

丁香叶油对桃保鲜作用的初步研究

王红艳¹, 邵世达¹, 冯俊涛^{1,2}, 张 兴^{1,2}

(1 西北农林科技大学 无公害农药研究服务中心, 陕西 杨凌 712100; 2 陕西省生物农药工程技术研究中心, 陕西 杨凌 712100)

[摘 要] 为了研究丁香叶油对桃果实的保鲜作用, 采用“八月脆”桃果实为试材, 以不用丁香叶油处理为对照, 研究了丁香叶油熏蒸处理对冷藏条件下桃果实品质指标和相关生理指标的影响。结果表明, 与对照相比, 22.5 $\mu\text{L/L}$ 丁香叶油处理对桃果实的防腐保鲜效果最好, 贮藏 35 d 时好果率为 94%, 比对照提高了 46.9%, 腐烂指数和褐变指数分别比对照低 94.1% 和 85.2%; 丁香叶油处理可以有效降低桃果实的呼吸强度和乙烯释放量, 呼吸强度高峰和乙烯释放量高峰分别推迟 5 和 10 d, 延缓了果实硬度和可滴定酸含量下降的速度; 贮藏 35 d 时对照和 22.5 $\mu\text{L/L}$ 丁香叶油处理果实硬度分别比贮藏初期降低了 60% 和 34%; 丁香叶油处理提高了超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)、过氧化物酶(POD) 3 种膜脂过氧化物酶的活性, 但可溶性固形物含量与对照相比无明显差异。说明丁香叶油对采后桃果实具有明显的防腐保鲜效果。

[关键词] 丁香叶油; 桃保鲜; 品质指标; 生理指标

[中图分类号] S662.109⁺.3

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2007)09-0147-05

Preliminary research on the preservation effect of peach with clove leaf oil

WANG Hong-yan¹, SHAO Shi-da¹, FENG Jun-tao^{1,2}, ZHANG Xing^{1,2}

(1 Research and Development Center of Biorational Pesticide, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 Technology and Engineering Center of Biopesticide of Shaanxi Province, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract : To study the preservation effect of clove leaf oil on peach fruit, the peach “Ba yue cui” was used to study the effects of clove leaf oil on the quality and related physiology target in peach during cold storage, and the treatment without clove leave oil was used for comparison. The results showed that 22.5 $\mu\text{L/L}$ of clove leaf oil had the best preservation effect on peach. After 35 days of stock, the sound fruit rate was 94%, 46.9% higher than compared group. The rotten index and the browning index were 94.1% and 85.2% lower than the control, respectively, and the treatment could remarkably reduce the respiration rate and ethylene release, and postponed ethylene release peak and respiration peak 5 and 10 d, respectively in comparison with CK, it also delayed the drop of firmness and contents of titrable acids of the peach. When stored for 35 d, firmness of control group and 22.5 $\mu\text{L/L}$ of clove leaf oil were decreased 60% and 34% compared with initial storage, and the activities of SOD, CAT and POD were enhanced, but the contents of SSC had no obvious difference with control. The results showed that antiseptis preservation of clove leaf oil on the postharvest peach was very obvious.

Key words : clove leaf oil; peach preservation effect; quality index; postharvest physiology

†收稿日期] 2006-08-28

[基金项目] 国家“十五”科技攻关项目(2002BA516A04)

