

# 壳聚糖涂膜对新余蜜橘 常温贮藏保鲜效果的影响

陈楚英, 陈明, 陈金印\*, 郭娟华, 付永琦

(江西农业大学 农学院/江西省果蔬保鲜与无损检测重点实验室, 江西 南昌 330045)

**摘要:**以蜜橘“彭家39号”为试材,研究了壳聚糖涂膜对新余蜜橘常温贮藏果实品质及采后生理生化变化的影响。结果表明:与对照相比,壳聚糖涂膜处理可以有效降低新余蜜橘果实贮藏过程中的腐烂率和失重率,延缓可溶性固形物(TSS)、可滴定酸(TA)、维生素C(Vc)、总糖含量的下降,并能抑制果实贮藏过程中的呼吸强度,说明壳聚糖涂膜对果实贮藏品质的保持具有较好的效果,可有效地延长新余蜜橘的贮藏期,其中以2.0%壳聚糖处理效果最好。由此可知,壳聚糖作为生物保鲜剂涂膜用于新余蜜橘的保鲜切实可行。

**关键词:**壳聚糖;涂膜;新余蜜橘;常温贮藏;果实品质

中图分类号: S666.2; S609+.3 文献标志码: A 文章编号: 1000-2286(2012)06-1112-06

## Effects of Chitosan Coating on Post-harvest Quality of Xinyu Tangerine during Ambient Temperature Storage

CHEN Chu-ying, CHEN Ming, CHEN Jin-yin\*, GUO Juan-hua, FU Yong-qi

(Jiangxi Key Laboratory of Storage and Non-destructive Testing for Fruits and Vegetables, College of Agronomy, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China)

**Abstract:** The effects of chitosan coating on the quality and post-harvest physiology of fruits stored at ambient temperature were studied. The results showed that compared with the contrast, chitosan coating treatment effectively decreased the decay and weight loss rates of fruit, substantially delayed the reduction of total soluble solids (TSS), titratable acidity (TA) and Vitamin C (Vc) and total sugar contents. Meanwhile, chitosan treatment inhibited the respiration rate of fruits during storage. It was suggested that 2.0% concentration of chitosan had the best effect on the storage quality and prolonged the shelf life of Xinyu tangerine fruit, which provided feasibility for the use of chitosan in the storage of Xinyu tangerine as one kind of biological antistaling agent.

**Key words:** chitosan; coating; Xinyu tangerine; ambient temperature; fruit quality

新余蜜橘是由江西省新余市农业局科技人员1977年从“黄岩本地早”群体中选育出的优变单株,经过30多年的筛选、种试和高接遗传稳定性观察,其优良性状得到了稳定良好的遗传<sup>[2]</sup>。该品种自1997年推广以来,果品一直受到广大消费者和专业界的好评,至2011年新余市新余蜜橘的种植面积达7000 hm<sup>2</sup>,总产量达6万t。2.1万户的果农依托这一“摇钱树”发家致富,目前新余蜜橘的总产值已超

收稿日期: 2012-09-03 修回日期: 2012-09-24

基金项目: 科技部农业科技成果转化资金项目(2011GB2C50017)

作者简介: 陈楚英(1987—),女,硕士生,主要从事果蔬采后生理及保鲜技术研究, E-mail: ccy0728@126.com; \* 通讯作者: 陈金印,教授,博士生导师, E-mail: jinyinchen@126.com。

亿元,已成为一个深受广大群众欢迎的特色富民产业<sup>[2]</sup>。由于新余蜜橘采收成熟期为10月中下旬,其在贮藏过程中容易发生采后病害,如青霉病、绿霉病及酸腐病等,造成巨大的经济损失和资源浪费,如何延长其销售季节,更大发挥其经济效益,将是当前该品种产业发展中一重要影响因素。因此,研究新余蜜橘贮藏保鲜技术具有重要的理论和现实意义。

壳聚糖(chitosan)是一种新型的果蔬保鲜材料,又称脱乙酰甲壳素、甲壳胺,是甲壳素脱乙酰基的降解产物,由D-葡胺糖通过 $\beta$ -1,4糖苷键联结起来的多糖类生物大分子,化学名称是(1,4)-2-氨基-2-脱氧- $\beta$ -D-葡聚糖。具有安全无毒、生物相容性好、可生物降解、成膜性好、透气性好、可杀菌等特点,可在果蔬表面形成一层透明薄膜,抑制呼吸作用、乙烯产生及膜脂过氧化等需氧生理生化过程,在一定程度上能够延缓果实衰老,减少腐烂,保持果蔬品质,延长果蔬的贮藏寿命<sup>[3]</sup>。迄今利用壳聚糖涂膜进行果蔬贮藏保鲜,在国内外已有较多的研究和应用<sup>[4-9]</sup>,但对新余蜜橘贮藏保鲜未见相关研究报道。本文以新余蜜橘为试材,研究了不同质量浓度壳聚糖涂膜处理对新余蜜橘果实贮藏品质的影响,探讨壳聚糖保持新余蜜橘采后果实品质、延长贮藏寿命的生理变化规律,为壳聚糖在新余蜜橘商业贮藏中的应用提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料及主要仪器

