

钟曼茜, 张史青, 黄绵佳, 等. 黄皮精油熏蒸对常温贮藏番木瓜的保鲜效果[J]. 江苏农业学报, 2017, 33(3): 667-673.  
doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2017.03.027

## 黄皮精油熏蒸对常温贮藏番木瓜的保鲜效果

钟曼茜, 张史青, 黄绵佳, 王龙蓓, 陈翠, 从心黎  
(海南大学园艺园林学院, 海南 海口 570228)

**摘要:** 为了延长番木瓜在贮运过程中的保鲜期, 以番木瓜品种日升为试验材料, 分别采用 0  $\mu\text{L/L}$ 、5  $\mu\text{L/L}$ 、10  $\mu\text{L/L}$ 、15  $\mu\text{L/L}$  和 20  $\mu\text{L/L}$  的黄皮精油密闭熏蒸果实 72 h, 定期测定常温贮藏的番木瓜果实的外观和营养品质指标。结果显示, 黄皮精油熏蒸处理对番木瓜果实采后具有明显的保鲜效果, 其中 10  $\mu\text{L/L}$  黄皮精油熏蒸处理能减少番木瓜果实失重率和硬度的下降, 同时能维持可溶性固形物(TSS)和维生素 C 含量, 抑制相对电导率的增加及丙二醛(MDA)含量的积累, 提高超氧化物歧化酶(SOD)的活性, 显著抑制番木瓜果实腐烂指数上升, 延缓果实腐烂。因此, 10  $\mu\text{L/L}$  的黄皮精油熏蒸处理番木瓜能维持果实较好的贮藏品质, 延长果实的贮藏时间。

**关键词:** 番木瓜; 黄皮精油; 熏蒸; 保鲜

**中图分类号:** S667.9      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000-4440(2017)03-0667-07

## Fresh-keeping of papaya fruits stored at room temperature by *Clausena lansium* oil fumigation

ZHONG Man-xi, ZHANG Shi-qing, HUANG Mian-jia, WANG Long-bei, CHEN Cui, CONG Xin-li  
(College of Horticulture and Landscape Architecture, Hainan University, Haikou 570228, China)

**Abstract:** The objective of this study was to prolong the storage time of papaya fruits. The papaya fruits (*Carica papaya* L.) were fumigated with *Clausena lansium* oil at different concentrations (0  $\mu\text{L/L}$ , 5  $\mu\text{L/L}$ , 10  $\mu\text{L/L}$ , 15  $\mu\text{L/L}$  and 20  $\mu\text{L/L}$ ) in a sealed container at 25  $^{\circ}\text{C}$ , the appearance, nutritional quality and physiological changes of the fruits were monitored periodically. The *C. lansium* oil at 10  $\mu\text{L/L}$  concentration could decrease the weight loss rate, preserve hardness and maintain the content of vitamin C ( $V_C$ ) and total soluble solid (TSS). With the application of 10  $\mu\text{L/L}$  *C. lansium* oil, the activity of superoxide dismutase (SOD) was increased, while the relative conductivity, papaya decay index and accumulation of malondialdehyde (MDA) were inhibited. Therefore, papaya fumigated by essential oil at 10  $\mu\text{L/L}$  could maintain a better fruit quality and achieve a longer storage time.

**Key words:** papaya fruit; *Clausena lansium* oil; fumigation; fresh-keeping

番木瓜 (*Carica papaya* L.) 原产于热带美洲和非洲, 是著名的热带亚热带水果之一, 具有较高的营养

价值和经济价值。近年来, 中国番木瓜市场需求不断增长<sup>[1]</sup>。但番木瓜属于呼吸跃变型果实, 采后较易出现果实水分散失、萎蔫、褐变软化、发病腐烂等问题, 造成巨大的经济损失<sup>[2]</sup>。随着人们对环境及自身健康安全的高度关注, 在果实采后贮藏保鲜中广泛使用的化学药剂已受到严格限制, 因此开发一种可替代化学药剂的安全无毒的生物保鲜方法已成为果实保鲜研究的热点之一。

收稿日期: 2016-12-27

基金项目: 海南省重点研发计划项目(ZDYF2016090)

作者简介: 钟曼茜(1990-), 女, 湖南益阳人, 硕士研究生, 研究方向为园艺产品贮藏与加工。(E-mail) zmanxi0108@163.com

通讯作者: 从心黎, (E-mail) cong0890@163.com

目前国内外已有关于热处理、气调包装、壳聚糖涂抹、乙烯吸收剂、1-甲基环丙烯(1-MCP)和一氧化氮(NO)处理等对番木瓜及其他植物果实贮藏保鲜效果方面的研究<sup>[3-10]</sup>。Chnohenchob<sup>[11]</sup>指出不同材料和包装方式对番木瓜在运输过程中的贮藏品质产生较大影响;Dotto等<sup>[12]</sup>发现一定浓度的壳聚糖溶液能抑制微生物的生长,延长番木瓜果实的贮藏时间。