[作者简介] 王红艳(1980-), 女, 山西高平人, 在读硕士, 主要从事植物源农药研究。E-mail: kaien6286461@163.com

[通讯作者] 冯俊涛(1967-), 男, 河南登封人, 副教授, 博士, 主要从事农药学与生物源农药研究。E-mail: Jtfeng@126.com

桃果实营养丰富、色泽艳丽、风味佳美,历来为人们所喜爱,但是桃果实的成熟期正处于高温季节,易软化腐烂,不易保藏和贮运,因此桃果实采后防腐保鲜成为亟待解决的问题。目前,桃果实采后防腐保鲜多使用化学保鲜剂,但绝大多数化学保鲜剂存在毒害残留、污染环境等问题。随着生活质量的提高,人们正在努力寻求安全、高效的保鲜剂。丁香 [*Syzygium aromatiicum* (Linn.) Merr. et Perry] 属桃金娘科,是一种传统的中药材和香料植物^[1],具有抗菌、消炎、抗病毒等功效^[2],长期以来一直作为天然调味剂和防腐剂用于食品加工和人们的日常饮食。目前,丁香应用于果蔬防腐保鲜的研究主要集中在丁香粗提物方面^[3-7]。研究表明,丁香的抑菌成分富集于精油中^[8];关文强等^[9]报道,丁香精油对葡萄、冬枣、桃、蒜薹等采后果蔬主要病原菌具有良好的抑制效果;李鹏霞^[10]研究发现,丁香叶油对苹果和猕猴桃具有显著的保鲜效果,但是有关丁香叶油对桃果实保鲜的研究还未见报道。前期试验发现,丁香叶油对桃果实具有明显的防腐保鲜效果,因此本研究以“八月脆”桃果实为试材,研究其对冷藏条件下桃采后品质指标及相关生理指标的影响,以期对丁香叶油在桃贮藏保鲜中的应用提供理论和实践依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 供试精油 丁香叶油 (Clove Leave Oil) 购自广州市恒信香精香料化工有限公司,为工业生产,以水蒸气蒸馏提取,为澄清流动的液体,黄色至浅棕色,密封贮藏。

1.1.2 供试材料 0.03 mm 聚乙烯(PE)保鲜袋。

1.1.3 供试水果 “八月脆”桃 (*Prunus persia* L. ‘Bayue Cui’) 采自陕西省扶风县黄堆乡,采收后当天立即运回实验室进行预冷。

1.2 试验处理 选约八成成熟、大小均匀、无损伤、无病虫害的果实,装入塑料筐中,外套 0.03 mm 厚的聚乙烯保鲜袋,每个筐中放 15 kg 果实,每处理 3 个重复,分别取不同浓度的丁香叶油 12.5, 17.5, 22.5, 27.5 $\mu\text{L/L}$ 放入袋内密闭熏蒸 3 d,以不放丁香叶油的处理为对照,处理后的果实放置在温度 $1\sim 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 80%~90% 条件下贮藏。贮藏至 25 和 35 d 时,进行果实腐烂指数、褐变指数和好果率的调查,且在贮藏期间每 5 d 取样 1 次测定呼吸强度、乙烯释放量、硬度、可滴定酸和可溶性固形物含量、超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)和

过氧化物酶(POD)活性生理指标。

1.3 生理指标的测定及方法

1.3.1 好果率和腐烂指数 各处理随机取 100 个果实定期调查好果率、腐烂指数。腐烂指数按照桃果实表面腐烂面积大小分为 5 级:0 级,无腐烂;1 级,腐烂面积小于果实总面积的 $1/4$;2 级,腐烂面积占果实总面积的 $1/4\sim 2/4$;3 级,腐烂面积占果实总面积的 $2/4\sim 3/4$;4 级,腐烂面积大于果实总面积的 $3/4$ 。

好果率/ % = (好果数/ 调查总果数) $\times 100\%$;

腐烂指数/ % = $\Sigma(\text{腐烂级别} \times \text{该级别果数}) / (\text{腐烂最高级} \times \text{调查总果数}) \times 100\%$ 。

1.3.2 褐变指数 各处理随机取 50 个果实,沿桃表面近核处进行横切,观察其切面有无褐变,按果心褐变严重程度,褐变级别分为 5 级:0 级,无褐变;1 级,褐变面积小于果心总面积的 $1/4$;2 级,褐变面积占果心总面积的 $1/4\sim 2/4$;3 级,褐变面积占果心总面积的 $2/4\sim 3/4$;4 级,褐变面积大于果心总面积的 $3/4$ 。