新余蜜橘:2011年10月26日采自于江西省新余市珊瑚果品示范园,果实采后立即装箱运到江西省果蔬保鲜与无损检测重点实验室,预贮1d。选择成熟度一致、大小一致、色泽均匀、无病虫害和机械损伤的果实作为试验材料,进行统一处理。壳聚糖:食品级,黏度0.2~0.3 Pa·s,脱乙酰度 $\geq 90\%$ (潍坊安信天然保健堂)。

UV-2450 紫外-可见分光光度计(日本岛津公司);723B 可见分光光度计(天津市普瑞斯仪器有限公司);Forma-86C ULT Freezer 超低温冰箱(美国 Thermo 公司);AUY220 电子分析天平(日本岛津公司);HH-6 恒温数显水浴锅(国华电器有限公司);5804R 台式高速冷冻离心机(德国 Eppendorf 公司);RA-250WE 数显折光仪(日本 Kyoto 电子有限公司);GXH-3051H 红外二氧化碳果蔬呼吸测定仪(北京中西科仪科技有限公司)。

### 1.2 试验设计

试验设计了4个处理。清水浸泡1min(对照,CK),其余三组分别在质量浓度为1.5%、2.0%、2.5%的壳聚糖溶液(1.5% CTS、2.0% CTS、2.5% CTS)中浸泡1min,取出后自然晾干。处理后的果实置于室温( $25 \pm 1$ ) $^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度80%~90%下贮藏,每6d取样测定相关生理生化指标。每处理每次取样15~20个果实,分3次重复。

### 1.3 测定项目和方法

腐烂率:以计数法统计;失重率:以称重法统计;可溶性固形物:RA-250WE 数显折光仪测定;可滴定酸:酸碱滴定法测定,结果以柠檬酸的量换算;Vc含量:采用2,6-二氯酚酚滴定法;总糖:采用蒽酮比色法;呼吸强度:采用GXH-3051H 果蔬呼吸测定仪测定;超氧化物歧化酶(SOD)活性:采用氮蓝四唑比色法;过氧化物酶(POD)活性:采用愈创木酚比色法;丙二醛(MDA)含量采用双组分分光光度法测定。

### 1.4 数据处理

采用 Excel 2003 软件进行统计处理,并用 DPS 数据处理系统进行差异性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 壳聚糖涂膜对新余蜜橘果实保鲜效果的影响

从图1可以看出,壳聚糖涂膜处理组果实腐烂率明显低于对照组,新余蜜橘在常温贮藏60d后,对照组果实有23.5%的果实出现腐烂,而1.5%、2.0%和2.5%壳聚糖涂膜处理果实的腐烂率分别是19.5%、15.0%和17.5%,分别较对照组降低了4.0%、8.5%和6.0%,这与壳聚糖具有抑菌防腐作用有着密切关系,其中2.0%壳聚糖涂膜处理可明显降低新余蜜橘果实的腐烂率,保鲜效果优于其他处理组,而2.5%

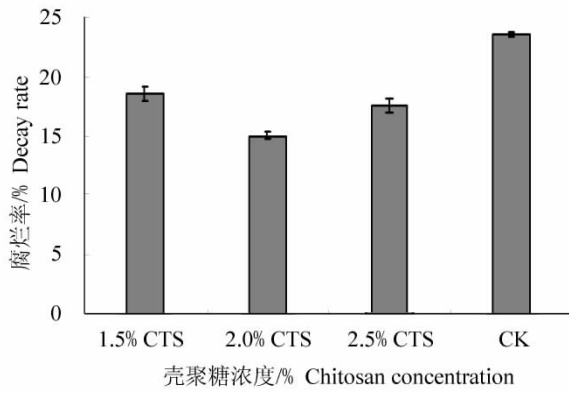


图 1 壳聚糖涂膜对新余蜜橘腐烂率的影响( 60 d)