植物精油是植物重要的次生代谢物,具有安全、无污染、抗氧化、抑菌防腐等特点,其广谱且高效的杀菌活性使之可以开发成消毒杀菌药剂,在果蔬防腐保鲜方面具有很好的应用前景<sup>[13-16]</sup>。前人研究结果显示,植物精油对砵山酥梨<sup>[17]</sup>、草莓<sup>[18]</sup>、冬枣<sup>[19]</sup>、蜜桔<sup>[20]</sup>等果蔬具有较好的保鲜效果。程守前等<sup>[21]</sup>确定了高良姜复配保鲜剂的最佳配比和最优提取制备工艺,发现高良姜复配保鲜剂对番木瓜采后有较好的抑菌保鲜能力。也有研究发现10%阿拉伯胶结合0.4%肉桂精油处理可以作为控制诸如香蕉和番木瓜等常见热带水果采后炭疽病的生物杀菌剂<sup>[22]</sup>。黄皮属(*Clausena lansium*. f.)芸香科(*Rutaceae*)植物,是中国热带地区普遍存在、非常易得的植物材料。关于黄皮精油在番木瓜果实常温下贮藏保鲜效果的研究未见报道,且前人大多单从番木瓜营养品质或生理方面进行探讨,缺乏系统地从外观品质、营养品质和生理指标进行综合分析。一般认为,植物精油熏蒸处理对果蔬的防腐保鲜效果明显优于浸泡等处理方法<sup>[23]</sup>。本试验以番木瓜品种日升的果实为材料,采用不同浓度的黄皮精油对果实进行熏蒸处理,系统地研究黄皮精油对番木瓜果实在贮藏过程中腐烂变质及理化品质的影响,旨在为研究出一种可替代化学药剂的安全无毒的生物保鲜方法提供理论基础和技术依据。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 试验材料与amp;仪器

黄皮于2015年7月14日采自海口市黄皮果园。采摘成熟叶片清洗晾干置于烘箱中干燥(45℃)48h后加工成粉末。采用水蒸气蒸馏法提取,将粉末置于1000ml圆底烧瓶中,加入700ml蒸馏水并充分搅拌,浸泡5h后在水蒸馏装置中进行蒸馏操作,注意浸泡时间不宜过长,以防止黄皮粉末被氧化或滋生霉菌。利用挥发油提取器提取精油,蒸

馏时间为4h,至没有油状物滴出时停止蒸馏,静置片刻,取下冷凝管,扭动精油收集器的阀门收集精油于5ml离心管中,放置2min后用移液枪吸取上层淡黄色液体移入棕色瓶中,于冰箱中密封保存,备用。

供试番木瓜品种为日升,于2015年8月14日采自海南省三亚市果园,采后4h内运回实验室,挑选大小和成熟度相对一致,无机械损伤无病虫害的果实进行处理。

BS224S电子分析天平由Sarorius公司生产;FHM-1硬度计由日本ATGO公司生产;Spring-20超纯水机由瑞思捷科学仪器有限公司生产;722可见分光光度计由上海光谱仪器有限公司生产;G16KP台式高速冷冻离心机由长沙东旺实验仪器有限公司生产;DDS-11A型电导仪由上海仪电科学仪器股份有限公司生产。

### 1.2 试验方法

1.2.1 试验处理 保鲜处理采用熏蒸法。根据预实验结果,各精油浓度设置为5μl/L、10μl/L、15μl/L和20μl/L,于25℃下熏蒸处理。将番木瓜果实装入体积为5L的密闭容器,在密闭容器内放一培养皿,将滤纸固定在培养皿上,用移液枪吸取25μl、50μl、75μl、100μl精油分别滴加在滤纸上,精油不与水果接触,立即密闭熏蒸。每处理重复3次。熏蒸72h后,将水果取出装入PE保鲜袋,轻绑袋口置于25℃下贮藏。每处理15个果实,3次重复,设置不加精油的空白为对照(CK)。另外,所有处理随机挑选果实5个,重复3次,固定以用作失重率和腐烂指数的测定。精油熏蒸完成后当天开始测定指标(即采后第4d,熏蒸处理后第1d测定),贮藏前期每2d取样1次,测定和分析番木瓜果实相关品质和生理指标,第6d后,每1d取样1次,直至对照完熟腐烂为止。

1.2.2 指标测定 果实腐烂指数参照下式计算<sup>[24]</sup>,公式如下:

$$\text{腐烂指数} = \frac{\sum(\text{腐烂级别} \times \text{该级别果数})}{(\text{腐烂最高级别} \times \text{调查总果数})}$$

腐烂级别评定标准为,0级:无腐烂;1级:腐烂面积小于1/4;2级:腐烂面积1/4~2/4;3级:腐烂面积2/4~3/4;4级:腐烂面积3/4~4/4。

果实硬度使用FHM-1型果实硬度计测定,每个果实测3个值,取平均值(kg/cm<sup>2</sup>);失重率采用称

质量法测定,每次测定 15 个果,取平均值。失重率 =  $\frac{\text{原始单果质量}-\text{测定当天单果质量}}{\text{原始单果质量}} \times 100\%$ ;

