

# 山苍子精油结合 1-MCP 处理对杨桃的保鲜效果

林媛, 林莹, 蔡婷

(福建农林大学金山学院, 福建福州 350002)

**摘要:** 以‘香蜜’杨桃为试材, 使用山苍子精油 (熏蒸浓度为 400  $\mu\text{L/L}$ )、1-甲基环丙烯 (1-MCP, 熏蒸浓度为 0.6  $\mu\text{L/L}$ ) 及两者结合分别处理杨桃果实, 通过测定呼吸强度、细胞膜相对渗透率、贮藏品质相关指标, 并辅以感官评价比较不同处理对杨桃的保鲜效果。与对照相比, 三种处理均能推迟呼吸峰值的出现, 并将峰值分别降低 21.60%、33.52% 和 43.92%, 降低了细胞膜相对渗透率、失重率和腐烂指数, 保持了较高硬度、可溶性固形物、可滴定酸和维生素 C 含量; 其中, 结合处理的效果最好, 可将杨桃保鲜期延长约 8 d。在贮藏 20 d 时, 结合处理的感官分值为 74.27 分, 单一处理的感官分值均低于临界值 70.00 分。由此表明, 精油的抑菌作用和 1-MCP 的抑制乙烯作用可以产生协同效应, 更有效地提高杨桃的保鲜效果, 这为易腐果实的保鲜提供了可行思路。

**关键词:** 杨桃; 山苍子精油; 1-MCP; 结合处理; 保鲜效果

文章编号: 1673-9078(2020)07-150-156

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2020.7.0340

## Preservation Effects of *Litsea cubeba* Essential Oil Combined with 1-MCP Treatment on *Averrhoa carambola* Fruits

LIN Yuan, LIN Ying, CAI Ting

(Jinshan College of Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China)

**Abstract:** ‘Xiangmi’ *Averrhoa carambola* (*Averrhoa carambola* Linn. cv. Xiangmi) fruit was used as experimental material, and treated with *Litsea cubeba* oil (fumigation concentration 400  $\mu\text{L/L}$ ), 1-methylcyclopropene (1-MCP, fumigation concentration 0.6  $\mu\text{L/L}$ ) and Their mixture, respectively. In order to distinguish the preservation effect on *Averrhoa carambola* with different treatments, respiratory intensity, relative permeability of cell membrane and storage quality were detected. The sensory evaluation was also carried out. The results showed that emergence of respiratory peak was delayed by three treatments compared with the control, with peak reduction of 21.60%, 33.52% and 43.92%, respectively. After treatment, the cell membrane relative permeability, weight loss rate and decay index were reduced, and the hardness, soluble solids, titratable acid and the content of vitamin C were maintained in higher level. Among them, *Litsea cubeba* essential oil combined with 1-MCP treatment had the best effect, which could prolong the shelf life for about 8 days. At the 20th day of storage, their sensory score was 74.27 points, while the other two separated treatments lower than critical value 70.00 points. These results showed that, synergistic effect generated by antibacterial effect of essential oil and ethylene inhibition effect of 1-MCP could improve preservation efficiency of carambola. Results of this work might provide a feasible way for the preservation of perishable fruits.

**Key words:** *carambola* (*Averrhoa carambola* Linn.); *Litsea cubeba* essential oil; 1-methylcyclopropane; compound treatment; preservation effect

引文格式:

林媛, 林莹, 蔡婷. 山苍子精油结合 1-MCP 处理对杨桃的保鲜效果[J]. 现代食品科技, 2020, 36(7): 150-156

LIN Yuan, LIN Ying, CAI Ting. Preservation effects of *Litsea cubeba* essential oil combined with 1-MCP treatment on *Averrhoa carambola* fruits [J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(7): 150-156

杨桃(*Averrhoa carambola* Linn.)是南方名果, 其果皮薄, 果肉脆、气味芳香、营养丰富、深受喜爱, 但因其果属于肉质浆果, 贮藏运输较难, 难以远销。为

收稿日期: 2020-04-12

基金项目: 福建省中青年骨干教师教育科研项目 (JAT170883); 饮食文化传承研究中心开放基金资助项目 (G2019013)

作者简介: 林媛 (1983-), 女, 副教授, 研究方向: 果蔬保鲜与加工

延长杨桃的保鲜期, Hazarika 等<sup>[1]</sup>对比了不同浓度赤霉素、萘乙酸、6-苄氨基嘌呤和水杨酸等植物生长调节剂的作用, 发现浓度为 100 ppm 的萘乙酸 (NAA) 对于维持杨桃贮藏期间的品质效果最佳; Ahmad 等<sup>[2]</sup>研究发现在冷藏条件下, 丁二胺 (PUT) 和亚精胺 (SPD) 可以维持杨桃果实采后的品质, 延长保质期; 白藜叶乙醇提取物<sup>[3]</sup>、外源柠檬酸<sup>[4]</sup>也被发现对于保持