褐变指数/ % = $\Sigma(\text{褐变级别} \times \text{该级别果数}) / (\text{褐变最高级别} \times \text{调查总果数}) \times 100\%$ 。

1.3.3 其他生理指标 呼吸强度用美国 TIR 公司生产的 HEL-7100 红外式 CO_2 分析仪测定;乙烯释放量采用安捷伦 4890D 型气相色谱仪测定, GDX-502 色谱柱,柱温 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$,氢气 0.7 kg/cm^2 ,空气 0.7 kg/cm^2 ,氮气 1.0 kg/cm^2 ,FID 检测器检测,检测温度 $110\text{ }^{\circ}\text{C}$;以上测定均重复 3 次,取其平均值。果实硬度采用 GY-1 型硬度计测定,探头直径为 3 mm;可溶性固形物(SSC)含量采用手持折光仪测定;可滴定酸(TA)含量采用酸碱滴定法测定^[11];SOD、CAT 和 POD 活性测定均参照文献[11]的方法进行。

1.4 统计分析

试验数据采用 SPSS 软件和 Duncan 方法进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 丁香叶油对桃果实腐烂指数、褐变指数和好果率的影响

从表 1 可以看出,不同浓度丁香叶油均可以降低冷藏期间桃果实的腐烂指数和褐变指数,提高好果率,其中 22.5 $\mu\text{L/L}$ 丁香叶油的处理效果最佳,贮藏至第 25 天时未出现腐烂现象,褐变指数为 1.3%,较对照降低了 97.3%;贮藏至第 35 天时,腐烂指数、褐变指数为 1.2%和 3.3%,较对照分别降低了 94.1%和 85.2%,好果率为 94%,比对照提高了 46.8%。27.5 $\mu\text{L/L}$ 丁香叶油处理的防腐效果

明显优于对照,但明显低于其他处理,说明 27.5 $\mu\text{L/L}$ 丁香叶油处理已经对桃果实造成了伤害,主要表现为果皮表面出现褐变、塌陷,随着贮藏时间的

延长,果肉由外向内发生褐变。因此,选取防腐保鲜效果较好的 12.5,17.5,22.5 $\mu\text{L/L}$ 丁香叶油为本试验的处理条件,进行其他生理指标的测定。

表 1 丁香叶油对冷藏期间桃腐烂指数、褐变指数和好果率的影响

丁香叶油/ ($\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$) Clove leave oil	贮藏 25 d Stored 25 d			贮藏 35 d Stored 35 d		
	腐烂指数	褐变指数	好果率	腐烂指数	褐变指数	好果率
	Decay index	Browning index	Sound fruit rate	Decay index	Browning index	Sound fruit rate
12.5	3.2	3.9	92	7.2	8.3	85
17.5	2.1	2.0	96	4.9	4.6	90
22.5	0.0	1.3	100	1.2	3.3	94
27.5	4.5	3.8	90	8.6	7.1	80
CK	10.8	11.1	72	20.5	22.3	64

2.2 丁香叶油对桃果实呼吸强度和乙烯释放量的影响

由图 1 可以看出,丁香叶油可以明显抑制冷藏期间桃果实的呼吸强度和乙烯释放量。对照桃果实在冷藏 20 d 时,出现明显的呼吸强度高峰(呼吸强度为 103.6 $\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{h})$),而丁香叶油 3 种浓度(12.5,17.5,22.5 $\mu\text{L/L}$)处理桃果实的呼吸强度均明显低于对照,且呼吸强度高峰均较对照推迟 5 d 出现,其峰值分别较对照降低 13.9 %,25.7 % 和 33.3 %,可见丁香叶油对桃果实呼吸强度的抑制作