果皮相对电导率采用电导仪(DDS-11A 型)测定;可溶性固形物含量(TSS)利用手持折光仪(ATAGO 手持式折光仪,型号 N-1 $\alpha$ ,产自日本)测定; $V_c$  含量用 2,6-二氯酚靛酚滴定法测定<sup>[25]</sup>;丙二醛(MDA)含量用硫代巴比妥酸(TBA)法测定<sup>[26]</sup>;超氧化物歧化酶(SOD)采用氮蓝四唑(NBT)光还原法测定<sup>[26]</sup>;过氧化物(POD)采用愈创木酚法测定<sup>[26]</sup>。

### 1.3 数据分析

试验数据使用 Excel 2007 处理并制图,误差线为不同重复间的标准误。采用 SPSS 18.0 软件对数据进行逐日的单因素方差分析,以及日期和处理之间的双因素方差分析,以 LSD 分级法进行差异显著性分析( $P < 0.05$ )。

## 2 结果与分析

### 2.1 精油熏蒸对番木瓜贮藏品质的影响

**2.1.1 精油熏蒸对番木瓜腐烂指数的影响** 腐烂指数是衡量果品贮藏过程中病害发生程度的重要指标之一<sup>[27]</sup>。果实在采后贮藏期间较易受到病原菌的侵染,出现腐烂问题,而植物精油中抗菌、抗氧化小分子物质可抵抗大量果蔬致病菌<sup>[28]</sup>。由图 1 可见,番木瓜的病情指数随着贮藏时间的延长而逐渐增大。贮藏前期(第 9 d 时),10  $\mu\text{L/L}$ 精油熏蒸处理的果实未开始腐烂,CK 和其他处理的果实腐烂指数则达到 0.10~0.15,随后均加速上升。贮藏到 11 d 时,CK 的腐烂指数高达 0.56,5  $\mu\text{L/L}$ 、15  $\mu\text{L/L}$  和 20  $\mu\text{L/L}$ 精油熏蒸处理的果实腐烂指数分别为 0.20、0.30 和 0.40,而 10  $\mu\text{L/L}$ 的果实腐烂指数仅为 0.05,比 CK 低 80.0%,且显著低于其他处理组( $P < 0.05$ ),这是因为黄皮精油中的抗菌、杀菌物质抑制了番木瓜表面微生物的繁殖。可见,10  $\mu\text{L/L}$ 精油熏蒸处理番木瓜能有效降低番木瓜果实的腐烂指数,延长其贮藏时间。

**2.1.2 精油熏蒸对番木瓜失重率的影响** 番木瓜失水会引起表皮皱缩,影响其外观特性,也会导致番木瓜果肉中酶浓度升高,从而造成营养成分散失和品质下降。图 2 的数据显示,随着贮藏时间的延长,番木瓜果实失重率逐渐增大。在贮藏前期(前 8 d),各处理的失重率相差不大,贮藏到 8 d 后,各处

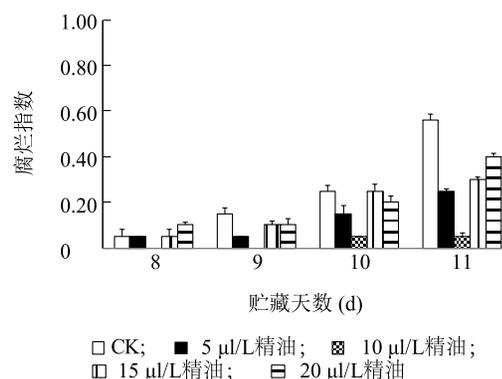


图 1 精油熏蒸对番木瓜腐烂指数的影响

Fig.1 Effect of essential oil fumigation on rot index of papaya

理失重率加速上升,其中 CK 上升速度显著高于其他处理组( $P < 0.05$ )。贮藏到 11 d 时,CK 失重率显著高于其他处理组( $P < 0.05$ ),其中 10  $\mu\text{L/L}$ 精油熏蒸处理的失重率最低。精油浓度过大,保鲜效果反而下降,而 10  $\mu\text{L/L}$ 精油熏蒸处理对降低番木瓜果实失重率有较理想的效果。

