

三种保鲜处理对伏令夏橙 常温贮藏部分品质及生理特性的影响

林 上¹, 孙 涵², 兰维杰¹, 王俏君¹, 李心丹¹, 孔维亨¹, 秦 文^{1,*}

(1. 四川农业大学食品学院, 四川雅安 625014;

2. 阿坝州中小企业服务中心, 四川阿坝州 623000)

摘要:为研究不同保鲜处理对伏令夏橙常温贮藏下的保鲜效果, 分别用 2.0% 壳聚糖、0.04% 丁香精油和 0.05% 的姜黄素对伏令夏橙进行处理, 于常温(25 ± 1) °C (相对湿度均为 90%) 贮藏 75 d, 从部分品质和生理的角度探讨三种不同处理对夏橙果实的常温保鲜效果。结果表明: 与对照组相比, 三种保鲜处理均可明显降低夏橙果实的腐烂率和失重率, 其中, 姜黄素组对果实腐烂的抑制效果最佳; 壳聚糖和姜黄素处理组均可明显降低果实的呼吸强度, 维持果实内部较高的可滴定酸(TA)和 V_C 含量, 抑制可溶性固形物(SSC)含量变化; 三种处理组中过氧化氢酶(CAT)和超氧化物歧化酶(SOD)等指标均优于对照组, 有效地抑制了丙二醛(MDA)的积累。其中, 姜黄素和壳聚糖处理效果均较好, 但二者间差异性不显著。

关键词: 伏令夏橙, 壳聚糖, 丁香精油, 姜黄素, 贮藏

Effects of three coating treatments on storage quality and physiology of *Citrus Sinensis Osbeck* at room temperature

LIN Shang¹, SUN Han², LAN Wei-jie¹, WANG Qiao-jun¹, LI Xin-dan¹, KONG Wei-heng¹, QIN Wen^{1,*}

(1. College of Food Science, Sichuan Agricultural University, Ya'an 625014, China;

2. Small and Medium Enterprise Service Center of Aba, Aba 623000, China)

Abstract: In order to explore the preservation effect of different treatments on *Citrus Sinensis Osbeck* fruit at room temperature, 2.0% chitosan, 0.04% clove essential oil and 0.05% curcumin were used for coating. *Citrus Sinensis Osbeck* was stored at (25 ± 1) °C to investigate the changes of storage quality during 75 d. The results showed that the three treatments could significantly decrease disease index and weight loss rate, the curcumin treatment had the best effect. Meanwhile, chitosan and curcumin treatments could also decrease respiration intensity, maintain higher contents of titratable acids and vitamin C and stabilize the content of soluble solids. Moreover, compared with the black treatment, three treated groups could maintain higher activities of CAT and SOD in *Citrus*; consequently inhibiting the accumulation of malondialdehyde (MDA). Among them, the curcumin and chitosan treatments both had the good inhibition of CAT and MDA, but the difference was not significant between chitosan and curcumin treatment group. The chitosan was cheaper and easier to get, and had more advantages.

Key words: *Citrus Sinensis Osbeck*; chitosan; clove essential oil; curcumin; storage

中图分类号: TS255.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2016)15-0344-05

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2016.15.059

伏令夏橙(*Citrus Sinensis Osbeck*)是成熟期最晚的柑橘品种之一, 为世界柑橘栽培面积最大的品种。其产量高, 品质好, 成熟期在每年 4 月底~5 月中旬^[1], 此时柑橘市场的优质品种多, 夏橙优势不明显。7~9 月是柑橘市场的空档期, 若能将夏橙贮藏保鲜至此时, 伏令夏橙将为柑橘鲜果市场带来较大利益。但是刚成熟的夏橙存在果汁少, 偏酸, 不化渣等缺点, 且采后易发生真菌性病害, 这些都严重影响了其品质。有研究表明夏橙采后贮藏 1~2 月后可有效改善其品质, 增强其适口性^[2-3]。因此, 选择一种科学

