

不同保鲜剂对桑葚贮藏期间品质的影响

张莉会^{1,2}, 乔宇¹, 陈学玲¹, 吕红霞¹, 刘璐¹, 丁安子¹, 石柳¹, 汪超², 廖李¹

(1. 湖北省农业科学院农产品加工与核农技术研究所, 湖北武汉 430064)

(2. 湖北工业大学生物工程与食品学院, 湖北武汉 430064)

摘要: 为了提高桑葚的贮藏品质, 以大蒜提取液、壳聚糖进行涂膜, 芳樟醇、香芹酚、丁香酚和 1-MCP (1-甲基环丙烯) 作为缓释保鲜剂对桑葚进行处理, 研究其贮藏期品质的变化。实验结果表明: 随着贮藏时间的延长, 桑葚的营养成分和感官品质逐渐下降, 经六种保鲜剂处理的桑葚可溶性固形物、可滴定酸、还原糖和 Vc 等营养成分显著高于对照组 ($p < 0.05$), 且能有效降低桑葚的腐烂率和失重率, 抑制丙二醛 (MDA) 的上升, 延缓多酚氧化酶 (POD) 和超氧化物歧化酶 (SOD) 活性的降低。其中, 经芳樟醇缓释处理的桑葚在贮藏期 (9 d) 内, 腐烂率、失重率、可溶性固形物、可滴定酸、Vc 含量和丙二醛 (MDA) 以及多酚氧化酶 (POD) 和超氧化物歧化酶 (SOD) 活性等品质指标均优于其他保鲜剂, 能最大程度抑制桑葚的腐败变质。

关键词: 桑葚; 保鲜剂; 贮藏; 品质

文章编号: 1673-9078(2018)05-47-55

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2018.05.007

Effects of Different Preservatives on the Quality of Mulberry during Storage

ZHANG Li-hui^{1,2}, QIAO Yu¹, CHEN Xue-ling¹, LV Hong-xia¹, LIU-Lu¹,
DING An-zi¹, SHI Liu¹, WANG Chao², LIAO Li¹

(1. Institute for Farm Products Processing and Nuclear-agricultural Technology, Hubei Academy of Agricultural Sciences, Wuhan 430064, China)(2. Hubei University of Technology Bioengineering and Food Institute, Wuhan 430064, China)

Abstract: In order to improve the storage quality of mulberry, the garlic extract, chitosan coating, linalool, carvacrol, eugenol and 1-MCP (1-methylcyclopropene) were used as slow-release preservatives on the mulberry processing to investigate the change of quality during storage. The experimental results showed that with the extension of storage time, the nutritional components and sensory quality of mulberry gradually decreased. After the treatment of six kinds of preservative, the soluble solids, titratable acid, reducing sugar, Vc and other nutrients were significantly higher than the control group ($p < 0.05$), and it could effectively reduce the rotting rate and the weight loss rate of mulberry, inhibit the increase of malondialdehyde (MDA), delay the decrease of polyphenol oxidase (POD) and superoxide dismutase (SOD) activity. Among them, the rotting rate, weight loss rate, soluble solids, titratable acid, Vc content and MDA, POD and SOD activity as well as other quality indicators of mulberry treated with linalool during the storage (9 D) were better than the other preservative, which could inhibit the corruption of mulberry to the greatest extent.

Key words: mulberry; preservative; storage; quality

桑葚又名乌莓、桑果和桑枣等, 是桑科桑属落叶乔木桑树的果实。它是一种高营养的特色水果, 含有丰富的氨基酸, 以及多糖类和维生素等营养物质^[1]。桑葚属浆果类, 由于表皮薄, 水分和糖分含量高, 因此在储藏过程中容易出现腐烂、呼吸作用增强等问题,

收稿日期: 2017-12-12

基金项目: 农业部公益性行业 (农业) 科研专项-浆果贮藏与产地加工技术集成与示范 (201303073)

作者简介: 张莉会 (1994-), 女, 在读研究生, 研究方向: 果蔬贮藏与加工
通讯作者: 廖李 (1982-), 女, 硕士, 助理研究员, 研究方向: 农产品加工与贮藏

大大缩短了桑葚的保鲜期, 降低了桑葚的食用价值和商品价值^[2]。根据桑葚采后生理变化特点, 寻求合适的贮藏保鲜方法, 从而延长桑葚的食用品质, 提高桑葚的商品价值是当前桑葚贮藏保鲜研究的重要环节^[3-5]。

目前国内外桑葚保鲜技术主要有低温冷冻保鲜和涂膜保鲜, 低温冷冻保鲜这类技术主要适用于存放期的保鲜, 由于贮量少、耗能大的缺点, 在浆果运输期间较难实现。1-MCP 能阻断果蔬中乙烯与受体的结合, 抑制乙烯所诱导的各种生理生化反应, 减少呼吸强度, 从而延缓果蔬的成熟进程, 延长贮藏寿命, 达

到保鲜效果,被广泛用于蓝莓^[6]、番茄^[7]和蜜桃^[8]保鲜,但成本较高。壳聚糖保湿性好,易于生物降解,有良好的生物相容性、成膜性和较强抗菌防腐能力,目前在草莓和山药^[9,10]等果蔬保鲜方面效果显著。大蒜提取液中含有大蒜素,能抑制微生物的生长,且具有安全无毒、绿色环保等优点^[11],目前,大蒜提取液已被广泛应用于苹果^[12]和番茄^[13]等保鲜;芳樟醇对大肠杆菌、酿酒酵母菌等有很好的抗菌活性,在蓝莓^[14]和草莓^[15]上得到较广泛的应用;丁香酚具有高效的抑菌作用,对多种霉菌和致病菌均有明显的抑制效果,无任何化学残留和毒副作用^[16-18],吕建华等和李鹏霞等分别将丁香酚用于草莓和苹果的保鲜,研究表明,丁香酚能降低草莓和苹果的呼吸强度、减少水分损失,延缓Vc、可溶性固形物及可滴定酸含量的下降^[19,20]。香芹酚作为一种安全的植物源食品保鲜剂,具有抗菌和抗氧化等作用,研究表明,香芹酚精油能延缓蓝莓果实可滴定酸和可溶性固形物含量的降解,抑制果实硬度下降,提高蓝莓总酚、总花青素和自由基的清除能力和抗氧化能力^[21,22]。以上六种保鲜剂均适用于不同果蔬的贮藏,本实验将桑葚贮藏于(7±1)℃的环境中,分别使用大蒜提取液、壳聚糖、芳樟醇、香芹酚、丁香酚和1-MCP对桑葚进行处理,通过调节桑葚相关酶活性,抑制微生物生长代谢,延长桑葚贮藏期,从而得出适用于桑葚保鲜的保鲜剂,为桑葚保鲜提供一定实验依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 原料