用,随着丁香叶油浓度的增加而增强。乙烯释放量的变化趋势与呼吸强度基本一致。对照桃果实乙烯释放量高峰出现在冷藏第 15 天,释放量为 8.17 $\mu\text{L}/(\text{kg} \cdot \text{h})$,丁香叶油 3 种浓度(12.5,17.5 和 22.5 $\mu\text{L/L}$)处理桃果实乙烯释放量高峰均比对照推迟了 10 d,且其值都低于对照,分别为 7.44,7.29,6.58 $\mu\text{L}/(\text{kg} \cdot \text{h})$ 。可知,22.5 $\mu\text{L/L}$ 丁香叶油处理桃果实效果最佳,呼吸强度高峰和乙烯释放量高峰分别比对照低 33.3 %和 19.5 %。

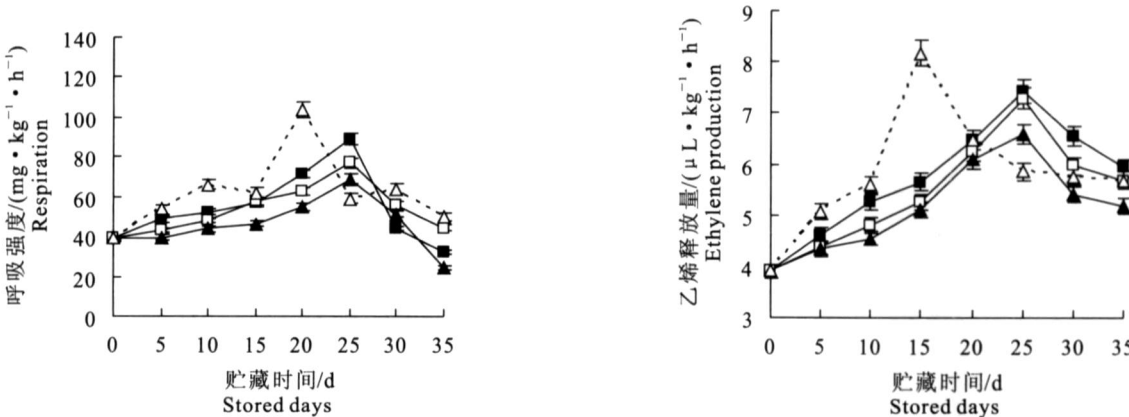


图 1 丁香叶油对冷藏期间桃果实呼吸强度和乙烯释放量的影响
- ■- .12.5 $\mu\text{L/L}$; - □- .17.5 $\mu\text{L/L}$; - ▲- .22.5 $\mu\text{L/L}$; - △- .CK

Fig.1 Effects of clove leaf oil on respiratory rate and ethylene production of the peach during cold storage

2.3 丁香叶油对桃果实硬度的影响

从图 2 可以看出,丁香叶油处理可以明显延缓桃果实硬度的下降。方差分析结果表明,在贮藏前 10 d 丁香叶油处理桃果实的硬度与对照间差异均不显著 ($P>0.05$);10 d 后对照果实硬度急剧下降,而丁香叶油处理桃果实硬度下降缓慢,且丁香叶油各处理与对照间差异均显著 ($P<0.05$),丁香叶油各处理间差异不显著 ($P>0.05$);贮藏至 35 d 时,与贮藏初期相比,对照桃果实硬度值降低了 60 %,12.5,

17.5,22.5 $\mu\text{L/L}$ 丁香叶油处理桃果实硬度分别降低了 41.3 %,37.3 %,34 %。

2.4 丁香叶油对桃果实可溶性固形物和可滴定酸含量的影响

图 3 表明,在冷藏期间桃果实可溶性固形物含量呈先上升后下降的变化趋势。贮藏 20 d 时对照桃果实的可溶性固形物含量积累达到最高值 (10.83 %),而丁香叶油 3 种浓度处理较对照推后 5 d 到达最高值,其中 22.5 $\mu\text{L/L}$ 丁香叶油处理桃果实的