合理、经济有效的保鲜方法对减少伏令夏橙的贮藏损耗和延长其贮藏期都具有现实意义。

壳聚糖(Chitosan)是一种天然碱性多糖, 具有良好的成膜性、保湿性、易于降解、安全无毒、生物相容性等特点, 并且成本较低。近年来, 在果蔬涂膜保鲜领域应用越来越广泛^[4]; 植物精油是植物体内部的次生代谢物质, 因其明显的抑菌作用而具有很高的研究价值^[5]。丁香精油(Clove essential oil)是丁香花的提取物, 其主要活性成分是丁香酚, 具有很好的抗菌作用, 有研究表明丁香精油能够较好的抑制植物病

收稿日期: 2016-03-03

作者简介: 林上(1995-), 男, 本科生, 研究方向: 食品质量与安全(检测方向), E-mail: linshangchuannong@163.com。

* 通讯作者: 秦文(1967-), 女, 博士, 教授, 研究方向: 农产品储藏、食品物性学, E-mail: 420942276@qq.com。

原真菌^[6-7];姜黄素是从姜黄中提取的植物多酚,不溶于水,具有极强的抗氧化性和防腐作用。目前在医药和食品添加剂的应用最多^[8-9],但运用其抑菌性来进行果蔬保鲜的报道很少,其对不同水果的保鲜效果还有待探究。

经预实验得到以上三种最佳的处理浓度分别为2.0%壳聚糖、0.04%丁香精油和0.05%姜黄素。本研究在此基础上,探讨壳聚糖、丁香精油及姜黄素处理对常温下夏橙果实的部分品质和生理的影响,为伏令夏橙的贮藏、运输和销售提供可靠的技术保障。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

伏令夏橙鲜果 于2015年5月底采购于四川蒲江县农贸市场,果实七、八成熟,大小均一,无损伤,新鲜无腐烂,单果重150.0 g左右,采后立即运回四川农业大学果蔬采后生理实验室,将果实预冷至室温,以备使用。

将其放入铺有软纸的泡沫箱(340 mm × 220 mm × 180 mm)中,分装4箱,每箱100个。

壳聚糖 美国Sigma公司;姜黄素 苏州宝泽堂医药科技有限公司;丁香精油 郑州雪麦龙食品香料有限公司;氢氧化钠、乙醇、浓硫酸、抗坏血酸等分析纯,成都市科龙化工试剂厂。

扫描型紫外/可见分光光度计 UV-2102PCS,上海尤尼柯仪器有限公司;电子天平 BS210S型,精确到0.0001g,北京塞多利斯有限公司;电导仪 DDS-11A型,上海仪电科技有限公司;冷冻离心机 Heraeus Multifuge X3R型,美国Thermo科技有限公司;恒温电热水浴锅 HWS24型,上海一恒科技技术有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 保鲜剂配制方法 壳聚糖溶液:称取一定量壳聚糖,加水(含1%的冰乙酸和0.1%的吐温-80)配制成浓度为2.0%的壳聚糖溶液,充分搅拌,过滤去杂质备用。

丁香精油溶液:在一定体积丁香精油中加入0.05%的吐温-80(水为溶剂),配成浓度为0.04%的溶液备用。

姜黄素溶液:称取0.5 g姜黄素粉末与0.6 g黄原胶混合,溶解于1 L蒸馏水,加热至80℃,充分搅拌,配制成浓度为0.05%的溶液,冷却后备用。

1.2.2 处理方法 以空白处理作为对照组。将果实分别浸入浓度为2.0%的壳聚糖、0.04%的丁香精油和0.05%的姜黄素的保鲜剂1 min^[10],对照组用清水浸润,捞出后自然通风晾干,置于常温(25 ± 1)℃(相对湿度均为90%)下贮藏75 d。贮藏期间每15 d取样测各项指标,重复3次,取平均值。

1.2.3 指标测定 腐烂率,失重率:采用任艳芳等^[11]的方法;V_c含量:采用陆茜等^[12]的方法;SSC:采用折光仪测定;TA含量:采用中和法^[11];呼吸强度:采用静置法^[13];MDA含量:采用硫代巴比妥酸(TBA)法^[14];相对电导率:采用电导仪测定^[15];CAT活性:采用紫外吸收法^[16];SOD:采用NBT光还原法^[17]。