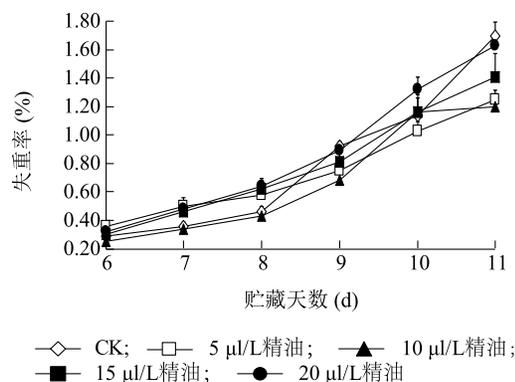


图 2 精油熏蒸对番木瓜失重率的影响

Fig.2 Effect of essential oil fumigation on weight loss rate of papaya

**2.1.3 精油熏蒸对番木瓜硬度、TSS 和  $V_c$  含量的影响** 图 3A 显示,CK 的硬度几乎均低于其他各处理组。在贮藏前 8 d,精油熏蒸处理的硬度均高于 CK,第 8 d 时,CK 和 5  $\mu\text{L/L}$ 精油熏蒸处理的番木瓜果实硬度均与其他处理存在极显著差异( $P < 0.01$ )。贮藏第 12 d 时,10  $\mu\text{L/L}$ 精油熏蒸处理的番木瓜果实硬度最高,高于 CK 68.3% ( $P < 0.01$ ),其次为 15  $\mu\text{L/L}$ 精油熏蒸处理,而 CK、5  $\mu\text{L/L}$ 和 20  $\mu\text{L/L}$ 精油熏蒸处理之间差异不显著。

由图 3B 可以看出,精油熏蒸处理能有效减缓采后番木瓜果实 TSS 含量的下降。所有处理果实的 TSS 含量在第 7 d 后开始下降,对照下降速度最快,其他各处理下降缓慢。贮藏到 12 d,10  $\mu\text{L/L}$ 精油熏蒸处理的番木瓜 TSS 含量为 12.83%,极显著高于其他处理( $P<0.01$ ),CK 的 TSS 含量降低至 7.69%,比 10  $\mu\text{L/L}$ 和 15  $\mu\text{L/L}$ 分别降低 40.10%和 32.70%。

在贮藏过程中, $V_c$  含量呈先上升后下降趋势(图 3C)。在贮藏 12 d 时,CK 番木瓜果实  $V_c$  含量显著低于 10  $\mu\text{L/L}$ 精油熏蒸处理( $P<0.05$ ),比 10  $\mu\text{L/L}$ 精油熏蒸处理低 7.9%,而 5  $\mu\text{L/L}$ 、20  $\mu\text{L/L}$ 精油熏蒸处理和 CK 相差不大,说明适宜的精油浓度能维持  $V_c$  含量,而精油浓度过高或过低对  $V_c$  含量影响不大。

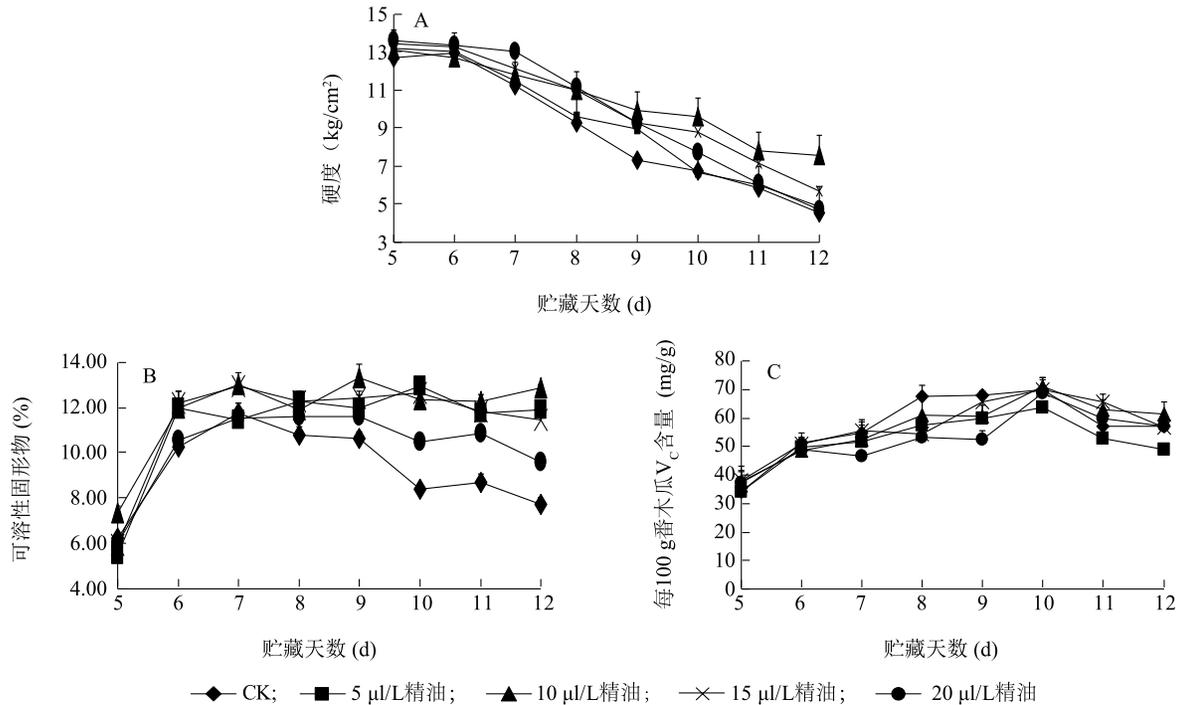


图 3 精油熏蒸对番木瓜硬度(A)、TSS 含量(B)、 $V_c$  含量(C)的影响

Fig.3 Effect of essential oil fumigation on firmness(A), soluble solids(B) and vitamin c content(C) of papaya