可溶性固形物含量最高,为 11.09 %,这与呼吸强度峰值出现的时间一致(图 1)。在整个贮藏期间,丁香叶油处理果实的可溶性固形物含量均高于对照(第 20 天除外),但丁香叶油各处理与对照以及各处理间差异均不显著 ($P>0.05$)。

从图 4 可以看出,丁香叶油处理和对照桃果实的可滴定酸含量,均随贮藏时间的延长而逐渐下降,

在整个贮藏期间,丁香叶油处理桃果实可滴定酸含量均明显高于对照,其中以 22.5 $\mu\text{L/L}$ 丁香叶油处理桃果实的可滴定酸含量最高。方差分析结果表明,丁香叶油各处理间的可滴定酸含量无显著差异,但 15 d 后丁香叶油各处理与对照间可滴定酸含量差异均达显著水平 ($P<0.05$)。

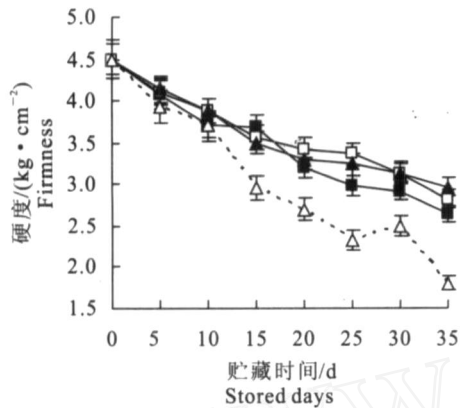


图 2 丁香叶油对冷藏期间桃果实硬度的影响
- ■ - . 12.5 $\mu\text{L/L}$; - □ - . 17.5 $\mu\text{L/L}$;
- ▲ - . 22.5 $\mu\text{L/L}$; - △ - . CK

Fig. 2 Effects of clove leaf oil on firmness of the peach during cold storage

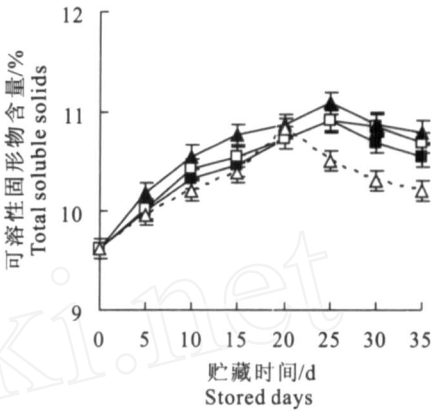


图 3 丁香叶油对冷藏期间桃果实可溶性固形物含量的影响
- ■ - . 12.5 $\mu\text{L/L}$; - □ - . 17.5 $\mu\text{L/L}$;
- ▲ - . 22.5 $\mu\text{L/L}$; - △ - . CK

Fig. 3 Effects of clove leaf oil on the contents of SSC of the peach during cold storage

2.5 丁香叶油对桃果实抗氧化酶活性的影响

在整个冷藏期间,对照桃果实的 SOD 活性高峰出现在贮藏第 20 天,峰值为 61.40 $\text{U}/(\text{g} \cdot \text{h})$,之后急剧下降,12.5,17.5,22.5 $\mu\text{L/L}$ 丁香叶油处理桃果实的 SOD 活性在第 30 天时出现高峰,均比对照推迟了 10 d,且峰值分别较对照高 0.57 %,0.9 %,13.3 %(图 5)。桃果实的 CAT 和 POD 活性均表现为先升高后降低的趋势,对照桃果实均在第

25 天时达到最高值(CAT 和 POD 活性峰值分别为 3.8 $\text{U}/(\text{min} \cdot \text{g})$ 和 4.67 $\mu\text{g}/\text{g}$),12.5,17.5,22.5 $\mu\text{L/L}$ 丁香叶油处理桃果实的 CAT 和 POD 活性高峰均较对照推后了 5 d,且峰值分别比对照高 1.1 %,7.1 %,10 %和 4.1 %,12 %,21 %(图 6 和图 7)。说明丁香叶油处理提高了抗氧化酶的活性和清除自由基的能力,其中以 22.5 $\mu\text{L/L}$ 丁香叶油处理提高酶活性的能力最佳。