1.3 数据统计分析

实验数据采用SPSS20.0统计软件处理,利用ANOVA进行邓肯氏多重比较对差异显著性分析;实验结果采用Origin8.1软件进行图像处理。

2 结果与分析

2.1 三种不同处理对伏令夏橙果实腐烂率和失重率的影响

夏橙果实在贮藏过程中,腐烂率可直接反应各保鲜处理的抑菌效果。由图1A看出,三种处理下的腐烂率在整个贮藏过程中都呈上升趋势。未经处理的果实腐烂速度最快,到60 d时腐烂率已经达到84%,同时果实失水严重,无法剥皮并有明显霉变现象,已完全失去商品价值。而经保鲜处理的果实在60 d时腐烂率均低于30%,至75 d时,2.0%壳聚糖、0.04%丁香精油和0.05%的姜黄素处理的果实腐烂率分别为23%、42%和20%。统计结果表明:壳聚糖、姜黄素处理组的腐烂率和对照组之间有极显著差异($p < 0.01$),其中姜黄素组对抑制夏橙果实的腐烂效果最佳,但与壳聚糖处理间差异不显著($p > 0.05$)。

由图1B可见,在贮藏期间,各组果实失重率随着时间延长而逐渐增加。到75 d时,对照组失重率达到39.7%,而2.0%壳聚糖、0.04%丁香精油和0.05%的姜黄素组失重率仅为11.7%、25.6%和14.2%,其中丁香精油组和对照组差异显著($p < 0.05$),而壳聚糖和姜黄素处理组与对照组呈极显著差异($p < 0.01$)。三个处理组中壳聚糖组的失重率最低,表明壳聚糖处理能更好抑制其呼吸和蒸腾作用,从而减少水分的散失,这种效果类似于聚乙烯柑橘保鲜袋的作用^[11]。这个结果和夏杏洲^[18]等人对红江

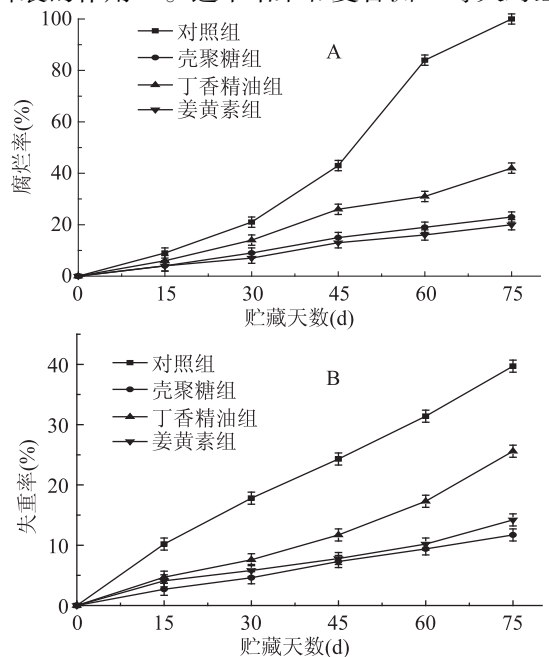


图1 不同涂膜剂处理对伏令夏橙腐烂率(A)和失重率(B)的影响

Fig.1 Effect of different coating treatments on *Citrus Sinensis Osbeck* rotting rate and weight loss rate

橙的壳聚糖处理研究一致。

2.2 三种不同处理对伏令夏橙果实 V_c 含量的影响

V_c 是评价水果保鲜效果的一个重要指标,在贮藏过程中,果实中的 V_c 容易受到自身呼吸作用、内部相关酶活性变化及外界环境因素的影响,使 V_c 大量损失^[19]。由图 2 可知,在贮藏期间,各组果实 V_c 含量均呈下降趋势,但处理组果实的 V_c 含量始终高于对照组。至 60 d 时,对照组 V_c 含量仅为 $5.8 \mu\text{g/g}$, 2.0% 壳聚糖、0.04% 丁香精油和 0.05% 姜黄素组分别为 10.9 、 9.6 、 $11.2 \mu\text{g/g}$, 3 种处理组与对照组相比均达到极显著差异水平 ($p < 0.01$), 说明三种保鲜处理都有效减缓了 V_c 分解但三者间差异不显著 ($p > 0.05$)。