## 2.2 精油熏蒸对番木瓜贮藏期间生理指标的影响

2.2.1 果皮相对电导率 番木瓜在整个贮藏过程中果皮相对电导率逐渐上升,反映了组织细胞膜透性不断增加,衰老程度不断加剧(图 4)。贮藏至第 7 d,精油熏蒸各处理的相对电导率显著低于 CK ( $P<0.05$ )。贮藏到第 12 d 时,精油熏蒸处理能显著抑制番木瓜果皮相对电导率的增加( $P<0.05$ ),相对电导率比 CK 降低了 11.8%~19.2%,其中 10  $\mu\text{L/L}$ 和 15  $\mu\text{L/L}$ 的相对电导率较低,而两者无显著差异( $P>0.05$ )。

2.2.2 MDA 含量 MDA 含量的积累是果实成熟衰老的重要标志之一,能反映番木瓜果实在贮藏过程中膜脂的氧化程度,可以反映果实组织的完整性和

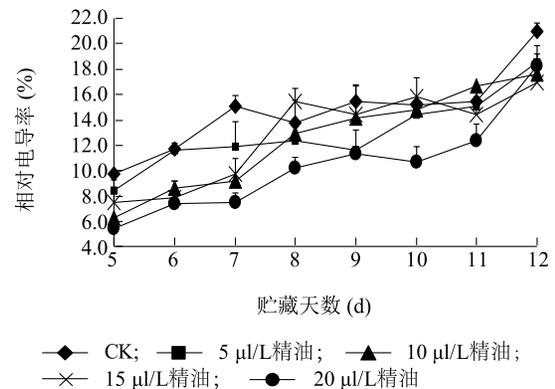


图 4 精油熏蒸对番木瓜果皮相对电导率的影响

Fig.4 Effect of essential oil fumigation on relative conductivity of papaya

新鲜程度<sup>[29]</sup>。图5显示,在贮藏5~8 d时,各处理的MDA含量均维持在较低水平。贮藏第10 d,CK的MDA含量显著高于精油熏蒸各处理( $P<0.05$ ),且比其他处理高17.4%~47.5%。贮藏第12 d时,10  $\mu\text{L/L}$ 精油熏蒸处理果实的MDA含量最低,与其他处理存在极显著差异( $P<0.01$ ),但与15  $\mu\text{L/L}$ 精油熏蒸处理果实的MDA含量差异不显著( $P>0.05$ ),表明10  $\mu\text{L/L}$ 和15  $\mu\text{L/L}$ 精油熏蒸番木瓜果实能显著抑制MDA含量的积累,延迟果实衰老。

**2.2.3 SOD和POD酶活性** 番木瓜果实SOD酶活性呈现先上升后下降的变化趋势,CK的SOD酶活性到贮藏第8 d时达到高峰随后迅速下降,且与10  $\mu\text{L/L}$ 、15  $\mu\text{L/L}$ 、20  $\mu\text{L/L}$ 番木瓜果实SOD酶活性存在显著差异( $P<0.05$ ),而与5  $\mu\text{L/L}$ 精油熏蒸处理差异不显著( $P>0.05$ ) (图6A)。精油熏蒸处理的果实SOD酶活性至9 d时才到达峰值。贮藏到第12 d时,CK的SOD酶活性显著低于其他处理( $P<0.05$ ),其中以10  $\mu\text{L/L}$ 精油熏蒸处理的SOD酶活性

最高,熏蒸效果最好。图6B显示,CK、5  $\mu\text{L/L}$ 和20  $\mu\text{L/L}$ 精油熏蒸处理的果实POD酶活性峰值出现的时间较早,其活性峰值也明显高于10  $\mu\text{L/L}$ 和15  $\mu\text{L/L}$ ,而10  $\mu\text{L/L}$ 和15  $\mu\text{L/L}$ 处理的POD酶活性峰值到第9 d时才出现,随后迅速下降。贮藏至12 d,各处理的POD酶活性差异不显著( $P>0.05$ )。