“大十”桑葚,采自于湖北省农科院经济作物研究所;大蒜;壳聚糖,国药集团化学试剂有限公司;芳樟醇、香芹酚、丁香酚,上海阿拉丁生化科技股份有限公司;1-MCP,上海鲜达生物科技有限公司。

1.1.2 仪器与设备

HL-2手持糖度仪,上海沪西分析仪器厂;PB-10pH计,北京赛多利斯仪器有限公司;752型紫外可见分光光度计,上海光谱仪器有限公司;YD-260L冰箱,中科美菱;EMS30电子恒温水浴锅,上海谦科仪器设备有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 桑葚前处理

桑葚装盒前需放入冰箱进行预冷处理1~2 h。装盒时,将桑葚平铺放入塑料盒中。

1.2.2 保鲜剂缓释处理

缓释保鲜剂的制备:分别移取1 mL丁香酚、香芹酚、芳樟醇至4 mL吐温-20溶液中,充分乳化,用无菌水稀释,定容至100 mL。称取硅藻土100 g于250 mL烧杯中,用保鲜膜密封以防吸水,在电热恒温水槽中60℃加热5 min。将丁香酚、香芹酚、芳樟醇溶液与硅藻土以1:1混合,并用玻璃棒充分搅拌,直至没有粘壁现象为止。

保鲜剂缓释处理:分别取3 g经植物精油附载处理的硅藻土以及1包1-MCP放入一次性果蔬保鲜PET托盘中,每盘放入200 g桑葚,并用PE保鲜膜覆盖,于(7±1)℃下贮藏。

1.2.3 保鲜剂的涂膜处理

称取经食品料理机粉碎后的大蒜末50 g于500 mL蒸馏水,在90℃下水浴搅拌1 h,4层纱布过滤,滤液即为大蒜保鲜液(现配现用)。分别将浆果放入大蒜保鲜液和1.25%壳聚糖液中浸泡1 min,捞出并沥去多余的液体,置阴凉通风处晾干,转入塑料盒中用PE保鲜膜覆盖,于(7±1)℃下贮藏。

1.3 指标测定与方法

1.3.1 腐烂率测定

参考王亚楠等^[23]的方法;按果实腐烂面积大小将果实划分为4级^[24]:0级,无腐烂;1级,腐烂面积小于果实面积的10%;2级,腐烂面积占果实面积的10%~30%;3级,腐烂面积大于果实面积的30%。计算按式(1)计算:

$$\text{腐烂指数}/\% = \frac{\sum(\text{腐烂级别} \times \text{该级果实个数})}{(\text{最高腐烂级别} \times \text{总果实数})} \times 100 \quad (1)$$

1.3.2 失重率采用质量法测定

采用称量法进行测定,通过电子天平称出原料的质量,质量损失率按式(2)计算:

$$\text{失重率} = (W_0 - W_t) / W_0 \quad (2)$$

式中:W₀表示桑葚初始质量,g;W_t表示桑葚贮藏时间为t时的质量,g。

1.3.3 可溶性固形物及可滴定酸测定

可溶性固形物采用手持折光仪测定;可滴定酸采用酸碱滴定法。

1.3.4 还原糖测定

样品前处理:将桑葚用搅拌机捣成匀浆,取10 g桑葚匀浆转移到100 mL容量瓶中,用无二氧化碳蒸馏水定容至刻度线,摇匀,静置30 min后过滤,取滤液10 mL转移到100 mL容量瓶中,用蒸馏水定容至刻度线,即为还原糖待测液。待测液采用直接滴定法测定。

1.3.5 Vc 测定

参照生物化学实验技术教程测定^[25]；取桑葚匀浆 1.000 g 于离心管中，加入 20 g/L 三氯乙酸溶液 5 mL，4500 r/min 下离心 25 min，滤液备用。准确吸取 0.50 mL 滤液于 10 mL 比色管中，空白对照以加入 20 g/L 三氯乙酸溶液 2 mL，按标准曲线的制作步骤，加入各种试剂，测量吸光度。从标准曲线上查出和计算试液中 Vc 的含量。

1.3.6 过氧化物酶 (POD)、超氧化物歧化酶 (SOD) 活性、丙二醛 (MDA) 测定

分别采用过氧化物酶、超氧化物歧化酶、丙二醛试剂盒 (南京建成生物工程研究所) 测定。

1.4 统计分析

试验数据为 3 次重复试验的平均值，用 SPSS.19 软件进行多重差异显著性分析采用 Duncan's 法。 $p < 0.05$ 表示差异显著， $p < 0.01$ 表示差异极显著。

2 结果与分析

2.1 不同保鲜剂对桑葚贮藏期间腐烂率的影响

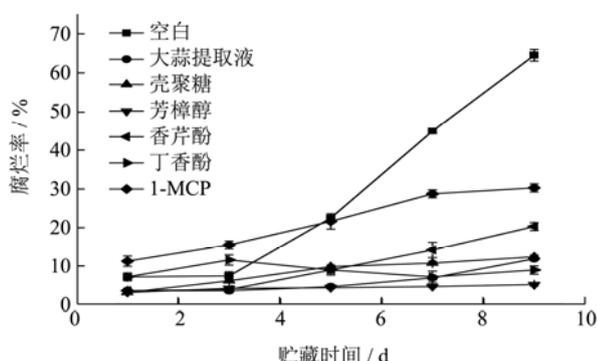


图1 不同保鲜剂对桑葚贮藏期间腐烂率的影响
Fig.1 Effects of different preservatives on the rotting rate of mulberry during the storage

桑葚含有丰富的营养物质，水分含量和糖含量很高，特别适合微生物生长，若不做任何保鲜处理，很容易腐烂变质等。由图 1 可知，贮藏前期桑葚腐烂率上升较慢，贮藏后期腐烂率加快，尤其以空白组上升幅度最大，显著高于保鲜剂处理组 ($p < 0.05$)。贮藏初期，空白组桑葚腐烂率显著高于处理组 ($p < 0.05$)，而保鲜剂处理桑葚腐烂率较低；贮藏第 9 d 时，空白组的腐烂率达到了 64.59%，而通过壳聚糖与大蒜提取液处理的桑葚腐烂率差异不显著 ($p > 0.05$)。由芳樟醇、丁香酚、壳聚糖和芳樟醇保鲜剂处理的桑葚腐烂率仅