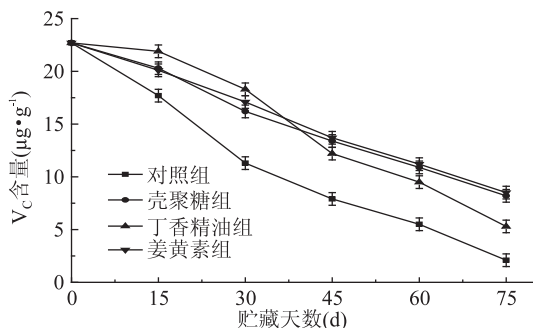


图 2 不同涂膜剂处理对伏令夏橙 V_c 含量的影响

Fig.2 The influences of different treatments on V_c of *Citrus Sinensis Osbeck*

2.3 三种不同处理对伏令夏橙果实 SSC 含量的影响

SSC 含量是夏橙果实甜度的主要来源,其含量的多少直接关系到果实的品质。图 3 中,所有果实的可溶性固形物含量在贮藏期间均呈下降趋势,相比之下,壳聚糖和姜黄素组 SSC 含量整体高于对照组和丁香精油组,这两组与对照组间呈显著差异 ($p < 0.05$),丁香精油组与对照差异不显著 ($p > 0.05$)。说明这两组显著地抑制了果实内部营养物质的消耗速度,其中,2.0% 的壳聚糖处理组对 SSC 含量的保持最好。

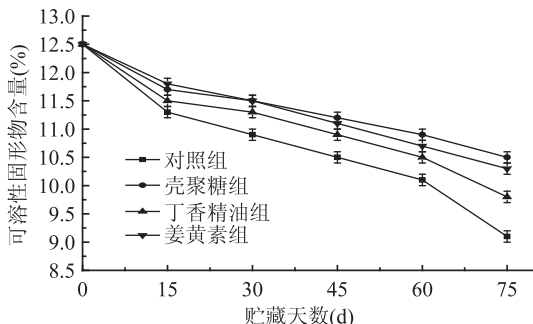


图 3 不同涂膜剂处理对伏令夏橙可溶性固形物含量的影响

Fig.3 The influences of different treatments on SSC of *Citrus Sinensis Osbeck*

2.4 三种不同处理对伏令夏橙果实可滴定酸 (TA) 含量的影响

TA 是果实呼吸的重要基质。由图 4 可知,贮藏

期间各组果实的 TA 含量呈持续下降趋势。在第 75 d 时,对照组的 TA 含量相比于贮藏初期下降了 53.52%, 而 2.0% 壳聚糖、0.04% 丁香精油和 0.05% 姜黄素组则分别降低 29.58%、42.25% 和 32.39%。由此表明 3 种处理中,壳聚糖能够最大程度延缓果实 TA 含量的下降。统计分析显示,丁香精油组与对照组差异不显著 ($p > 0.05$),壳聚糖组和姜黄素组与对照组差异显著 ($p < 0.05$),且两组间无显著差异 ($p > 0.05$)。