杨桃的风味和延长保鲜期有较好的作用。然而,以上保鲜方法存在化学试剂残留的问题,杨桃果皮与果肉联系紧密,常常一起食用,故保鲜技术必须兼顾食用安全性<sup>[5]</sup>。

1-甲基环丙烯(1-MCP)是一种高效、无毒且环保的乙烯受体抑制剂<sup>[6,7]</sup>。研究表明,1-MCP对于抑制杨桃果实的呼吸作用、减少软化衰老和提高抗病性等方面都有较好的抑制作用<sup>[8-10]</sup>,但单一的1-MCP处理效果有一定的局限性。近年来,国内外学者从物理、化学两个角度,开发能与1-MCP结合的结合保鲜技术,其中物理结合保鲜法设备复杂,成本较高;而化学结合保鲜法,如用乙醇<sup>[11]</sup>、水杨酸甲酯<sup>[12]</sup>和甲酸乙酯<sup>[13]</sup>等结合1-MCP处理虽具有操作简便和增强保鲜效果的特点,但这些化学试剂存在一定的安全问题,无法大规模应用。精油处理应用于果蔬保鲜是这几年研究的热点<sup>[14,15]</sup>,山苍子精油从我国特有的香料植物山苍子(*Litsea cuba*(Lour) Pers)中提取而得<sup>[16]</sup>,是目前已知抗菌谱最广、效果最强的天然植物抑菌剂<sup>[17-19]</sup>,已被GB2760允许使用,其本身安全无毒且有淡淡的柠檬清香<sup>[20]</sup>,所以在食品防腐保鲜,特别是果蔬产品的保鲜方面具有极大的应用前景。目前,国内外少有精油结合1-MCP处理在果实保鲜中应用的报道,本文以‘香蜜’杨桃果实为材料,研究了山苍子精油结合1-MCP处理对果实呼吸强度、细胞膜相对渗透率、硬度、可溶性固形物、可滴定酸、维生素C、失重率、腐烂指数和综合感官品质的影响,为精油和1-MCP的结合保鲜法奠定应用基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与处理

食品级山苍子精油购自深圳鼎诚植物香料有限公司,通过水蒸气蒸馏法得到;1-MCP购自台湾利统股份有限公司,是采用包埋技术制得布型制剂,每片大小为20 cm×25 cm,喷湿后放置于60 L密闭空间中释放1-MCP气体浓度为0.9 μL/L;杨桃果实采自福建漳浦县杨桃园,品种为‘香蜜’(*Averrhoa carambola* Linn. cv. Xiangmi)。

挑选无损伤、无病虫害且大小一致的杨桃果实720个作为试验材料,用无菌水清洗晾干后,随机分成12组,每组60个果实:(1)对照处理:果实放置于泡沫箱中,密闭处理12 h;(2)山苍子精油处理:果实放置于泡沫箱中,将滴过精油的滤纸片贴于泡沫箱盖内侧,迅速盖上箱盖,密闭处理12 h,前期预试验表明,精油熏蒸浓度为400 μL/L为宜,若大于此浓

度,杨桃会发生褐变等药害现象;(3)1-MCP处理:前期预试验表明,1-MCP浓度为0.6 μL/L(2/3片)效果最佳,用无菌水喷湿2/3片1-MCP平铺于果实上,迅速盖上箱盖,密闭处理12 h;(4)结合处理:果实放置于泡沫箱中,将滴过精油的滤纸片贴于泡沫箱盖内侧(浓度为400 μL/L),用无菌水喷湿2/3片1-MCP(浓度为0.6 μL/L)平铺于果实上,迅速盖上箱盖,密闭处理12 h。以上四组处理均重复3次(共12个泡沫箱,每个容积为60 L),密闭12 h后打开泡沫箱,将果实用聚乙烯薄膜袋包装(厚度:0.015 mm),每袋装6个果,贴好标签后将果实贮藏于温度15℃、相对湿度90%的环境中,贮藏期间每2 d测定一次果实呼吸强度,其余指标每4 d测定一次。

### 1.2 试验指标测定方法

#### 1.2.1 呼吸强度

按照陈艺晖等<sup>[8]</sup>的方法,用GXH-3051H型呼吸测定仪测定呼吸强度,结果以CO<sub>2</sub>计,单位为mg/(kg·h)。

#### 1.2.2 细胞膜相对渗透率

按照张华等<sup>[10]</sup>的方法,用DDS-11A型电导仪测定,按公式(1)计算细胞膜相对渗透率,其中, $P_1$ 和 $P_2$ 分别代表煮沸前后的电导率, $P_0$ 代表蒸馏水的电导率。

$$\text{细胞膜相对渗透率(\%)} = \frac{P_1 - P_0}{P_2 - P_0} \times 100\% \quad (1)$$

#### 1.2.3 果实硬度

参考张华等<sup>[10]</sup>的方法,随机取3个杨桃,在中段截取2 cm切片,用EZ Test EZ-S型质构仪测定硬度,每个数据取3个部位的平均值,单位为N/cm<sup>2</sup>。

