诱导抗性研究进展[J].保鲜与加工,2010,10(5):1-7
LI Miao, CHAN Zhu-long, TIAN Shi-ping, et al. Research advances on induced resistance in postharvest diseases control of fruits [J]. Storage and Process, 2010, 10(5): 1-7
- [29] 杨娟侠.二氧化氯对甜樱桃‘红灯’和‘布鲁克斯’贮藏保鲜效果[D].山东:山东农业大学,2011
YANG Juan-xia. Effect of chlorine dioxide on on the storage and fresh-keeping of sweet cherry cultivars 'hongdeng' and 'brooks' [D]. Shandong: Shandong Agricultural University, 2011
- [30] R A Dixon, N L Paiva. Stress-induced phenylpropanoid metabolism [J]. Plant Cell, 1995, 7(7): 1085-1097
- [31] M T Lafuente, J M Sala, L Zacarias. Active oxygen detoxifying enzymes and phenylalanine ammonia-lyase in the ethylene-induced chilling tolerance in citrus fruit [J]. J. Agric. Food Chem., 2004, 52(11): 3606-3611
- [32] Yang Zheng, Lin Shen, Meng-meng Yu, et al. Nitric oxide synthase as a postharvest response in pathogen resistance of tomato fruit [J]. Postharvest Biology and Technology, 2011, 60(1): 38-46
- [33] 窦剑兵,张树武,王卫雄,等.壳聚糖和核黄素诱导裸仁美洲南瓜对白粉病抗性的研究[J].植物保护,2016,42(1):68-72
DOU Jian-bing, ZHANG Shu-wu, WANG Wei-xiong, et al. Resistance of cucurbita pepo against podospaera xanthii induced by chitosan and riboflavin [J]. Plant Protection, 2016, 42(1): 68-72
- [34] 陈玉环,彭旋,陈楚英,等.桂枝提取液对新余蜜橘冷藏保鲜效果的影响[J].食品与机械,2016,32(2):111-114
CHEN Yu-huan, PENG Xuan, CHEN Chu-ying, et al. Effects of ramulus cinnamomi extracts on fresh-keeping of Xinyu tangerine [J]. Food and Machinery, 2016, 32(2): 111-114