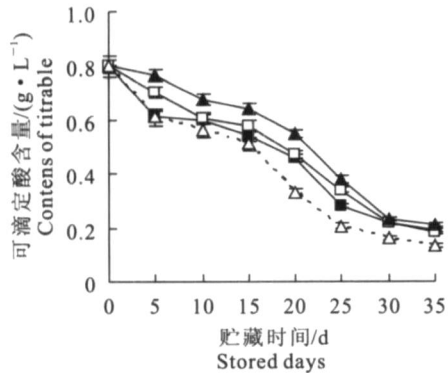


图 4 丁香叶油对冷藏期间桃果实可滴定酸含量的影响
- ■ - . 12.5 $\mu\text{L/L}$; - □ - . 17.5 $\mu\text{L/L}$;
- ▲ - . 22.5 $\mu\text{L/L}$; - △ - . CK

Fig. 4 Effects of clove leaf oil on contents of titrable acids of the peach during cold storage

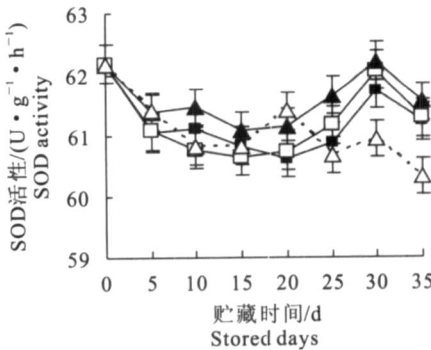


图 5 丁香叶油对冷藏期间桃果实 SOD 活性的影响
- ■ - . 12.5 $\mu\text{L/L}$; - □ - . 17.5 $\mu\text{L/L}$;
- ▲ - . 22.5 $\mu\text{L/L}$; - △ - . CK

Fig. 5 Effects of clove leaf oil on the activity of SOD of the peach during cold storage

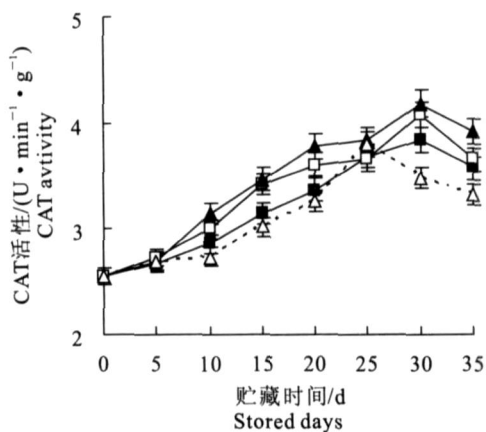


图 6 丁香叶油对冷藏期间桃果实 CAT 活性的影响

- ■ - . 12.5 μL/L ; - □ - . 17.5 μL/L ;
- ▲ - . 22.5 μL/L ; - △ - . CK

Fig. 6 Effects of clove leaf oil on the activity of CAT of peach during cold storage

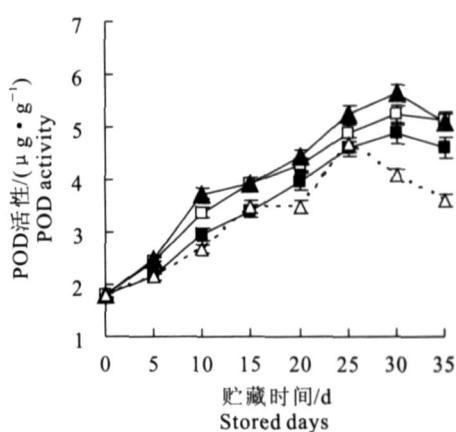


图 7 丁香叶油对冷藏期间桃果实 POD 活性的影响

- ■ - . 12.5 μL/L ; - □ - . 17.5 μL/L ;
- ▲ - . 22.5 μL/L ; - △ - . CK

Fig. 7 Effects of clove leaf oil on the activity of POD of peach during cold storage