#### 1.2.4 可溶性固形物和可滴定酸含量

按照陈艺晖等<sup>[8]</sup>的方法,分别用WYT-1型手持折光仪和NaOH滴定法测定,单位均为%。

#### 1.2.5 维生素C含量

按照Mustafa等<sup>[21]</sup>的方法,采用2,6-二氯酚酚滴定法测定,单位为mg/100 g。

#### 1.2.6 失重率

$$\text{失重率(\%)} = \frac{M_0 - M_i}{M_0} \times 100\% \quad (2)$$

用称重法,按公式(2)计算果实失重率。

其中: $M_0$ 表示杨桃的初始质量,g; $M_i$ 表示第*i*天测量的杨桃质量,g;结果以%计。

#### 1.2.7 果实腐烂指数

$$\text{腐烂指数(\%)} = \frac{\sum(\text{腐烂级别} \times \text{该级果实数})}{\text{最高腐烂级别} \times \text{总果实数}} \times 100\% \quad (3)$$

按照张莉会等<sup>[22]</sup>的方法将杨桃果实分级,用公式(3)计算腐烂指数,结果以%计。

### 1.2.8 综合感官评价方法

根据模糊数学综合评价法<sup>[23]</sup>对杨桃进行感官评价,具体评价标准见表1,等级优、良、中、差分别

对应分值为90、80、70、60,质地、色泽、气味三个质量指标的权重数分别为0.4、0.3、0.3,根据各个评价人员的评定结果,通过秩加权平均原则计算各样品的感官综合分值,若分值低于70.00分,则为不接受,失去商品流通价值。

表1 杨桃感官评定分级标准

级别	质地	色泽	气味
优	果实饱满,坚硬	黄绿色	果香浓郁
良	果实饱满,较硬	大部分变黄,1/4绿色	果香稍淡,有异味
中	部分失水,变软	全黄,核绿色	酸腐味
差	全部软烂	褐变、暗黄	霉变味

### 1.3 数据处理与统计分析

以上各指标均重复测定3次,数据采用SPSS 21.0分析软件进行单因素方差分析(ANOVA)法分析差异显著性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 山苍子精油、1-MCP 及结合处理对杨桃果实呼吸强度的影响

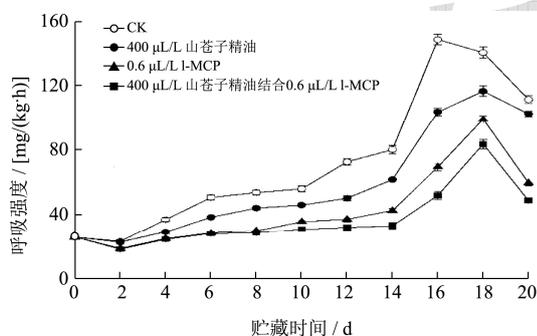


图1 不同保鲜处理对杨桃果实呼吸强度的影响

Fig.1 Effects of different preservation treatments on respiration intensity of *Averthoa carambola* fruit

降低呼吸强度可以延缓采后果实的衰老<sup>[24]</sup>。如图1所示,杨桃果实呼吸强度呈先上升后下降的变化趋势,说明其具备呼吸跃变型果实的特点,这与前人的研究结果一致<sup>[2,3,8]</sup>;其中,对照组的呼吸峰出现在第16d,其峰值为148.75 mg/(kg·h);处理组的呼吸峰均出现在第18d,比对照组推迟了2d,其峰值分别为116.62 mg/(kg·h)、98.89 mg/(kg·h)和83.42 mg/(kg·h),极显著低于对照组( $p < 0.01$ )。这说明三种处理均明显抑制了采后杨桃的呼吸作用,且推迟了呼吸高峰的出现,其中结合处理的抑制效果最为明显( $p < 0.05$ )。

### 2.2 山苍子精油、1-MCP 及结合处理对杨桃果实细胞膜相对渗透率的影响

实细胞膜相对渗透率的影响

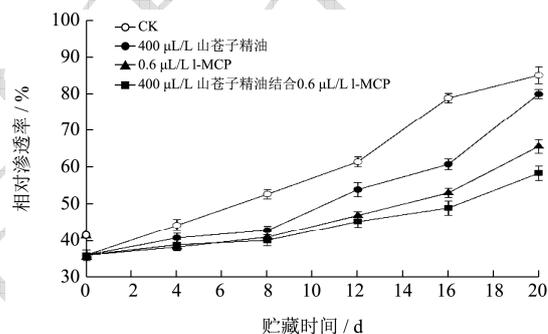


图2 不同保鲜处理对杨桃果实细胞膜相对渗透率的影响

Fig.2 Effects of different preservation treatments on relative permeability of cell membrane of *Averthoa carambola* fruit