有 5.13%、8.92%、12.38%和 11.85%，仅为对照组腐烂率的一半不到，呈现了显著的差异 ($p < 0.05$)。这是由于保鲜剂能抑制微生物的生长繁殖，保护细胞壁与细胞膜结构的完整性、维持桑葚的质构特性，从而起到保持桑葚的正常代谢和贮藏品质的效果。可见，保鲜剂处理可以很好地抑制桑葚果实腐烂的发生，尤其以芳樟醇处理对腐烂率抑制效果最好。

2.2 不同保鲜剂对桑葚贮藏期间失重率的影响

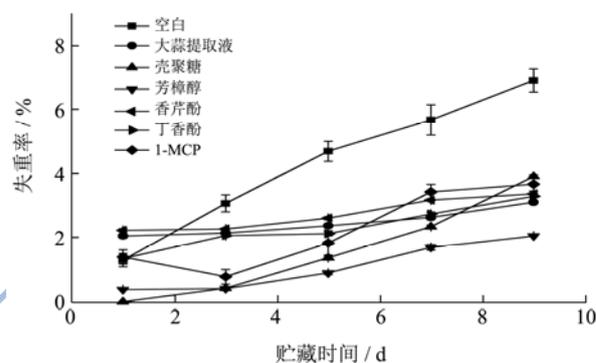


图2 不同保鲜剂对桑葚贮藏期间失重率的影响

Fig.2 Effects of different preservatives on the weight loss rate of mulberry during the storage

由于营养成分消耗、果胶物质降解和水分损失易引起失重率发生，果实失重后，会引起形态、结构、质地、色泽和风味等多方面的变化，失去了新鲜脆嫩质地，降低了果实的新鲜度。桑葚贮藏过程中的失重率变化如图 2 所示，由图可以看出，未经保鲜剂处理的桑葚失重率比较严重，显著高于保鲜剂处理组 ($p < 0.05$)，贮藏 9 d 时，达到 6.92%；经保鲜剂处理可显著降低桑葚的失重率，贮藏 9 d 时，失重率均在 4% 以下，与对照相比失重率降低一半左右，其中经芳樟醇处理的桑葚失重率显著低于另外其他处理，其次是壳聚糖和 1-MCP，这是由于壳聚糖在桑葚表皮形成了具有保护作用的生物膜，减少了桑葚水分的过度散失。经大蒜提取液，丁香酚和香芹酚三种处理的桑葚失重率无显著差异 ($p > 0.05$)，有研究表明，丁香酚和香芹酚植物精油能抑制果实质量损失率的增加^[26]，由此可见，保鲜剂可有效的降低桑葚的呼吸强度，减少营养成分的消耗，可抑制水分蒸腾，尤其芳樟醇效果较好。

2.3 不同保鲜剂对桑葚贮藏期间可溶性固形物的影响

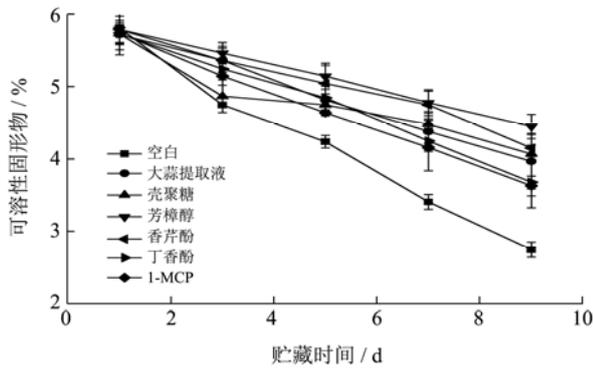


图3 不同保鲜剂对桑葚贮藏期间可溶性固形物的影响

Fig.3 Effects of different preservatives on the soluble solids of mulberry during the storage

可溶性固形物含量的高低,在一定程度上反映了贮藏过程中果实营养物质保留的多少,是评价果蔬品质的重要指标之一^[27]。一般情况下,果实中可溶性固形物主要为糖,其次是酸、可溶性色素、可溶性单宁和果胶等。由图3可知,整个贮藏过程中桑葚的可溶性固形物含量均呈下降趋势变化,这是可溶性糖不断分解的结果。贮藏初期,各处理组差异不显著($p>0.05$),从第3d开始,对照组可溶性固形物含量大幅度下降,贮藏至第9d时,可溶性固形物含量下降为2.75%,显著低于保鲜剂处理组($p<0.05$),与初始含量相比,下降了52.75%,而大蒜提取液处理组可溶性固形物含量仅下降30.72%,说明桑葚经大蒜提取液处理能有效延缓可溶性固形物的下降,其原因可能是保鲜剂具有杀菌和抑菌作用,可减少微生物对桑葚的作用,从而降低可溶性营养物质的消耗,较好地保持桑葚可溶性固形物的含量^[28]。经芳樟醇、香芹酚和丁香酚处理的桑葚可溶性固形物分别下降了23.27%、28.44%和35.89%,贮藏9d时,经壳聚糖和1-MCP处理的桑葚可溶性固形物为4.07%和3.63%,与初始值相比下降了29.22%和36.87%。通过比较,芳樟醇处理的效果最好,能够明显延缓桑葚可溶性固形物含量的降低。有研究表明,引起可溶性固形物含量变化的主要因素是呼吸作用和水分蒸腾作用^[29],芳樟醇处理后的桑葚在整个贮藏过程中,水分蒸腾作用较小,可溶性固形物含量的降低主要可能是由于呼吸消耗所引起。

2.4 不同保鲜剂对桑葚贮藏期间还原糖的影响

糖分反映了水果的甜度,可用来衡量浆果的成熟度,是评价桑葚品质的一个重要指标及体现生命活动的标志物质。

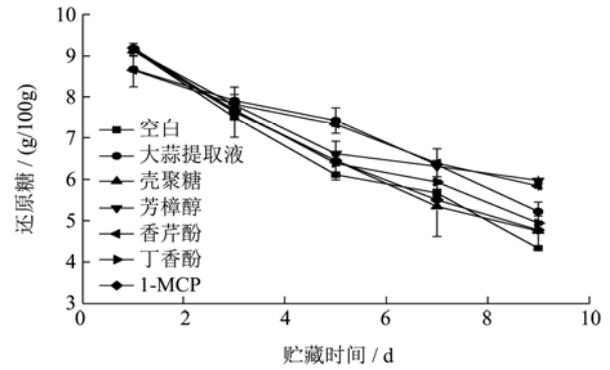


图4 不同保鲜剂对桑葚贮藏期间还原糖的影响

Fig.4 Effects of different preservatives on the reducing sugar of mulberry during the storage