3 讨 论

本研究结果表明,丁香叶油对桃果实具有明显的防腐保鲜效果。用 22.5 μL/L 丁香叶油熏蒸处理桃果实防腐保鲜效果最好,贮藏 35 d 时好果率为 94 %,比对照提高了 46.9 %,腐烂指数和褐变指数比对照分别低 94.1 %和 85.2 %,且可以有效降低桃果实的呼吸强度和乙烯释放量升高,呼吸强度高峰和乙烯释放量高峰分别比对照推迟了 5 和 10 d,延缓了果实硬度和可滴定酸含量下降的速度,同时提高了 SOD、CAT、POD 3 种膜脂过氧化物酶的活性。

丁香叶油对桃果实呼吸强度具有抑制作用,是其具有保鲜作用的主要原因之一。呼吸作用是果蔬采后生命活动的中心,与果蔬的品质变化有密切联系^[12]。桃属于呼吸跃变型果实,采收后呼吸极为旺盛,很快就成熟衰老,所以抑制采后桃果实的呼吸强度是桃保鲜的核心问题。本研究结果与丁香叶油可以推迟采后苹果和猕猴桃的呼吸强度高峰和乙烯释放量高峰出现的时间是一致的^[10]。呼吸作用是一个耗能的过程,呼吸强度和乙烯释放量与果实的衰老速度呈正相关关系,因此丁香叶油有利于延缓采后果实的衰老,保持其品质。本研究还发现,呼吸跃变之前,桃果实一直保持较高的硬度,呼吸跃变之后,对照果实硬度下降比丁香叶油处理快,贮藏到 35 d 时,与贮藏初期相比,对照果实硬度值降低了 60 %,22.5 μL/L 丁香叶油处理降低了 34 %,这可能与丁香叶油处理抑制了桃果实的呼吸强度并推迟其呼吸强度高峰出现的时间有关,但是丁香叶油处理延缓果实

硬度下降的作用,是否与其可以有效抑制与细胞壁降解相关的酶类有关,这有待于进一步研究。

使抗氧化酶(SOD、CAT 和 POD)保持高活性是丁香叶油具有保鲜作用的另一主要原因。抗氧化酶活性升高有利于及时清除采后果实中的活性氧自由基,抑制 1-氨基环丙烷-1-羧酸(ACC)向乙烯的转化,从而延缓果实的衰老^[12]。Lacan 等^[13]报道,甜瓜在贮藏中保持高水平 SOD 和 CAT 活性,与延缓果实成熟密切相关。李鹏霞^[10]研究表明,丁香叶油对二苯代苦味肼基自由基(DPPH ·)的清除率在 86 %以上,具有很强的抗氧化能力和抗自由基活性,且丁香叶油处理能够抑制采后苹果 SOD、CAT、POD 活性的下降。本研究发现,丁香叶油能够维持采后桃果实较高的 SOD、CAT、POD 活性,这说明丁香叶油处理引起了果实组织抗氧化和清除自由基体系活动的变化,及时清除了采后桃果肉中的活性氧自由基,提高了果实在低温贮藏下的抗氧化防御能力,从而延缓了果实衰老的进程。但是有关丁香叶油处理对 3 种酶在提高植物组织抗氧化和清除自由基体系中的作用,以及与其他清除自由基因素的关系,还有待更加深入的研究。

综上所述,丁香叶油对桃果实具有明显的防腐保鲜效果,且丁香叶油资源丰富,气味芬芳怡人,提取容易,成本低廉^[14],所以丁香叶油将是研究开发农产品天然保鲜剂的一个重要来源,但是对其在果蔬保鲜上的最佳应用方式和最佳浓度的选择,还有待于进一步研究。

(下转第 156 页)

[参考文献]

[1] 刘 云. 郁金香促成栽培技术研究[J]. 安徽农学通报, 2005, 11(3): 70-71.