果实采后衰老进程与膜系统受损有关<sup>[25]</sup>。如图2所示,贮藏期间杨桃的细胞膜相对渗透率呈逐步上升的趋势,其中对照组的上升趋势最为明显。贮藏8d后,处理组的细胞膜相对渗透率均显著低于对照组( $p < 0.05$ ),表明三种处理方法均有利于保持细胞膜完整性,延缓杨桃果实的成熟衰老进程。由于精油具有一定的刺激作用,贮藏16d后,山苍子精油处理组的细胞膜相对渗透率急剧上升,这可能是精油对细胞膜造成了一定的损伤。

### 2.3 山苍子精油、1-MCP 及结合处理对杨桃果实贮藏品质的影响

#### 2.3.1 果实硬度

如图3a所示,整个贮藏期,杨桃果实的硬度逐渐降低。特别是在8~20d内,对照组的果实硬度迅速下降,进而软化变质;到贮藏第20d时,对照组、精油

组、1-MCP 组和结合组的硬度较采收当天分别下降了 68.77%、54.40%、48.14%和 46.62%。这说明三种处理方法均延缓了果实的软化进程, 相比之下, 1-MCP 处理和结合处理保持硬度的效果最好 ( $p<0.01$ ), 精油处理的效果次之 ( $p<0.05$ )。进一步表明, 对于延缓果实软化, 1-MCP 处理起到主导作用。

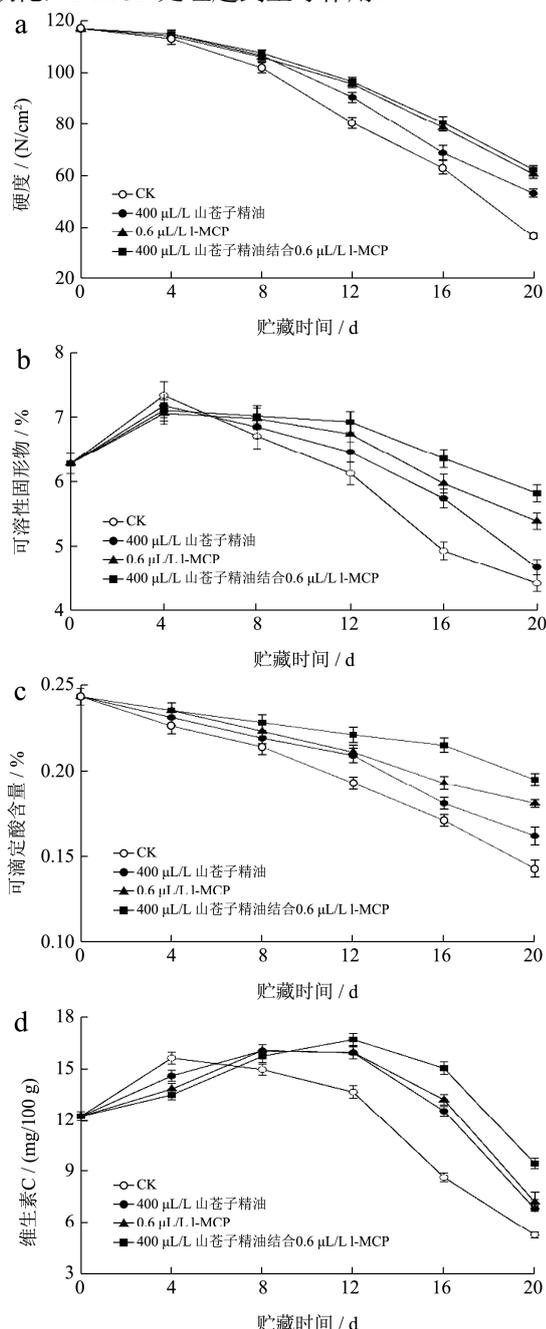


图3 不同保鲜处理对杨桃果实硬度、可溶性固形物、可滴定酸、维生素C含量的影响

Fig.3 Effects of different preservation treatments on firmness (a), soluble solids content (b), titratable acid content (c) and Vc content (d) of *Averthoa carambola* fruit

### 2.3.2 可溶性固形物含量

可溶性固形物含量 (SSC) 的高低决定了杨桃果

实的风味和品质<sup>[26]</sup>。如图 3b 所示, SSC 在 0~4 d 内呈上升趋势, 这可能与贮藏前期多糖降解转化为可溶性糖有关<sup>[26]</sup>。贮藏 4 d 后, SSC 逐渐下降, 其中, 对照组的下降速度最快, 其次是精油组和 1-MCP 组, 结合组的下降速度最缓慢。到第 20 d 时, 对照组、精油组、1-MCP 组和结合组的 SSC 含量分别为 4.42%、4.67%、5.39%和 5.82%, 这说明结合处理能有效延缓杨桃果实 SSC 含量的下降, 保持其贮藏品质。