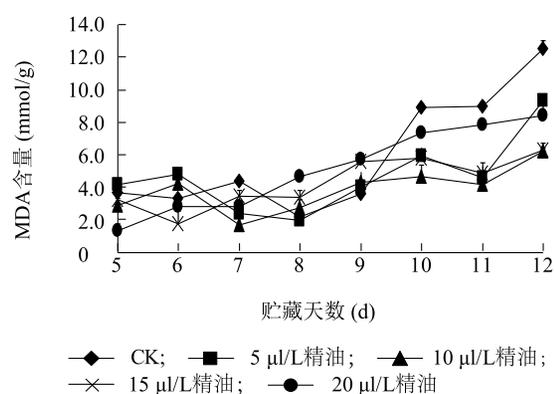


图5 精油熏蒸对番木瓜MDA含量的影响

Fig.5 Effect of essential oil fumigation on MDA of papaya

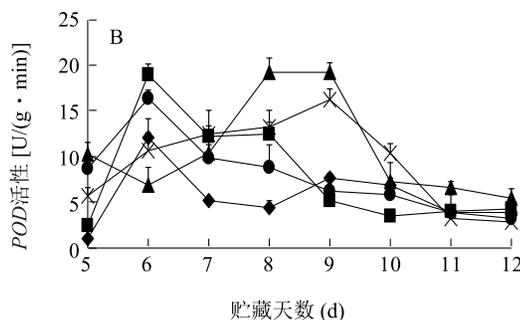
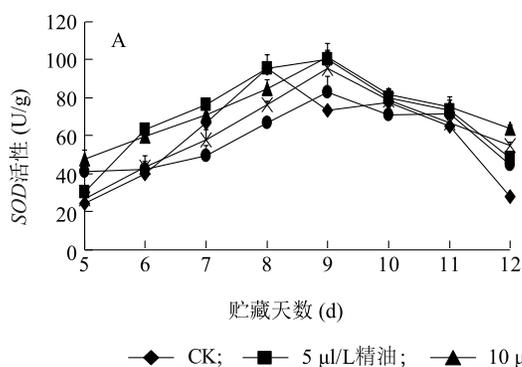


图6 精油熏蒸对番木瓜SOD酶活性(A)和POD酶活性(B)的影响

Fig.6 Effect of essential oil fumigation on the activities of SOD(A) and POD(B) of papaya

### 2.3 不同处理和贮藏时间的双因素方差分析

番木瓜采后的品质和生理特性会随着贮藏时间的延长而发生变化,不同精油处理的保鲜效果也会随之改变。为了厘清处理与贮藏天数的相互关系,更为全面地确定精油的保鲜作用,我们进行了基于时间序列的双因素方差分析,其差异显著性如表1所示。可以看出,番木瓜各项贮藏品质及生理指标均随时间呈显著差异( $P<0.05$ ),除 $V_c$ 外,不同处理间的各项指标也存在显著差异( $P<0.05$ ),这表明精油熏蒸的保鲜效果明显。除失重率、 $V_c$ 和相对电导

率外,其他指标的处理与时间相互影响均存在显著差异( $P<0.05$ ),这进一步表明在贮藏过程中随着时间的延长,精油处理的保鲜效果仍然存在并发挥作用。对于失重率、 $V_c$ 和相对电导率,虽然逐日数据中不同处理之间存在显著差异,但随着贮藏天数延长同一处理的数值呈较大幅度波动,因此处理与时间不存在显著的交互影响,这也说明精油熏蒸在这3项指标的保鲜效果上具有一定的不稳定性。综上所述,黄皮精油熏蒸对番木瓜采后具有显著的保鲜效果。

表1 不同处理和贮藏时间之间P值的显著性分析

Table 1 P-values of multifactor ANOVA analysis for treatments and storage days

项目	腐烂指数	失重率	硬度	可溶性固形物	V <sub>c</sub>	相对电导率	MDA	SOD	POD
处理	*	*	*	*	0.052	*	*	*	*
贮藏时间	*	*	*	*	*	*	*	*	*
处理×时间	*	0.667	*	*	0.904	0.174	*	*	*

\*表示显著(P&lt;0.05)。

### 3 讨论

近年来番木瓜真菌病害逐年加重,在采后贮藏期间腐烂现象尤为严重,已成为不可忽视的问题<sup>[30]</sup>。在番木瓜果实上已发现15种以上的真菌,大部分真菌对果实采后腐烂或完熟有较大影响,其中炭疽病和茎腐病是引起番木瓜采后腐烂的主要病害,果茎部周围生长的真菌可侵染果蒂,使贮藏后期的果实果蒂部组织变黑、萎缩、干枯<sup>[31]</sup>。因此,在番木瓜贮藏过程中,防止果实腐烂是贮藏保鲜的首要任务<sup>[32]</sup>。目前国内外有不少关于植物精油在果蔬病原真菌方面的抑菌研究,大多数研究表明,植物精油对西瓜炭疽病、香蕉炭疽病、芒果炭疽病等有较强的抑制效果<sup>[33-34]</sup>。其抑菌原理可能是因为植物精油通过直接破坏微生物细胞膜或影响能量代谢途径达到抑菌效果<sup>[35]</sup>。本研究也得到类似结果,黄皮精油熏蒸处理番木瓜能显著抑制果实腐烂指数上升,延缓果实腐烂。