Fig.1 Effects of chitosan coating on decay rate of Xinyu tangerine

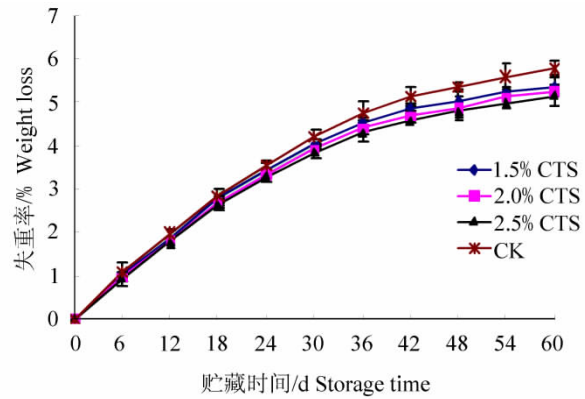


图 2 壳聚糖涂膜对新余蜜橘贮藏期失重率的影响

Fig.2 Effects of chitosan coating on weight loss of Xinyu tangerine

壳聚糖处理可能涂膜较厚,对新余蜜橘果实的正常生理代谢有一定的负面影响,保鲜效果不及 2.0% 壳聚糖涂膜处理。由此可见,壳聚糖能有效降低果实的腐烂率,延长新余蜜橘的贮藏寿命,其中以 2.0% 壳聚糖涂膜处理的效果最好。

果实采收以后,在贮藏过程中会因为蒸腾作用引起水分损失,造成果蔬质量的下降,影响果实外观,因此失重率是检验果蔬贮藏保鲜效果的一项重要指标。由图 2 可知,新余蜜橘在贮藏过程中失重率随贮藏时间的延长呈显著上升趋势,且壳聚糖涂膜处理的果实失重率要低于对照组,其原因是壳聚糖具有良好的成膜性,在新余蜜橘的果实表面形成一层保护薄膜,可适当防止水分的蒸发。由此可见,壳聚糖处理对新余蜜橘果实水分的损失表现出一定的抑制作用,且抑制作用随壳聚糖处理浓度的增加而加强,其中以 2.5% 壳聚糖涂膜处理的效果最好。

### 2.2 壳聚糖涂膜对新余蜜橘果实主要品质成分的影响

柑橘果实在成熟、衰老的过程中,常常会发生有机酸的降解、糖类物质的积累及其它营养物质的积累分解的变化,它们含量的增加或减少会直接影响着果实的口感及风味。因此,TSS、TA、总糖及抗坏血酸含量被视为果实重要的品质指标。不同质量浓度壳聚糖涂膜处理的新余蜜橘果实在常温贮藏过程中主要品质成分的变化见图 3。

可溶性固形物(TSS)是构成新余蜜橘果实风味的重要物质,由图 3a 可知,新余蜜橘在贮藏前的 TSS 含量为 10.8%,随着贮藏时间的延长,1.5% 壳聚糖涂膜、对照组和 2.0%、2.5% 壳聚糖涂膜分别在第 24 天和第 30 天达到最高值,之后又逐渐下降。在贮藏前期,对照组和壳聚糖各处理果实的 TSS 含量差异不显著( $P > 0.05$ );贮藏后期( $\geq 30$  d),3 种壳聚糖涂膜处理新余蜜橘 TSS 含量始终高于对照组,差异达到显著水平( $P < 0.05$ ),说明壳聚糖涂膜处理能够有效推迟新余蜜橘果实可溶性固形物含量峰值的出现时间以及减缓 TSS 含量的下降,其中以 2.0% 壳聚糖涂膜处理的效果最好。

不同浓度壳聚糖涂膜处理的新余蜜橘果实贮藏过程中可滴定酸含量变化如图 3b 所示。结果表明,随着贮藏时间的延长,各处理组新余蜜橘果实的可滴定酸含量均呈逐渐下降趋势,在整个贮藏过程中壳聚糖涂膜处理果 TA 含量高于对照组,这说明 3 种浓度的壳聚糖涂膜处理对新余蜜橘果实可滴定酸的降解都表现出明显的抑制作用,这种抑制作用在 2.0% 壳聚糖涂膜处理表现的较明显,但 3 个处理组之间差异不显著( $P > 0.05$ )。