根据图4可知:在整个贮藏期中,果实衰老成熟,桑葚中还原糖含量总体呈下降的趋势,即还原糖逐渐分解,且保鲜剂处理的桑葚均比空白组的下降幅度小,这是由于采后的桑葚仍然会进行呼吸作用,糖被消耗,从而导致其含量继续逐渐降低。贮藏9d时,空白组还原糖含量仅4.33 g/100 g,下降了52.63%;经大蒜提取液、芳樟醇、香芹酚和丁香酚处理的桑葚还原糖含量分别为5.22 g/100 g、5.97 g/100 g、5.84 g/100 g和4.97 g/100 g,壳聚糖和1-MCP处理的桑葚还原糖含量与初始值相比分别下降了47.92%和48.09%,显著高于空白组桑葚($p<0.05$)。有研究表明,壳聚糖具有良好的成膜性和抑菌性,可以抑制果实呼吸作用、防止微生物侵害,延缓了果品的营养成分流失^[30];李鹏霞等^[31]也发现植物精油处理能显著抑制苹果果实还原糖的下降,从而保持果实品质。进一步与图3对比发现,桑葚的可溶性固形物含量与还原糖含量变化趋势基本一致,引起桑葚贮藏期间可溶性固形物含量上升的原因可能与还原糖含量有关。因此,六种保鲜剂能显著降低桑葚中还原糖的降解,芳樟醇更加有利于保持桑葚中还原糖的含量。

2.5 不同保鲜剂对桑葚贮藏期间可滴定酸的影响

可滴定酸含量是评价水果品质的另一重要方面,和糖分含量一起作为新鲜浆果成熟度的重要衡量指标。可滴定酸是果实呼吸最易利用的底物,是合成能量ATP的主要来源,同时也能提供细胞内很多生化过程所需中间代谢物^[32]。由图5可知,桑葚中可滴定酸的含量在贮藏期间不断下降,空白组的可滴定酸含量始终低于保鲜剂处理组,下降最快。贮藏9d时,对照组桑葚可滴定酸含量仅为2.81 g/100 g,为初始值的16.44%,保鲜剂处理的桑葚可滴定酸含量显著高于对

照组 ($p < 0.05$), 经大蒜提取液、壳聚糖和 1-MCP 处理的桑葚可滴定酸含量分别为初始值的 65.58%、59.48%和 57.47%; 经芳樟醇、香芹酚和丁香酚处理的桑葚贮藏第 9 d 时, 可滴定酸含量分别为 4.45 g/100 g、4.32 g/100 g、3.94 g/100 g。经过芳樟醇和香芹酚、大蒜提取液处理的桑葚保鲜效果较好, 酸含量下降是因为桑葚的呼吸作用致使有机物质被分解消耗, 可能是由于芳樟醇和香芹酚缓释剂处理抑制了桑葚的呼吸, 从而减少物质转化和呼吸基质的消耗, 有利于桑葚可滴定酸的保持。由此可见, 六种保鲜剂均能有效抑制桑葚中可滴定酸的降解, 其中芳樟醇和香芹酚效果较好。

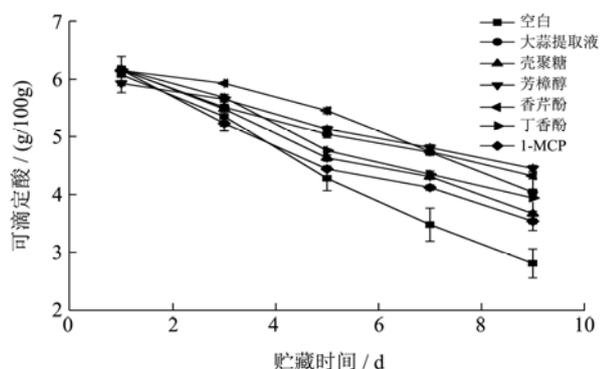


图 5 不同保鲜剂对桑葚贮藏期间可滴定酸的影响

Fig.5 Effects of different preservatives on the titratable acid of mulberry during the storage

2.6 不同保鲜剂对桑葚贮藏期间 Vc 的影响

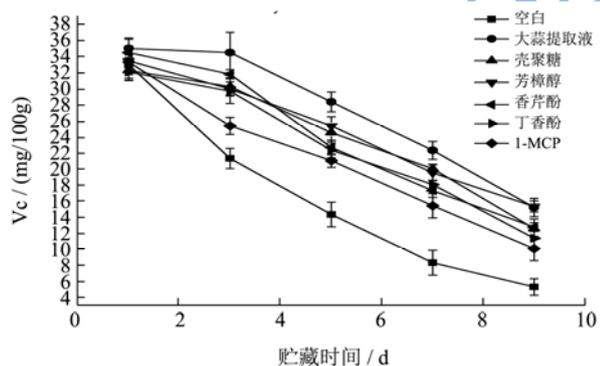


图 6 不同剂保鲜对桑葚贮藏期间 Vc 的影响

Fig.6 Effects of different preservatives on the Vc content of mulberry during the storage

由图 6 可以看出, 桑葚整个贮藏过程中 Vc 含量的均呈现下降的趋势, 随着贮藏时间的延长, 果实成熟衰老, Vc 分解, 这与汪东风等^[33]对蓝莓的保鲜的研究结果一致。在贮藏前期, 保鲜剂处理的桑葚中 Vc 下降速度较慢, 中后期较快, 而空白处理的桑葚整个贮藏期间 Vc 下降迅速。在 3 d 时, 空白组的 Vc 含量与保鲜剂处理组均为极显著差异 ($p < 0.01$); 贮藏第 9 d

时, 通过芳樟醇、香芹酚和丁香酚处理的桑葚 Vc 含量分别为 15.36 mg/100 g、12.79 mg/100 g、11.38 mg/100 g, 而空白组 Vc 含量由初始值 33.12 mg/100 g 降至 5.33 mg/100 g, 大蒜提取液、壳聚糖和 1-MCP 处理组 Vc 含量分别为 15.2 mg/100 g、12.59 mg/100 g 和 10.09 mg/10 g, 显著高于空白组 ($p < 0.05$), 其中大蒜提取液处理的 Vc 含量显著高于另外两个其他处理, 能显著抑制桑葚中 Vc 的降解, 这与宿献贵等^[34]对油桃的研究一致。因此, 这六种保鲜剂能显著减缓 Vc 的降解率, 降低营养物质消耗、较好地保持桑葚的营养, 尤其是大蒜提取液和芳樟醇效果最为明显。