番木瓜在采后贮藏过程中较易存在果实水分散失、软化、萎蔫等问题,造成果实商品价值降低。有研究表明,精油处理能保持较高的TSS、TA和V<sub>c</sub>含量,显著抑制果实硬度、还原糖和总糖的下降,从而保持较高品质<sup>[18-20]</sup>。本研究结果表明,黄皮熏蒸处理番木瓜能保持较高的TSS、硬度和V<sub>c</sub>含量,减少失重率。这可能与抑制果实的呼吸作用有关<sup>[36]</sup>。植物精油还可能诱导果实POD、SOD等抗病相关酶活性的增强,进而提高果实的抗病能力<sup>[37]</sup>。植物体内活性氧代谢由一系列如SOD、CAT、APX等酶构成,活性氧积累对病原菌有毒害作用,能使果蔬防御反应提高<sup>[38]</sup>。杨红<sup>[19]</sup>明确了丁香精油能诱导冬枣采后POD、PPO活性快速升高;李鹏霞<sup>[20]</sup>指出丁香叶油、肉桂油和肉桂醛均能显著地抑制采后苹果MDA含量的升高,能显著提高POD、SOD、CAT等酶的活性;徐娜婷<sup>[39]</sup>发现枫香叶精油能显著抑制枇杷MDA含量的积累,提高PAL

和POD酶活性。本研究结果表明,黄皮熏蒸处理番木瓜能提高SOD酶的活性,延缓POD酶活性峰值的出现,抑制相对电导率和MDA含量的积累,从而保持果实较好的贮藏品质,其中以10 μL/L精油熏蒸处理效果最好。

前人关于植物精油抑菌机制的研究主要集中在精油中的酚类物质,认为该物质能使细菌、真菌的细胞壁或细胞膜受损,使细胞内容物外泄,最终导致细菌和真菌的死亡;也有研究表明,精油具有较强的抑菌活性与其主要成分中的萜类物质相关。有人认为植物精油中的单萜类和倍半萜类化合物具有抗菌等多种生物活性<sup>[40-42]</sup>。而黄皮精油中含有石竹烯、β-红没药烯、α-石竹烯及橙花叔醇等倍半萜及其氧化物质<sup>[43-44]</sup>,这些物质具有较强的抑菌活性,这也是黄皮精油用于天然无毒保鲜剂研发的药理学基础。

植物精油成分复杂,对不同水果的保鲜效果和适宜浓度可能存在较大差异。浓度过低,对果实的保鲜效果不显著,浓度过高则可能产生严重的药害现象。本试验中,黄皮精油浓度低于10 μL/L时,保鲜效果不明显,但当精油浓度为15 μL/L和20 μL/L时,果实的腐烂指数随精油浓度的加大而增加,腐烂面积随着贮藏时间的延长而增大,番木瓜质地变软,果实品质下降。吴新等<sup>[36]</sup>、李鹏霞<sup>[20]</sup>、苟亚峰等<sup>[17]</sup>在研究植物精油对草莓、番茄和砀山酥梨的保鲜效果时也出现类似的药害现象。目前,高处理水平的植物精油对果实产生药害的机理尚未见详细报道,可能与植物精油损伤果实细胞膜,导致细胞内含物外泄和促进果实生理衰老有关<sup>[17,36]</sup>。因此,植物精油用于果蔬保鲜时,应采用适宜的处理浓度。

#### 参考文献:

- [1] 刘学文,王圣俊.海南番木瓜产业发展的优势及政策建议——兼谈世界番木瓜产业[J].农业现代化研究,2013,34(4):451-455.