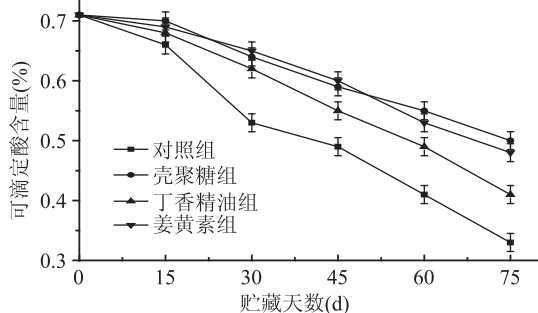


图 4 不同涂膜剂处理对伏令夏橙可滴定酸含量的影响

Fig.4 The influences of different treatments on TA of *Citrus Sinensis Osbeck*

2.5 三种不同处理对伏令夏橙果实呼吸强度的影响

果实呼吸是植物重要的生理代谢过程,它能维持有机体生命过程物质和能量的代谢,直接影响保鲜期限。由图 5 可知,在贮藏期间夏橙果实的呼吸强度整体呈上升的趋势。夏橙果实贮藏初期呼吸强度为 $55.82 \text{ mg CO}_2 / (\text{kg} \cdot \text{h})$, 3 个处理组在第 15 d 时呼吸强度均有所下降,表明 3 种处理在贮藏前期均有效抑制了果实的呼吸作用。随贮藏时间的延长,果实出现失水、褐变、衰老腐烂,果实内部线粒体功能失调引起能量缺乏,为了补充能量,必然使糖酵解和乙醇发酵速率加快,从而释放更多的 CO_2 ^[20]。贮藏到第 75 d 时,2.0% 壳聚糖和 0.05% 姜黄素处理组呼吸强度缓慢上升,相比对照组分别降低了 16.72% 和 14.47%,两组与对照组之间差异显著 ($p < 0.05$),丁香精油组降低了 6.76%,其与对照组无明显差异 ($p > 0.05$)。这说明果实经壳聚糖和姜黄素处理有助于抑制其呼吸作用,减少果实消耗,这与壳聚糖处理对组荷尔脐橙和红江橙果实中的呼吸强度影响结论一致^[18,21]。

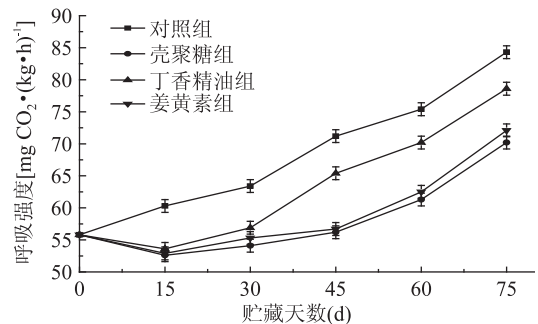


图 5 不同处理对伏令夏橙呼吸强度的影响

Fig.5 The influences of different treatments on respiration rate of *Citrus Sinensis Osbeck*

2.6 三种不同处理对伏令夏橙果实 MDA 含量和细胞膜渗透率的影响

MDA 是超氧自由基作用于植物体后引起膜系统脂质过氧化的产物,它能与蛋白质氨基酸残基或核酸反应生成希夫碱,降低膜的稳定性,促进膜的渗漏,MDA 会降低 SOD 和 ACT 的活性,加剧膜脂过氧化作用^[22]。由图 6A 可知,在果实贮藏期间,各处理组果实 MDA 含量均呈上升趋势,但各处理组的上升幅度有明显差异。在贮藏第 30 d 后,各组果实 MDA 含量开始迅速上升,在第 75 d 时,2.0% 壳聚糖、0.04% 丁香精油和 0.05% 姜黄素组果实 MDA 含量分别达到 6.849、7.974、6.723 $\mu\text{mol}/\text{kg}$,均低于对照组的 8.851 $\mu\text{mol}/\text{kg}$ 。其中,2.0% 壳聚糖和 0.05% 姜黄素组与对照组差异极显著($p < 0.01$),而丁香精油组与对照组间无明显差异($p > 0.05$)。通过实验结果可知,各处理组均可抑制果实 MDA 积累,提高果实的耐贮性,其中姜黄素组和壳聚糖组处理效果较好,两组间无显著差异($p > 0.05$)。