2.7 不同保鲜剂对桑葚贮藏期间过氧化物酶

(POD) 活性的影响

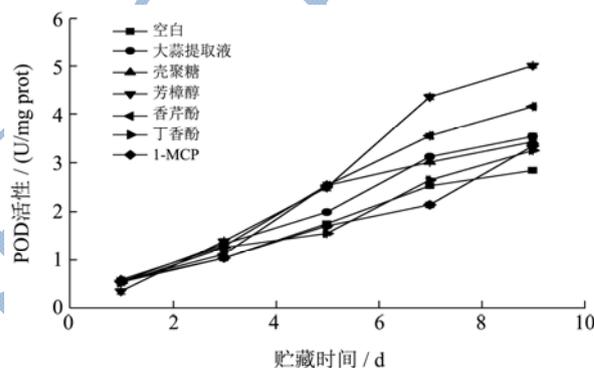


图 7 不同保鲜剂对桑葚贮藏期间过氧化物酶 (POD) 活性的影响

Fig.7 Effects of different preservatives on the POD activity of mulberry during the storage

过氧化物酶 (POD) 可以催化清除植物组织中低浓度的 H_2O_2 , 从而使机体免受 H_2O_2 的毒害作用^[35]。从图 7 可以看出, POD 活性在整个贮藏期间呈现增大的趋势, 贮藏初期, 空白组与保鲜剂处理的桑葚中 POD 活性差异不显著 ($p > 0.05$), 贮藏 5 d 后, 空白处理 POD 活性显著低于保鲜剂处理组, 说明保鲜剂可以抑制桑葚 POD 活性的下降, 在 9 d 时, 由芳樟醇、香芹酚、丁香酚处理的桑葚 POD 活性分别为 5.01 U/mg、4.16 U/mg、3.25 U/mg, 而空白处理桑葚的 POD 活性为 2.84 U/mg, 与贮藏初期桑葚 PPO 活性相比, 升高了 2.28 U/mg, 经大蒜提取液、壳聚糖和 1-MCP 处理的桑葚 PPO 分别升高了 3.01 U/mg、2.85 U/mg、2.81 U/mg, 与空白组比较, 有显著性差异 ($p < 0.05$), 说明保鲜剂处理对桑葚 POD 活性下降有一定的抑制作用。经比较发现, 大蒜提取液和芳樟醇处理的桑葚 POD 活性高于其他处理组。由此可见, 六种保鲜剂均能有效提高桑葚的 POD 活性, 芳樟醇和香芹酚处理

效果最为显著。

2.8 不同保鲜剂对桑葚贮藏期间超氧化物歧化酶 (SOD) 活性的影响

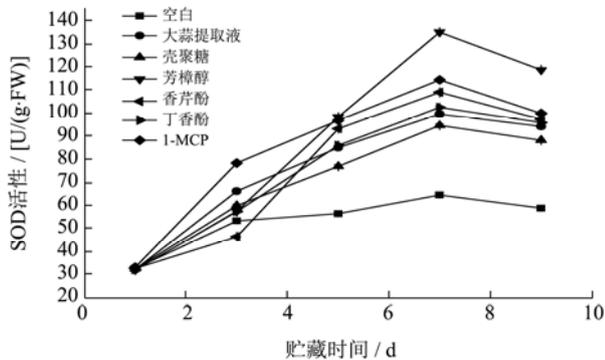


图8 不同保鲜剂对桑葚贮藏期间超氧化物歧化酶 (SOD) 活性的影响

Fig.8 Effects of different preservatives on the SOD activity of mulberry during the storage

超氧化物歧化酶 (SOD) 为自由基清除剂, 能清除自由基(O^{2·}), 而O^{2·}具有细胞毒性, 可使脂质过氧化, 并可能促使机体衰老^[27]。桑葚在贮藏过程中, 超氧化物歧化酶 (SOD) 活性均呈现向上升后下降的趋势, 均在 7 d 是出现SOD活性高峰, 保鲜剂处理的桑葚SOD活性显著高于其他处理组, 贮藏 12 d后SOD活性极显著高于对照组桑葚 ($p < 0.01$), 其活性为 118.45 U/(g·FW); 其次是 1-MCP、香芹酚、丁香酚、大蒜提取液处理的桑葚, 且差异不显著 ($p > 0.05$), 贮藏 9 d 其SOD活性分别为 99.63 U/(g·FW)、97.15 U/(g·FW)、94.68 U/(g·FW)、93.97 U/(g·FW); 壳聚糖处理的桑葚SOD活性较低, 为 88.07 U/(g·FW)。结果表明保鲜剂可增加采后桑葚SOD活性氧清除相关酶的活性, 增强了桑葚的抗氧化衰老的能力, 其中, 芳樟醇能更好的保持桑葚SOD活性。

2.9 不同保鲜剂对桑葚贮藏期间丙二醛 (MDA) 活性的影响

植物器官在衰老或逆境条件下, 会发生膜脂过氧化作用, 丙二醛 (MDA) 是其产物之一, 通常利用它作为脂质过氧化指标, 膜脂过氧化可产生过多的自由基对膜造成破坏和伤害^[36]。由图 9 可知, 随着贮藏时间的延长, 桑葚丙二醛不断积累, 呈不断升高的趋势, 导致细胞透性增加, 代谢失调, 膜结构及功能被破坏, 桑葚衰老进程加快。其中, 芳樟醇处理的桑葚贮藏 8 d 后, 丙二醛含量由原来的 21.84 μmol/L 增加至 38.42

μmol/L, 是贮藏初期的 1.75 倍, 相比其他几种保鲜剂处理的桑葚, 丙二醛含量最低; 其次是香芹酚和大蒜提取液处理的桑葚, 且两组处理无显著差异 ($p > 0.05$), 贮藏末期丙二醛含量分别为 44.15 μmol/L 和 43.97 μmol/L, 分别比芳樟醇处理的桑葚丙二醛含量高 5.73 μmol/L 和 5.55 μmol/L; 而贮藏 12 d 后, 壳聚糖、丁香酚、1-MCP 处理的桑葚丙二醛含量较高, 三组处理无显著差异 ($p > 0.05$), 但显著低于对照组 ($p < 0.05$); 贮藏初期对照组桑葚丙二醛含量 22.23 μmol/L, 但贮藏 12 d 后, 丙二醛含量迅速上升, 达到 59.75 μmol/L。经统计分析, 六种保鲜剂处理的桑葚 MDA 含量显著低于对照组 ($p < 0.05$), 均可较好抑制桑葚膜脂氧化发生, 减少有害代谢产物的积累, 并且延缓了细胞膜脂过氧化进程, 减少有害代谢物 MDA 的积累, 其中芳樟醇效果最好。