### 2.3.3 可滴定酸含量

采收杨桃果实中的一部分可滴定酸 (TA) 被呼吸作用消耗, 一部分转化为糖分, 因此杨桃的 TA 含量呈下降趋势<sup>[26]</sup>。如图 3c 所示, 在整个贮藏过程中, 对照组的 TA 下降最为明显 ( $p<0.05$ )。到贮藏第 20 d 时, 结合组的 TA 损失率仅为 19.75%, 而对照组、精油组和 1-MCP 组的损失率分别为 41.15%、33.33%和 25.51%。这说明精油与 1-MCP 结合处理产生了良好的协同效果, 有效延缓了杨桃果实 TA 的下降, 更好地保持了杨桃的风味品质。

### 2.3.4 维生素C含量

维生素 C 与果蔬细胞衰老有关, 是重要的抗氧化物质<sup>[27]</sup>。如图 3d 所示, 贮藏过程中杨桃果实的维生素 C 含量先上升后下降, 对照组、精油组、1-MCP 组和结合组的峰值及其出现时间分别为: 15.62 mg/100 g (4 d)、16.03 mg/100 g (8 d)、16.05 mg/100 g (8 d) 和 16.69 mg/100 g (12 d)。与对照组相比, 不同处理组均推迟了维生素 C 峰值的出现, 同时也延缓了维生素 C 的降解。其中, 结合组的效果最为明显, 在贮藏第 12 d 时达到峰值, 相比对照组延迟了 8 d, 相比单一处理组延迟了 4 d, 且出现的峰值显著高于其他处理组 ( $p<0.05$ )。以上结果表明, 结合处理可以有效延缓贮藏期间杨桃维生素 C 的降解, 使之保持在较高水平, 有效延缓了杨桃细胞的衰老。

## 2.4 山苍子精油、1-MCP 及结合处理对杨桃果实保鲜效果的影响

### 2.4.1 失重率

如图 4a 所示, 贮藏过程中杨桃果实的失重率逐渐增加, 其中对照组的失重率极显著高于处理组 ( $p<0.01$ )。由于对照组与处理组均采用相同的包装材料, 蒸腾失水情况基本一致, 所以失重率的差别主要由呼吸消耗引起。在贮藏第 20 d 时, 对照组、精油处理组、1-MCP 处理组和结合处理组的失重率分别为 4.42%、3.23%、3.01%和 2.37%, 这说明三种处理方法均有效延缓了杨桃果实的呼吸消耗, 降低了失重率,

其中结合处理的效果最为显著 ( $p < 0.05$ )。

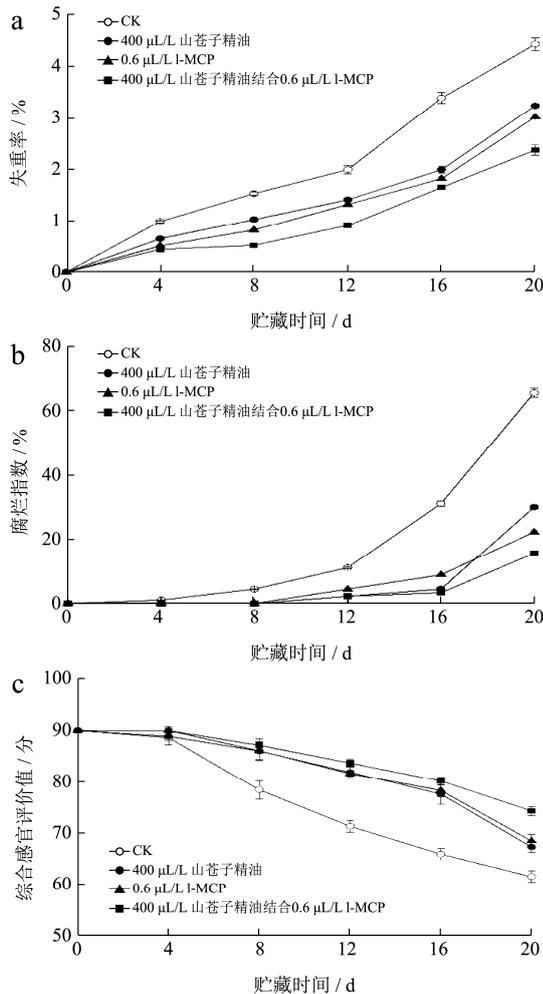


图4 不同保鲜处理对杨桃果实失重率、腐烂指数和综合感官评价的影响

Fig.4 Effects of different preservation treatments on weight loss rate (a), decay index (b) and comprehensive sensory evaluation (c) of *Averrhoa carambola* fruit