细胞膜控制着细胞内外物质的交换,随着贮藏时间的延长,果实中细胞膜透性会逐渐增加,从而导致内容物外渗,相对电导率提高^[23]。由图 6B 可知,对照组和处理组在整个贮藏期间相对电导率都呈上升趋势,但三个处理组的相对电导率上升幅度均小于对照组。至 75 d 时,2.0% 壳聚糖、0.04% 丁香精油和 0.05% 姜黄素组的电导率分别为 63.28%、71.37%、65.81%,分别为对照组的 80.12%、90.36%、83.32%,说明三种处理都可有效维持果实组织细胞膜完整性,抑制膜脂过氧化加剧,其中姜黄素和壳聚糖组与对照组之间有极显著差异($p < 0.01$),但两处理组间差异不显著($p > 0.05$)。

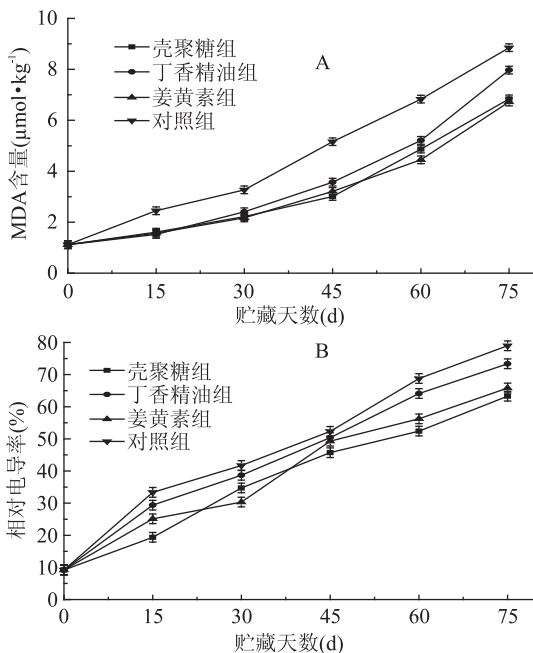


图6 不同涂膜剂处理对伏令夏橙 MDA 含量(A)和相对电导率(B)的影响

Fig.6 The influences of different coating treatments on *Citrus Sinensis Osbeck* MDA and electric conductivity

2.7 三种不同处理对伏令夏橙果实 CAT 活性和 SOD 活性的影响

CAT 是植物体内的一种重要的活性氧代谢酶,它能将植物体内积累的 H_2O_2 分解为水和分子氧,从而减少对果蔬组织造成的伤害^[24]。由图 7A 可知,夏橙果实的 CAT 活性呈现先上升后下降的趋势。其中,对照组和精油处理组在贮藏至 30 d 时 CAT 值达到高峰,之后活性迅速下降。与这两组相比,壳聚糖和姜黄素处理组在 45 d 才达到高峰,且姜黄素处理组峰值高于其他处理,在 45 d 之后,各处理组 CAT 活性都呈下降趋势。贮藏至 75 d 时,对照组中 CAT 值仅为姜黄素组和壳聚糖组的 41.18% 和 30.43%,处理后有极显著效果($p < 0.01$),说明姜黄素和壳聚糖处理能显著提高夏橙果实贮藏后期 CAT 酶活性,其中姜黄素处理组的效果最佳。

SOD 是植物细胞中清除自由基最为重要的一种酶类,它能使超氧阴离子自由基发生歧化反应,将 O_2^- 生成无毒的 O_2 和低毒的 H_2O_2 ,降低了氧自由基对细胞的毒害作用^[25]。由图 7B 可知,随贮藏时间的延长,SOD 活性变化趋势与 CAT 活性基本相同,都呈现先上升后下降的趋势。其中对照组在贮藏第 30 d 时,其果实的 SOD 酶活达到最大值 54.91 nmol/g ,丁香精油组也在 30 d 出现峰值。此时 3 个处理组活性值均低于对照组,且 3 个处理组间未达到差异显著水平($p > 0.05$),之后对照组下降幅度增大。在 45 d 时,壳聚糖组和姜黄素组果实 SOD 才出现峰值。储藏至 75 d 时,对照组 SOD 活性已降为壳聚糖组姜黄素组的 38.69% 和 42.97%。同时,壳聚糖组姜黄素组明显高于同期其它两组,差异性达到了极显著水平($p < 0.01$),但两组间差异不明显($p > 0.05$)。