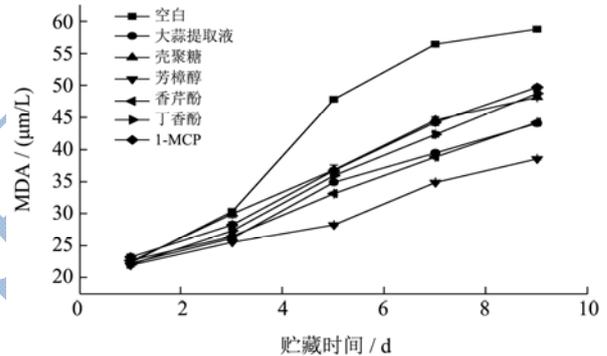


图9 不同保鲜剂对桑葚贮藏期间丙二醛 (MDA) 活性的影响

Fig.9 Effects of different preservatives on the MDA content of mulberry during the storage

3 结论

3.1 果蔬采后品质下降在很大程度上是由于病原微生物的侵染引起的腐烂所致, 采后利用天然保鲜剂处理, 能够杀死病原菌, 控制潜伏性病原菌的生长繁殖, 改善果蔬的保鲜效果^[37]。大蒜提取液以及壳聚糖进行涂膜处理, 能调节鲜切产品与环境间的气体交换, 防止其氧化, 减少鲜切产品水分蒸发, 阻挡微生物侵染; 而芳樟醇、香芹酚、丁香酚和 1-MCP 四种缓释保鲜剂具有较强抑菌性, 且易挥发, 安全无残留, 打开保鲜膜后会立即挥发, 用于桑葚保鲜, 只需用水冲洗即可食用。范林林等^[38]发现壳聚糖涂膜可保持鲜切苹果的感官品质、延缓营养物质下降, 并提高了过氧化物酶和超氧化物歧化酶活性, 本试验通过测定, 比较对照与壳聚糖处理的桑葚发现, 经壳聚糖处理的桑葚保鲜效果较好, 与其有相似的结论。张珊珊等^[39]研究表明大蒜提取液处理的草莓果实腐烂率和失重率明显低于对照组, 且营养成分含量较高, 这是由于大蒜素抑制

了草莓表面真菌的生长,从而防止因微生物浸染引起的腐烂。有研究表明^[40],1-MCP能提高葡萄贮藏好果率并降低质量损失率,并能够有效抑制果实丙二醛的增加,保持或增大超氧化物歧化酶和过氧化物酶的活性,本研究中,经1-MCP处理的桑葚腐烂率显著低于对照组,且营养成分损失低于对照组,相比于对照组具有较高的过氧化物酶的活性。芳樟醇、香芹酚、丁香酚缓释保鲜剂均能够延缓蓝莓果实中可滴定酸和可溶性固形物含量的降解,提高好果率品质,并且能抑制桑葚果实采收后贮藏过程丙二醛含量,提高过氧化物酶和超氧化物歧化酶的活性,这与三种保鲜剂分别在杨梅^[41]、树莓^[42]和杏果实^[43]应用上的结论相似。

3.2 本研究分别采用大蒜提取液、壳聚糖对桑葚进行涂膜处理,芳樟醇、香芹酚、丁香酚和1-MCP缓释保鲜剂对桑葚进行处理,以蒸馏水为对照,在外观方面,六种保鲜剂处理的桑葚腐烂率显著低于对照组($p<0.05$);在品质方面,保鲜剂处理的桑葚失重率、可溶性固形物、可溶性固形物、可滴定酸、还原糖及Vc含量显著高于对照组($p<0.05$);在生理方面,经保鲜剂处理的桑葚POD活性高于对照组;可见,六种保鲜剂均能达到较好的保鲜效果。其中以芳樟醇效果最佳,能有效调节桑葚贮藏期间的生理活动,保持其食用品质,其他保鲜剂处理对桑葚品质的保持也有一定的作用,但不如芳樟醇处理的效果明显。由于桑葚属于浆果类,清洗后可直接使用,考虑到食用价值和安全问题,天然保鲜剂明显优于一般保鲜剂,芳樟醇具有挥发性,无残留,更适合桑葚保鲜。