### 2.4.2 果实腐烂指数

如图4b所示, 整个贮藏过程中, 处理组的腐烂指数均显著低于对照组 ( $p < 0.05$ )。在贮藏0~8 d内, 各处理组的腐烂指数均为0, 而对照组的腐烂指数逐渐增加, 在第8 d时达到4.4%; 在贮藏8~16 d内, 精油组的效果略优于1-MCP组, 这说明山苍子精油具有良好的抑菌效果<sup>[14-16]</sup>, 有效降低了果实腐烂; 在贮藏第20 d时, 对照组、精油组、1-MCP组和结合组的腐烂指数分别为: 65.56%、30.00%、22.22%和15.56%。此时, 精油组的腐烂指数显著高于1-MCP组 ( $p < 0.05$ ), 可能是由于精油抑菌的同时, 对果蔬组织有一定的损伤作用, 导致后期腐烂指数的升高, 相关机理有待进一步研究。结合组的效果最优, 在整个贮藏过程中均未出现高腐烂级别(2级、3级)的果实, 这说明精油与1-MCP结合处理能有效抑制杨桃果实

的腐烂, 使果实保持良好的商品品质。

### 2.4.3 综合感官评价

综合感官评价反映杨桃的整体感官品质, 包括质地、色泽和气味, 低于70.00分(临界值)则表示失去商品价值。如图4c所示, 各处理组在整个贮藏过程中的分值均极显著优于对照组 ( $p < 0.01$ ), 在贮藏第12 d和16 d时, 对照组的分值分别为71.27分和65.80分, 这说明对照组在贮藏12~16 d内失去商品价值。在贮藏第20 d时, 两个单一处理组的综合感官分值分别为67.20分和68.40分, 均低于临界值; 而此时结合组的分值为74.27分, 仍高于临界值。这些结果表明, 精油结合1-MCP处理具有良好的协同作用, 能很好地保持杨桃感官品质, 将货架期由12 d延长至20 d。

### 2.5 讨论

抑制微生物和呼吸作用是杨桃等易腐果实采后保鲜的关键。山苍子精油是目前已知抗菌谱最广、效果最强的天然植物抑菌剂<sup>[17,18]</sup>, Wang等<sup>[28]</sup>研究发现, 山苍子精油可以抑制灰霉病菌, 减少果蔬的腐烂; Liu等<sup>[19]</sup>利用山苍子精油抑制了豆腐、低脂牛奶、橙汁、牡蛎和酱油中的微生物活性, 且在足够的抑菌浓度下, 精油对食品的感官品质未产生不良影响, 反而因掩盖了食品的腥味, 提高了感官分值; 在本研究中, 精油组杨桃果实的腐烂指数在贮藏8~16 d内低于其他组, 且感官分值始终显著高于对照组, 这说明山苍子精油可以有效抑制杨桃的腐烂, 并保持其感官品质。杨桃具有呼吸跃变型果实的特点, 随着呼吸速率的提高, 品质劣变加快<sup>[2,3,8]</sup>。研究发现丁二胺<sup>[2]</sup>、亚精胺<sup>[2]</sup>和白藜叶乙醇提取物<sup>[3]</sup>等均能降低杨桃的呼吸速率, 但不能推迟呼吸峰值的出现时间; 陈艺晖等<sup>[8]</sup>发现1-MCP处理能够有效抑制和延缓杨桃的呼吸作用, 相比于对照, 呼吸峰值下降了31.03%, 出现时间推迟了2 d; 这与本研究中1-MCP处理(峰值下降33.52%, 推迟2 d)的结果相近, 而结合处理的呼吸峰值下降了43.92%, 明显优于单一的1-MCP处理, 这说明精油可以显著提高1-MCP的保鲜效果。

### 3 结论

本研究结果表明, 使用400 μL/L山苍子精油、0.6 μL/L 1-MCP及两者结合方法, 分别密闭熏蒸杨桃12 h, 能有效维持贮藏期果实的各项贮藏品质, 并延长保鲜期。其中, 结合处理在抑制果实呼吸强度、减少果实的失重和腐烂、维持细胞膜相对渗透率、硬度、SSC、TA、Vc等方面的效果均优于单一处理; 从综合感官评价分值(包括质地、色泽和气味)可以看出, 结合处

理在贮藏第20 d时的分值仍高于临界值,将杨桃保鲜期延长约8 d,而单一处理方法仅能将保鲜期延长约4 d;这说明精油和1-MCP的结合处理能够产生协同效果,更好地保持杨桃果实在贮藏期间的品质,明显延长保鲜期。这为杨桃等易腐果实的保鲜提供了一个安全有效的思路,对于结合处理在其它果实中的保鲜效果有待进一步研究。