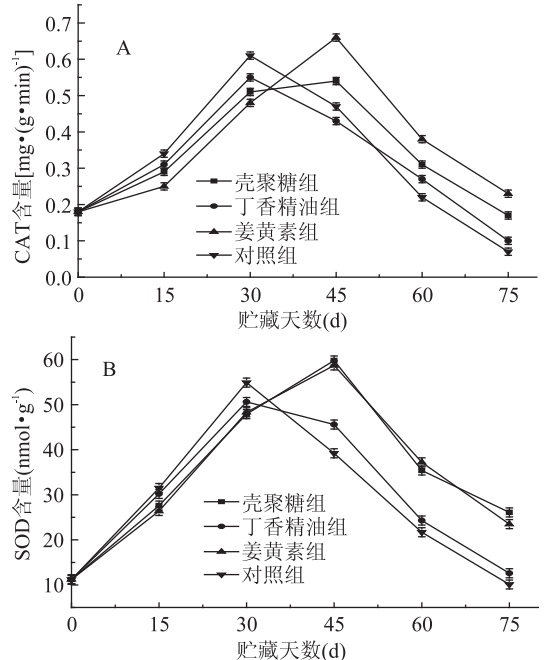


图7 不同涂膜剂处理对伏令夏橙 CAT 活性(A)和 SOD(B)活性的影响

Fig.7 The influences of different coating treatments on *Citrus Sinensis Osbeck* CAT and SOD

3 结论

本实验采用 2.0% 壳聚糖、0.04% 丁香精油和 0.05% 的姜黄素对伏令夏橙果实处理后,将其常温 (25 ± 1) °C (相对湿度均为 90%) 贮藏 75 d。实验结果表明:与对照组相比,夏橙果实经三种保鲜处理后果实的腐烂率和失重率均明显下降。由于壳聚糖^[26]、姜黄素^[27]和丁香精油的抑菌作用,以及涂膜处理的机械保护和控制气体进出的作用,从而抑制果实内部水分散失能有效保持其感官品质^[28-29]。其中,0.05% 的姜黄素处理组效果最佳。

在整个贮藏期间,果实经 2.0% 壳聚糖和 0.05% 的姜黄素处理的呼吸速率、可滴定酸和 V_c 含量优于 0.04% 丁香精油处理组,但两组间差异不显著,由此表明壳聚糖和姜黄素处理对果实均具有良好的保鲜效果。但基于经济性考虑,壳聚糖更加廉价,有应用优势。

实验可得三种涂膜处理均可保持果实较高的 SOD 和 CAT 活性,有效阻止活性氧的积累及 MDA 的大量产生,延缓果实衰老。其中,姜黄素处理组对 MDA 的抑制效果最佳,但与壳聚糖处理组相比,差异性不显著 ($p > 0.05$)。

参考文献

[1] 刘孝仲. 夏橙[M]. 北京: 农业出版社, 1993.4-10.
 [2] 赵慕唐. 贮藏改善夏橙果实品质实验[J]. 中国南方果树, 1997, 26(2): 16-17.
 [3] 四川农业厅. 四川晚熟柑橘走势强劲促农增收效果显著[J]. 四川农业科技, 2014, (4): 62-62.
 [4] Chanthaphon S, Chanthachum S, Honggpattarakere T. Antimicrobial activities of essential oils and crude extracts from Tropical citrus Citrus spp. against food-related microorganisms [J]. Songklanakarin Journal of Science and Technology, 2008, 30(1): 125-131.
 [5] 吴传茂, 吴周和. 丁香提取液的抑菌作用研究[J]. 湖北工学院学报, 2000, 15(1): 43-45.
 [6] 顾仁勇, 汪果利. 丁香精油抑菌及抗氧化作用研究[J]. 食品工业科技, 2007, 28(6): 81-84
 [7] 关文强, 李淑芬. 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): 227-231.
 [8] 袁鹏, 陈莹, 肖发. 姜黄素的生物活性及在食品中的应用[J]. 食品工业科技, 2012, 33(14): 371-374.
 [9] 司徒满泉, 康溢轩, 刘叶骏南. 姜黄素对采后马水桔保鲜效果的研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2013, 4(6): 1726-1731.
 [10] 刘峰, 陈明, 陈金印. 壳聚糖处理时间对脐橙的保鲜效果[J]. 食品与发酵工业, 2010, 36(7): 183-187.
 [11] 任艳芳, 刘畅, 何俊瑜, 等. 黄连壳聚糖复合涂膜保鲜剂