参考文献

- [1] 吴祖芳,翁佩芳.桑椹的营养组分与功能特性分析[J].中国食品学报,2005,5(3):102-106
WU Zu-fang, WENG Pei-fang. Mulberry nutritional components and functional characteristics analysis [J]. Chinese Journal of Food, 2005, 5(3): 102-106
- [2] 游庭活,温露,刘凡,等.不同干燥方式及温度条件对桑椹干营养保健品质的影响[J].蚕业科学,2015,41(5):921-927
YOU Ting-huo, WEN Lu, LIU Fan, et al. Effects of different drying methods and temperature conditions on the nutritional quality of mulberry dry nutrition [J]. Sericulture Science, 2015, 41(5): 921-927
- [3] Perdonés A, Sánchez-González L, Chiralt A, et al. Effect of chitosan-lemon essential oil coatings on storage-keeping quality of strawberry [J]. Postharvest Biology and Technology, 2012, 70(8): 32-41
- [4] 张正周,郑旗,李娟,等.草莓果实采收后无害化保鲜技术研究进展[J].保鲜与加工,2013,13(2):53-57
ZHANG Zheng-zhou, ZHENG Qi, LI Juan, et al. Research progress on harmless preservation technology of strawberry fruit after harvest [J]. Fresh-keeping and Processing, 2013, 13(2): 53-57
- [5] Shafiee M, Taghavi T S, Babalar M. Addition of salicylic acid to nutrient solution combined with postharvest treatments (hot water, salicylic acid, and calcium dipping) improved postharvest fruit quality of strawberry [J]. Scientia Horticulturae, 2010, 124(1): 40-45
- [6] 王玉玲,高继鑫,张新富,等.1-MCP处理对蓝莓冷藏保鲜效果的影响[J].食品研究与开发,2015,36(10):132-136
WANG Yu-ling, GAO Ji-xin, ZHANG Xin-fu, et al. Effects of 1-MCP treatment on the cold storage effect of blueberry [J]. Food Research and Development, 2015, 36(10): 132-136
- [7] Paul V, Pandey R. Delaying tomato fruit ripening by using 1-methylcyclopropene (1-MCP) for better postharvest management: current status and prospects in India [J]. Ind. J Plant Physiol., 2013, 18(3): 195-207
- [8] 及华,关军锋,冯云霄,等.1-MCP和预贮对深州蜜桃采收后生理和品质的影响[J].食品科学,2014,35(14):247-250
JI Hua, GUAN Jun-feng, FENG Yun-xiao, et al. The effects of 1-MCP and prestorage on the postharvest physiology and quality of Shenzhou honey peach [J]. Food Science, 2014, 35(14): 247-250
- [9] 曹雪慧,杨方威,朱丹实,等.壳聚糖复合涂膜对草莓保鲜的影响[J].食品发酵与工业,2014,40(4):205-209
CAO Xue-hui, YANG Fang-wei, ZHU Dan-shi, et al. Effect of chitosan composite coating on the preservation of strawberry [J]. Food Fermentation and Industry, 2014, 40(4): 205-209
- [10] 姜瑜倩,李喜宏,负娟,等.不同保鲜剂处理对山药贮藏品质的影响[J].食品工业科技,2012,33(9):402-404
JIANG Yu-qian, LI Xi-hong, YUN Juan, et al. Effect of different preservatives on the storage of yams [J]. Science and Technology of Food Industry, 2012, 33(9): 402-404
- [11] 杨光,欧阳涟,陈君,等.大蒜乙醇提取液抑菌初步研究[J].中国酿造,2011,30(1):61-62
YANG Guang, OUYANG Lian, CHEN Jun, et al. A preliminary study on the bacteriostasis of garlic ethanol extract [J]. Chinese Brewing, 2011, 30(1): 61-62
- [12] Daniel C K, Lennox C L, Vries F A. *In vivo* application of garlic extracts in combination with clove oil to prevent postharvest decay caused by *Botrytis cinerea*, *Penicillium expansum* and *Neofabraea alba* on apples [J]. Postharvest

- Biol. Tec., 2015, 99: 88-92
- [13] 胡月芳,吴阳,伍淑婕,等.大蒜提取液对番茄的保鲜效果[J]. 贵州农业科学,2014,42(10):205-207
HU Yue-fang, WU Yang, WU Shu-jie, et al. The effect of garlic extract on the preservation of tomato [J]. Guizhou Agricultural Science, 2014, 42(10): 205-207
- [14] Mehra L, Maclean D, Shewfelt R L, et al. Effect of postharvet biofifiunigation on fungal decay, sensory quality, and antioxidant levels of blueberry fruit [J]. Postharvest Biology and Technology, 2013, 85: 109-115
- [15] Chanjirakul K, Wang S Y, Wang C Y, et al. Siriphanich J. Natural volatile treatments increase free radical scavenging capacity of strawberries and blackberries [J]. Journal of Science of Food and Agriculture, 2007, 87(8): 1463-1472
- [16] 顾仁勇,傅伟昌,银永忠.丁香和肉桂精油联合抗菌作用初步研究[J].食品科学,2008,29(10):115-117
GU Ren-yong, FU Wei-chang, YIN Yong-zhong. A preliminary study on the combined antibacterial effect of lilac and cinnamon essential oil [J]. Food Science, 2008, 29(10): 115-117
- [17] 蒋志国,施瑞城.10 种中草药提取物对常见果蔬致病真菌的抑制作用及有效成份分析[J]. 食品科技,2006,31(4):68-71
JIANG Zhi-guo, SHI Rui-cheng. The inhibition of ten kinds of Chinese herbal medicines against fungus causing deterioration of fruits and vegetables and analysis of available compositions [J]. Food Science and Technology, 2006, 31(4): 68-71
- [18] 高海生,李春华,蔡金星,等.天然果蔬保鲜剂研究进展[J].中国食品学报,2003,3(1):86-91
GAO Hai-Sheng, LI Chun-hua, CAI Jin-xing, et al. Research progress on preservatives of natural fruits and vegetables [J]. Chinese Journal of Food, 2003, 3(1): 86-91
- [19] 吕建华,周庆新,周沙沙,等.丁香提取液对草莓保鲜效果的影响[J].食品与生物技术学报,2009,28(5):633-636
LV Jian-hua, ZHOU Qing-xin, ZHOU Sha-sha, et al. Effect of lilac extract on the effect of strawberry preservation [J]. Journal of Food and Biotechnology, 2009, 28(5): 633-636
- [20] 李鹏霞,邵世达,冯俊涛,等.丁香精油和丁香酚对苹果贮藏期病害及果实品质的影响[J].农业工程学报,2006, 22(6): 173-177
LI Peng-xia, SHAO Shi-da, FENG Jun-tao, et al. Effects of lilac essential oil and eugenol on apple storage disease and fruit quality [J]. Journal of Agricultural Engineering, 2006, 22(6): 173-177
- [21] WANG C Y, WANG S Y, CHEN C. Increasing antioxidant activity and reducing decay of blueberries by essential oils [J]. Food Chemistry, 2008, 56(10): 3587-3592
- [22] 许晴晴.香芹酚对蓝莓采后病害抑制和贮藏品质的影响研究[D].南京:南京农业大学,2014
XU Qing-qing. Carvacrol on postharvest blueberry effect on storage quality and disease suppression [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2014
- [23] 王亚楠,胡花丽,古荣鑫,等.不同薄膜包装对桑葚采后品质的影响[J].食品科学,2014,35(18):224-229
WANG Ya-nan, HU Hua-li, GU Rong-xin, et al. Different ancient film packaging on postharvest quality of mulberry [J]. Food Science, 2014, 35(18): 224-229
- [24] 魏明,赵博.不同强度的冷激处理对草莓保鲜效果的研究[J].食品科学,2008,29(2):415-418
WEI Ming, ZHAO Bo. Study on the effect of different intensity of cold shock treatment on the preservation of strawberry [J]. Food Science, 2008, 29(2): 415-418
- [25] 赵亚华,高向阳.生物化学实验技术教程[M].广州:华南理工大学出版社,2000
ZHAO Ya-hua, GAO Xiang-yang. Biochemical experiment technology course [M]. Guangzhou: South China University of Technology Press, 2000
- [26] 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
WU Xin, JIN Peng, KONG Fan-yuan, et al. The effect of plant essential oil on the decay and quality of strawberry fruit [J]. Food Science, 2011, 32(14): 323-327
- [27] 林本芳,鲁晓翔,李江阔,等.冰温贮藏对西兰花保鲜的影响[J].食品工业科技,2012,33(19):312-316
LIN Ben-fang, LU Xiao-xiang, LI Jiang-kuo, et al. Effect of ice temperature storage on the preservation of broccoli [J]. Food Industry Technology, 2012, 33(19): 312-316
- [28] 王梅,徐俐,汤静,等.大蒜素提取液对鲜切山药保鲜效果的影响[J].中国酿造,2016,35(8):142-147
WANG Mei, XU Li, TANG Jing, et al. Effect of allicin extract on fresh cut yam [J]. Chinese Brewing, 2016, 35(8): 142-147
- [29] 李桂峰.可食性膜对鲜切葡萄生理生化及保鲜效果影响的研究[D].西安:西北农林科技大学,2005
LI Gui-feng. Study on the effects of edible film on physiological, biochemical and fresh-keeping effects of fresh cut grapes [D]. Xi'an: Northwest Agriculture and Forestry University, 2005
- [30] 方海峰,薛伟.常温下壳聚糖涂膜对蓝莓保鲜效果的研究[J].安徽农业科学,2014,42(16):5243-5245