## 参考文献

- [1] Hazarika T K, Tariang K. Plant bioregulators for enhancing quality and storability of carambola (*Averrhoa carambola*) fruits [J]. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 2019, 89(8): 1323-1327
- [2] Ahmad Azhane, Ali Asgar. Improvement of postharvest quality, regulation of antioxidants capacity and softening enzymes activity of cold-stored carambola in response to polyamines application [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2019, 148: 208-217
- [3] 陈婉晨,陈素娟,陈怡文,等.白筋叶乙醇提取物对杨桃贮藏生理和品质的影响[J].*湖北农业科学*,2016,7:1791-1794  
CHEN Wan-chen, CHEN Su-juan, CHEN Yi-wen, et al. Effect of ethanol extract of *Acanthopanax trifoliatum* (L.) Merr. leaves on the quality and physiological of *Averrhoa carambola* L. fruit [J]. *Hubei Agricultural Sciences*, 2016, 7: 1791-1794
- [4] 刘锴栋,袁长春,敬国兴.外源柠檬酸处理对杨桃采后后熟及衰老的影响[J].*食品与发酵工业*,2013,6:220-224  
LIU Kai-dong, YUAN Chang-chun, JING Guo-xing. Effects of exogenous citric acid treatments on postharvest ripening and senescence of carambola fruits [J]. *Food and Fermentation Industries*, 2013, 6: 220-224
- [5] 郑洪,张伟强,陈洁,等.杨桃营养与保鲜加工现状与进展[J].*东南园艺*,2017,5(4):42-45  
ZHENG Hong, ZHANG Wei-qiang, CHEN Jie, et al. Current status and research progress on nutrition, fresh keeping and processing in carambola [J]. *Southeast Horticulture*, 2017, 5(4): 42-45
- [6] 孙志栋,田雪冰,倪穗,等.1-MCP 对采后果实贮藏品质影响的研究进展[J].*现代食品科技*,2017,33(7):336-341  
SUN Zhi-dong, TIAN Xue-bing, NI Sui, et al. Research on the effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on the storage quality of postharvest fruits [J]. *Modern Food Science and Technology*, 2017, 33(7): 336-341
- [7] HU Zhi-jun, TANG Chun-xia, HE Zhi-bin, et al. 1-methylcyclopropene (MCP)-containing cellulose paper packaging for fresh fruit and vegetable preservation: a review [J]. *Bioresources*, 2017, 12(1): 2234-2248
- [8] 陈艺晖,张华,林河通,等.1-MCP 处理对杨桃果实采后生理和贮藏品质的影响[J].*现代食品科技*,2014,30(1):16-21  
CHEN Yi-hui, ZHANG Hua, LIN He-tong, et al. Effects of 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatment on postharvest physiology and storage quality of carambola fruits [J]. *Modern Food Science and Technology*, 2014, 30(1): 16-21
- [9] 林媛,孙钧政,陈艺晖,等.纸片型 1-MCP 对杨桃果实采后病害的抑制与抗病相关酶的诱导[J].*热带作物学报*,2016,37(6):1172-1176  
LIN Yuan, SUN Jun-zheng, CHEN Yi-hui, et al. Inhibition of postharvest disease and induction of defense-related enzymes by paper containing 1-methylcyclopropene (1-MCP) in *Averrhoa carambola* fruit [J]. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2016, 37(6): 1172-1176
- [10] 张华.1-MCP 处理对杨桃果实贮藏品质和软化衰老生理的影响[D].福州:福建农林大学,2011  
ZHANG Hua. Effects of 1-MCP treatment on storage quality and softening and senescence physiology of carambola fruit [D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2011
- [11] Mariuccia Schlichting D M, Cristiano André S, Diego Fernando P, et al. Quality maintenance of 'Laetitia' plum by application of 1-methylcyclopropene, ethanol vapor and heat treatment [J]. *Comunicata Scientiae*, 2018, 9(3): 312-321
- [12] De-dong Min, Fu-jun Li, Xin-hua Zhang, et al. Effect of methylsalicylate in combination with 1-methylcyclopropene on postharvest quality and decay caused by *Botrytis cinerea* in tomato fruit [J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2018, 98(10): 3815-3822
- [13] Byung-Ho Lee, Chung-Gyoo Park, JeongOh Yang, et al. Concurrent application of ethyl formate and 1-methylcyclopropene to control *Tetranychus urticae* on exported sweet persimmons (*Diospyros kaki* Thunb. 'Fuyu') [J]. *Entomological Research*, 2018, 48(3): 198-203
- [14] 龙娅,胡文忠,李元政,等.植物精油的抗氧化活性及其在果蔬保鲜上的应用研究进展[J].*食品工业科技*,2019,40(23): 343-348  
LONG Ya, HU Wen-zhong, LI Yuan-zheng, et al. Research progress on antioxidant activity of plant essential oil and its application in preservation of fruits and vegetables [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2019, 40 (23): 343-348
- [15] Anand Prakash, Revathy Baskaran, Nithyanand Paramasivam,