对夏橙保鲜效果的研究[J]. 食品科学, 2012, 33(16): 291-296.

[12] 陆茜, 陈凤群, 万昆. 紫外分光光度法测定维生素 C 含量[J]. 江汉大学学报: 自然科学版, 2005, 33(2): 68-69.
 [13] 薛应龙. 植物生理实验手册[M]. 上海: 上海科学技术出版社 1985.129
 [14] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000, 134-137, 260-261.
 [15] 李玉, 秦文, 李杰, 等. 气调、臭氧及 1-MCP 处理对佛手瓜贮藏品质的影响[J]. 食品与机械, 2015, 31(4): 138-143.
 [16] 韩雅珊 主编. 食品化学实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996: 79-81.
 [17] 冯双庆, 赵玉梅 主编. 果蔬保鲜技术及常规测试方法[M]. 北京: 化学工业出版社, 2010.
 [18] 夏杏洲, 吴雪彪, 梁振全, 等. 壳聚糖涂膜处理对常温贮藏红江橙保鲜效果的影响[J]. 食品工业科技, 2009, 30(7): 279-282.
 [19] 何靖柳, 刘继, 秦文, 等. 贮藏处理后红阳猕猴桃的品质变化[J]. 食品工业科技, 2014, 35(8): 318-322.
 [20] Tadege M, Dupuis I, Kuhlemeier C. Ethanolic fermentation: New functions for an old pathway [J]. Trends in Plant Science, 1999, 4(8): 320-325.
 [21] 李江波, 陈明, 陈金印. 壳聚糖处理对纽荷尔脐橙果实采后生理及贮藏效果的影响[J]. 食品与发酵工业, 2011, 37(9): 226-229.
 [22] 黎继烈, 彭湘莲, 钟海雁, 等. 臭氧保鲜处理对金橘采后生理的影响[J]. 中国食品学报, 2007, 7(3): 112-115.
 [23] 吴友根, 陈金印. 壳聚糖在果蔬保鲜上的研究现状及前景[J]. 食品与发酵工业, 2002, 28(12): 52-56.
 [24] Boonkorn P, Gemma H, Sugaya S, et al. Impact of high-dose, short periods of ozone exposure on green mold and antioxidant enzyme activity of tangerine fruit [J]. Postharvest Biology and Technology, 2012(67): 25-28.
 [25] 孟宇竹, 雷昌贵, 王霞, 等. SOD 抗氧化作用及其在食品工业中的应用[J]. 中国食品添加剂, 2009(1): 134-137.
 [26] Zhu Xuan, Wang Qiuming, Cao Jiankang, et al. Effects of chitosan coating on postharvest quality of mango (*Mangifera indica* L. cv. Tainong) fruits [J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2008, 32(5): 770-784.
 [27] 张倍宁, 王迎, 刘建南, 等. 姜黄素对脐橙保鲜作用的研究[J]. 食品工程, 2012, 18(35): 144-145
 [28] Aday M S, Caner C. Understanding the effects of various edible coatings on the storability of fresh cherry [J]. Package Technology Science, 2010, 23(8): 441-456.
 [29] 胡晓艳, 乔勇进, 陈召亮. 壳聚糖涂膜对沪产冬枣贮藏期品质的影响[J]. 食品机械, 2011, 27(1): 109-112.

权威 · 核心 · 领先 · 实用 · 全面