- FANG Hai-feng, XUE Wei. Study on the effect of chitosan coating on Blueberry preservation under normal temperature [J]. *Anhui Agricultural Science*, 2014, 42(16): 5243-5245
- [31] 李鹏霞,邵世达,冯俊涛,等.丁香精油和丁香酚对苹果贮藏期病害及果实品质的影响[J].*农业工程学报*,2006, 22(6): 173-177
- LI Peng-xia, SHAO Shi-da, FENG Jun-tao, et al. Effect of clove essential oil and eugenol on apple storage disease and fruit quality [J]. *Journal of Agricultural Engineering*, 2006, 22(6): 173-177
- [32] 张丽霞,周剑忠,黄开红,等.壳聚糖添加纳米 SiO₂ 复合涂膜保鲜草莓的效果[J].*江苏农业学报*,2010,26(1):152-156
- ZHANG Li-xia, ZHOU Jian-zhong, HUANG Kai-hong, et al. The effect of chitosan adding nano SiO₂ composite film to fresh-keeping strawberry [J]. *Jiangsu Journal of Agricultural Sciences*, 2010, 26(1): 152-156
- [33] 汪东风,张一妹,徐莹,等.壳聚糖复合膜处理对蓝莓保鲜效果的影响[J].*现代食品科技*,2014,30(2):62-65
- WANG Dong-feng, ZHANG Yi-mei, XU Ying, et al. Effects of blueberry on preservation effect of chitosan composite film [J]. *Modern Food Science and Technology*, 2014, 30(2): 62-65
- [34] 宿献贵,董晓菊,李文香,等.大蒜提取液对油桃保鲜效果的影响[J].*安徽农业科学*,2008,36(7):2713-2715
- SU Xian-gui, DONG Xiao-ju, LI Wen-xiang, et al. Effects of garlic extract effect on nectarine [J]. *Anhui Journal of Agricultural Sciences*, 2008, 36(7): 2713-2715
- [35] 田春莲,黄荣芳.红地球葡萄壳聚糖保鲜处理的生理活性研究[J].*食品科学*,2005,26(8):425-430
- TIAN Chun-lian, HUANG Rong-fang. Study on physiological activity of red globe grape by chitosan [J]. *Food Science*, 2005, 26(8): 425-430
- [36] 罗自生.热激减轻柿果冷害及其与脂氧合酶的关系[J].*果树学报*,2006,23(3):454-457
- LUO Zi-sheng. Heat shock reduction of persimmon fruit cold damage and its relationship with lipoxygenase [J]. *Journal of Fruit Tree*, 2006, 23(3): 454-457
- [37] 李凤梅,周庆新,李文香,等.丁香提取液与壳聚糖复合对草莓保鲜效果的影响[J].*青岛农业大学学报:自然科学版*, 2008,25(4):298-300
- LI Feng-mei, ZHOU Qing-xin, LI Wen-xiang, et al. Effects of compound Syringa extract and chitosan on preservation of strawberry [J]. *Journal of Qingdao Agricultural University: Natural Science Edition*, 2008, 25(4): 298-300
- [38] 范林林,李萌萌,冯叙桥,等.壳聚糖涂膜对鲜切苹果贮藏品质的影响[J].*食品科学*,2014,35(22):350-355
- FAN Lin-lin, LI Meng-meng, FENG Xu-qiao, et al. Effect of chitosan coating on the storage quality of fresh cut apples [J]. *Food Science*, 2014, 35(22): 350-355
- [39] 张珊珊,胡安胜,王彬,等.不同处理的大蒜粗提物对新鲜草莓的保鲜作用初探[J].*食品科技*,2011,36(1):45-47
- ZHANG Shan-shan, HU An-sheng, WANG Bin, et al. The effect of different processed garlic extracts on fresh strawberry preservation [J]. *Food Technology*, 2011, 36(1): 45-47
- [40] 李志文,张平,刘翔,等.1-MCP 结合冰温贮藏对葡萄采后品质及相关生理代谢的调控[J].*食品科学*,2011, 32(20):300-306
- LI Zhi-wen, ZHANG Ping, LIU Xiang, et al. 1-MCP combined with ice temperature storage on postharvest quality and related physiological metabolism of grape [J]. *Food Science*, 2011, 32(20): 300-306
- [41] 王双辉,罗林,罗丽娟,等.香芹酚和丁香酚对杨梅致病菌的抑菌作用[J].*湖南农业科学*,2017,3:63-65
- WANG Shuang-hui, LUO Lin, LUO Li-juan, et al. The inhibitory effect of carvacrol and eugenol on Yang Meizhi disease [J]. *Hunan Agricultural Sciences*, 2017, 3: 63-65
- [42] JIN P, WANG S Y, GAO H Y, et al. Effect of cultural system and essential oil treatment on antioxidant capacity in raspberries [J]. *Food Chemistry*, 2012, 132: 399-405
- [43] 童红梅,赵剑鸣,宋巧.连翘、丁香、川芎复合涂膜保鲜剂对杏果实采后品质影响[J].*食品研究与开发*,2016, 37(24):176-179
- TONG Hong-mei, ZHAO Jian-ming, SONG Qiao. Effect of Forsythia forsythia, lilac and Ligusticum chuanxiong on the quality of apricot fruit after harvest [J]. *Food Research and Development*, 2016, 37(24): 176-179