[2] 班小重, 王天文, 李桂莲, 等. 5℃郁金香冬季促成栽培优质丰产技术[J]. 贵州农业科学, 2004, 32(4): 67-68.

[3] 张乔松, 杨伟儿. 郁金香种球冷藏对促成栽培的影响[J]. 园艺学报, 1996, 23(4): 371-374.

[4] 孙 茜. 郁金香在海南的促成栽培[J]. 华南热带农业大学学报, 1998, 4(1): 68-70.

[5] 盛峰雷, 孙志岗, 孙 利, 等. 郁金香 5 度球的促成栽培[J]. 上海农业科技, 2003(5): 110.

[6] 张永春, 褚云霞, 董燮华. 不同催根基质对郁金香生长发育的影响初探[J]. 上海农业学报, 2005, 21(2): 95-96.

[7] 应求是, 周国宁. 郁金香水面无土漂浮促成栽培[J]. 浙江农业学报, 1996, 8(3): 151-153.

[8] 张翠红, 钟建平. 浅谈郁金香促成栽培产生盲花的原因[J]. 陕西农业科学, 2004(6): 45-46.

[9] 谭国华, 赵统利. 郁金香薄膜日光温室促成栽培技术[J]. 江苏农业科学, 1998(5): 54-55.

[10] August D H. Holland bulb forcer's guide[M]. 5th edition. The Netherlands: The International Flower Bulb Centre, 1996: B1-54, E7-10.

[11] 潘瑞识, 董愚得. 植物生理学: 下[M]. 2 版. 北京: 高等教育出版社, 1984: 61-63.

(上接第 151 页)

[参考文献]

[1] 何双凌, 赵 仁, 宋 亮, 等. 丁香生物学特性与栽培进展[J]. 热带农业科技, 2004, 27(4): 28-30.

[2] 郭松年, 井泽良, 刘兴华, 等. 丁香提取物对三种果实致腐真菌的抑制作用研究[J]. 食品研究与开发, 2006, 27(3): 160-161.

[3] 高晓杉, 张 浩, 孟宪军. 丁香提取物在切割茄子保鲜上的应用研究[J]. 上海蔬菜, 2006(1): 69-70.

[4] 高晓杉, 张 浩, 孟宪军. 丁香提取物在切割甜椒保鲜上的应用研究[J]. 上海蔬菜, 2006(2): 77-78.

[5] 宋义忠, 孔秋莲, 孟宪军, 等. 丁香提取物对花椰菜保鲜效果的研究[J]. 上海蔬菜, 2003(2): 40-41.

[6] 孔秋莲, 郑玉生, 宋义忠, 等. 丁香提取物对甜椒保鲜效果的研究[J]. 上海蔬菜, 2004(2): 65.

[7] 赖毅东. 具有抑菌活性成分中草药的筛选及防腐保鲜应用机理研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2003.

[8] 韩群鑫, 黄寿山, 陈杰林. 丁香应用技术的进展[J]. 江西植保, 2006, 29(1): 24-26.

[9] 关文强, 李芬淑. 丁香精油对果蔬采后病原菌抑制效应研究[J]. 食品科学, 2005, 26(12): 227-230.

[10] 李鹏霞. 两种植物精油对采后水果的保鲜作用研究[D]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 2006.

[11] 高俊凤. 植物生理学实验技术[M]. 西安: 世界图书出版公司, 2000.

[12] 皮钰珍, 马岩松, 王善广. 桃采后及贮藏生理研究进展[J]. 果树学报, 2001, 18(1): 53-56.

[13] Lacan D, Baccou J C. High levels of antioxidant enzymes correlate with delayed senescence in nonnetted fruits[J]. Planta, 1998, 204: 377-382.

[14] 郭 晨, 竺 青, 刘 颖. 丁香精油的提取及其抗菌作用研究[J]. 医药导报, 2006, 25(5): 384-386.