- et al. Essential oil based nanoemulsions to improve the microbial quality of minimally processed fruits and vegetables: a review [J]. Food Research International, 2018, 111: 509-523
- [16] Chi-Lun Cheng, Gui-Bing Hong. Optimization of extraction process for bioactive compounds from *Litsea cubeba* fruits [J]. Korean Journal of Chemical Engineering, 2018, 35(1): 187-194
- [17] 彭湘莲,付红军.山苍子精油的提取及其抑菌研究现状[J].林产工业,2018,4(11):51-54
- PENG Xiang-lian, FU Hong-jun. The extraction of *Litsea cubeba* essential oil and its antibacterial research status [J]. China Forest Products Industry, 2018, 4(11): 51-54
- [18] 李文茹,施庆珊,莫翠云,等.几种典型植物精油的化学成分与其抗菌活性[J].微生物学通报,2013,40(11):2128-2137
- LI Wen-ru, SHI Qing-shan, MO Cui-yun, et al. Chemical composition and antimicrobial activity of several typical essential oils [J]. Microbiology China, 2013, 40(11): 2128-2137
- [19] Liu T T, Yang T S. Antimicrobial impact of the components of essential oil of *Litsea cubeba* from Taiwan and antimicrobial activity of the oil in food systems [J]. International Journal of Food Microbiology, 2012, 156(1): 68-75
- [20] Thielmann J, Muranyi P. Review on the chemical composition of *Litsea cubeba* essential oils and the bioactivity of its major constituents citral and limonene (review) [J]. Journal of Essential Oil Research, 2019, 31(5): 361-378
- [21] Mustafa Maysoun A, Ali Asgar, Seymour Graham, et al. Enhancing the antioxidant content of carambola (*Averrhoa carambola*) during cold storage and methyl jasmonate treatments [J]. Postharvest Biology and Technology, 2016, 118: 79-86
- [22] 张莉会,乔宇,陈学玲,等.不同保鲜剂对桑葚贮藏期间品质的影响[J].现代食品科技,2018,34(5):47-55
- ZHANG Li-hui, QIAO Yu, CHEN Xue-ling, et al. Effects of different preservatives on the quality of mulberry during storage [J]. Modern Food Science and Technology, 2018, 34(5): 47-55
- [23] 章银良.食品与生物试验设计与数据分析[M].北京:中国轻工业出版社,2018:98-99
- ZHANG Yin-liang. Experimental Design and Data Analysis of Food and Biology [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2018: 98-99
- [24] Zhang Wanli, Zhao Handong, Zhang Jing, et al. Different molecular weights chitosan coatings delay the senescence of postharvest nectarine fruit in relation to changes of redox state and respiratory pathway metabolism [J]. Food Chemistry, 2019, 289: 160-168
- [25] Xia Yongxiu, Chen Tong, Qin Guozheng, et al. Synergistic action of antioxidative systems contributes to the alleviation of senescence in kiwifruit [J]. Postharvest Biology and Technology, 2016, 111: 15-24
- [26] 朱杨帆,荣涛,陈豪军,等.杨桃果实成熟期糖酸和抗氧化物质含量的分析[J].中国南方果树,2019,48(5):39-43
- ZHU Yang-fan, RONG Tao, CHEN Hao-jun, et al. Analysis on the contents of sugar, acid and antioxidants in carambola fruit during ripening period [J]. South China Fruits, 2019, 48(5): 39-43
- [27] 米书梅,阮征,温艳梅,等.几种常见果蔬抗氧化活性与多酚和维生素C的关系[J].食品工业科技,2013,1:133-136
- MI Shu-mei, RUAN Zheng, WEN Yan-mei, et al. Study on the antioxidant activity of several common vegetables and fruits and the correlation between the content of polyphenols and Vc and the antioxidant activity [J]. Science and Technology of Food Industry, 2013, 1: 133-136
- [28] Wang L, Hu W, Deng J, et al. Antibacterial activity of *Litsea cubeba* essential oil and its mechanism against *Botrytis cinerea* [J]. RSC Advances, 2019, 9(50): 28987-28995

(上接第 217 页)

- [23] 彭芸,陈洁,吕莹果,等.苦荞粉添加量对面团性质及馒头品质的影响[J].粮油食品科技,2015,23(1):47-50
- PENG Yun, CHEN Jie, LU Ying-guo, et al. Effects of added amount of tartary buckwheat flour on dough properties and steamed bun quality [J]. Cereals, Oils and Food Science and Technology, 2015, 23 (1): 47-50