- [2] 刘思,沈文涛,黎小琪,等.番木瓜的营养保健价值与产品开发[J].广东农业科学,2007,34(2):68-70.
- [3] 周翠英,汤瑾,周建俭,等.气调包装保鲜翠冠梨的试验[J].江苏农业科学,2015,43(8):281-283.
- [4] 邹苑,张琳,饶申,等.热处理及预冷对番木瓜物流过程品质的影响[J].中国南方果树,2014,43(6):64-67.
- [5] 李艳.番木瓜气调保鲜技术研究[D].无锡:江南大学,2007.
- [6] 千春录,侯顺超,刘笑,等.1-MCP对芡实梗低温贮藏品质的影响[J].江苏农业学报,2015,31(6):1419-1423.
- [7] 王宇鸿,梁青,冉娜.番木瓜的壳聚糖涂膜保鲜技术研究[J].食品科技,2009,34(4):71-74.
- [8] 郭芹,吴斌,王吉德,等.NO处理对番木瓜采后贮藏性的影响[J].食品科学,2011,32(4):227-231.
- [9] 苏布道,金冻栋.荸荠皮壳聚糖复合提取液对香蕉的保鲜作用[J].江苏农业科学,2015,43(7):291-293.
- [10] 孙燕霞,曲恒华,宋来庆,等.连袋采收富士苹果果实贮藏性研究[J].山东农业科学,2016,48(11):137-139.
- [11] CHNOHENCHOB V, SINGHS P. Packaging performance comparison for distribution and export of papaya fruit [J]. *Packaging Technology Science*, 2005, 18(3):125-131.
- [12] DOTTO G L, VIERA M L G, PINTO L A A. Use of chitosan solutions for the microbiological shelf life extension of papaya fruits during storage at room temperature [J]. *Lebensmittel Wissenschaft und Technology*, 2015, 64(1):126-130.
- [13] 宁蕾.5种植物精油的生物活性及其应用研究[D].桂林:广西师范大学,2011.
- [14] 胡林峰,许明录,朱红霞.植物精油抑菌活性研究进展[J].天然产物研究与开发,2011,23(2):384-391.
- [15] 宋姝婧,王晓拓,王志东,等.5种植物精油对樱桃番茄常温保鲜效果的影响[J].核农学报,2015,29(5):932-939.
- [16] 黄晓伟,熊国玺,李星,等.四川红景天精油化学成分GC-MS分析及抑菌活性研究[J].南方农业学报,2015,46(10):1867-1871.
- [17] 苟亚峰,冯俊涛,张兴,等.肉桂精油及其复配物对砀山酥梨保鲜效果[J].农业工程学报,2008,24(8):298-301.
- [18] 程赛,邵兴锋,郭安南,等.茶树油熏蒸对草莓采后病害和品质的影响[J].农业工程学报,2011,27(4):383-388.
- [19] 杨红.丁香精油对冬枣防病保鲜效应与机理研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2006.
- [20] 李鹏霞.两种植物精油对采后水果的保鲜作用研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2006.
- [21] 程守前,赖伟勇,翁少端,等.番木瓜天然保鲜剂的制备工艺[J].食品科技,2015,40(12):251-255.
- [22] MEHDI M, ASGAR A, PETER G, 等.阿拉伯胶和香精油对香蕉及番木瓜贮藏过程中炭疽病及品质的控制效果[J].保鲜与加工,2011,22(5):110-118.
- [23] CHUTIA M, BHUYAN D P, PATHAK M G, et al. Antifungal activity and chemical composition of Citrus reticulata Blanco essential oil against phytopathogens from North East India [J]. *LWT - Food Science and Technology*, 2009, 42(3):777-780.
- [24] 张有林,张润光,王鑫腾.甘薯采后生理、主要病害及贮藏技术研究[J].中国农业科学,2013,47(3):553-563.
- [25] 李合生,孙群,赵世杰,等.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,1999.
- [26] 路文静,李奕松.植物生理学实验教程[M].西安:中国林业出版社,2012.
- [27] 李雯,谢江辉,邵远志,等.几种处理方法对番木瓜果实贮藏的保鲜效果[J].果树学报,2009,26(3):399-402.
- [28] 杨勇.天然保鲜剂保鲜肉类的应用研究及现状[J].四川大学学报,1999,17(1):90-94.
- [29] 康明丽,谷进军,郭小磊.大蒜精油-羧甲基纤维素钠复合涂膜提高草莓贮藏效果[J].农业工程学报,2016,32(14):300-305.
- [30] 张传飞,戚佩坤.广东番木瓜果实真菌病害的鉴定及防治[J].广东农业科学,1994(6):35-38.
- [31] 陈维信.番木瓜贮藏保鲜技术[J].农产品加工,2007,33(3):30-31.
- [32] 杜宜新.广东省番木瓜病原真菌鉴定及生物学特性研究[D].泰安:山东农业大学,2006.
- [33] 孙思萧.芳香植物精油及其主要成分对西瓜炭疽病菌的抑制活性研究[D].上海:上海交通大学,2008.
- [34] 李亚茹,周林燕,李淑荣,等.植物精油对果蔬中微生物的抑菌效果及作用机理研究进展[J].食品科学,2014,35(11):325-329.
- [35] 关文强,李淑芬.天然植物提取物在果蔬保鲜中应用研究进展[J].农业工程学报,2006,22(7):200-204.
- [36] 吴新,金鹏,孔繁渊,等.植物精油对草莓果实腐烂和品质的影响[J].食品科学,2011,32(14):323-327.
- [37] 王兰英,徐晓,骆焱平.5种精油对植物病原菌的抑制活性研究[J].河南农业科学,2010,22(10):71-73.
- [38] 余丹丹,邵兴锋,许风,等.茶树精油在果实采后保鲜中的作用及其机制研究进展[J].果树学报,2014,31(2):313-319.
- [39] 徐娜婷.枫香叶挥发油化学成分、抑菌活性及其对枇杷的保鲜作用[D].重庆:西南大学,2013.
- [40] 张瑞明,万树青,赵冬香.黄皮的化学成分及生物活性研究进展[J].天然产物研究与开发,2012,24(1):118-123.
- [41] MEDEIROS J R, CAMPOS L B, MENDONÇA S C, et al. Composition and antimicrobial activity of the essential oils from invasive species of the Azores, *Hedychium gardnerianum* and *Pittosporum undulatum* [J]. *Phytochemistry*, 2003, 64(2):561-565.
- [42] 林启寿.中草药成分化学[M].北京:科学出版社,1977.
- [43] 黄桂红,董晓敏,陈薇,等.广西黄皮叶挥发油化学成分-分析研究[J].中国药师,2012,15(5):601-603.
- [44] 王勇,陈硕,李泽友,等.气相色谱-质谱联用对海南产黄皮叶挥发油成分分析[J].海南医学院学报,2012,18(12):1701-1707.

(责任编辑:陈海霞)