Vc 含量的高低直接反映果实品质的优劣,同时 Vc 也是一种还原性物质,可以适当清除果蔬正常代谢所产生的自由基,保护细胞组织免受膜质氧化而延缓果实衰老的进程。从图 3c 可以看出,新余蜜橘果实 Vc 含量呈现先缓慢上升后缓慢下降的趋势,1.5%、2.0%、2.5% 壳聚糖涂膜处理和对照组在贮藏的第 12 天达到最高值,峰值分别为每 100 g 蜜橘含 Vc 22.68、22.79、22.54、22.45 mg,差异不显著( $P > 0.05$ )。贮藏 18 d 后,3 种壳聚糖涂膜处理新余蜜橘 Vc 含量高于对照组,2.0% 壳聚糖涂膜处理和对照组差异达到显著水平( $P < 0.05$ ),说明了壳聚糖涂膜能够延缓新余蜜橘果实中 Vc 的氧化分解。王淑娟、邓丽莉<sup>[10]</sup>的研究也都表明壳聚糖涂膜处理能够延缓柑橘果实中 Vc 的分解。如图 3a、3d 所示,新余

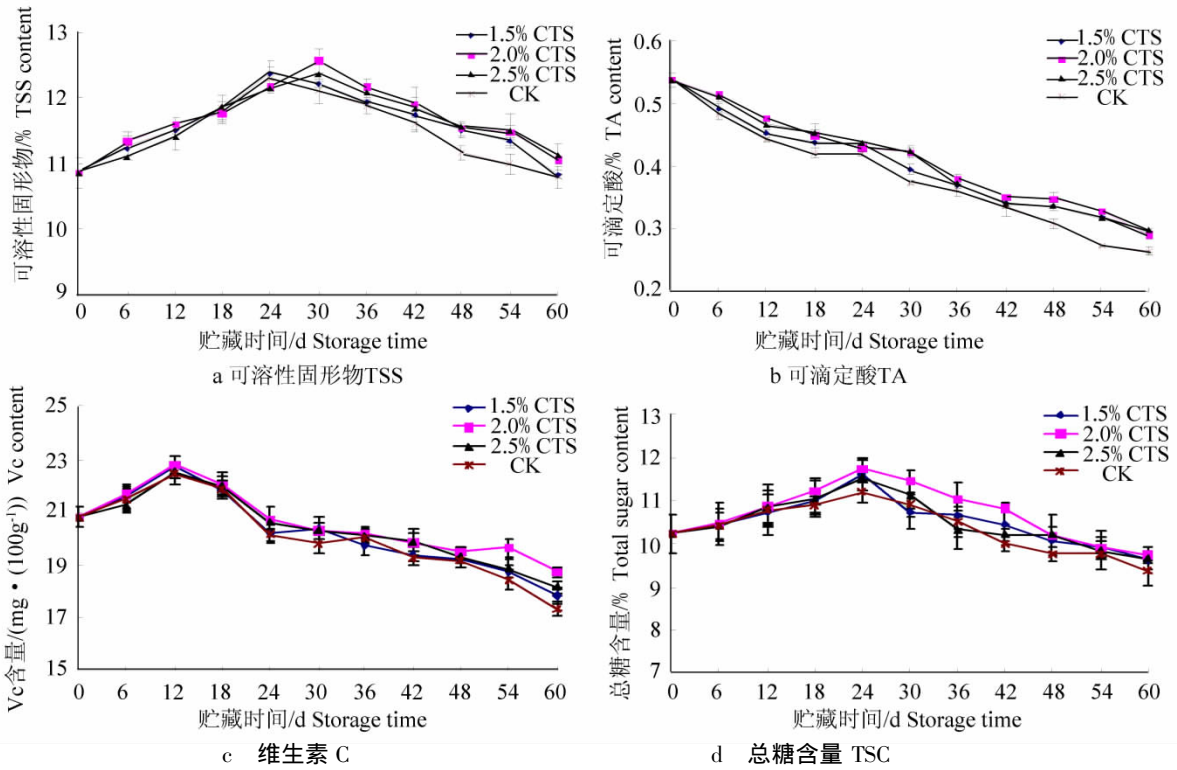


图 3 壳聚糖涂膜对新余蜜橘可溶性固形物、可滴定酸、Vc、总糖含量的影响

Fig. 3 Effect of chitosan coating on total soluble solids , titratable acidity , vitamin C , total sugar content of Xinyu tangerine 蜜橘常温贮藏期间总糖含量变化趋势与 TSS 含量基本一致 均呈现先缓慢上升后缓慢下降的趋势。1.5%、2.0%、2.5% 壳聚糖涂膜处理和对照组在贮藏的第 24 天达到最高值 峰值分别为 11.60%、11.73%、11.53% 和 11.17%。在贮藏中后期(≥18 d) 3 种壳聚糖涂膜处理新余蜜橘总糖含量高于对照组 2.0% 壳聚糖涂膜处理和对照组差异达到显著水平( $P < 0.05$ ) ,这说明了壳聚糖涂膜能够延缓新余蜜橘果实中总糖的降解。

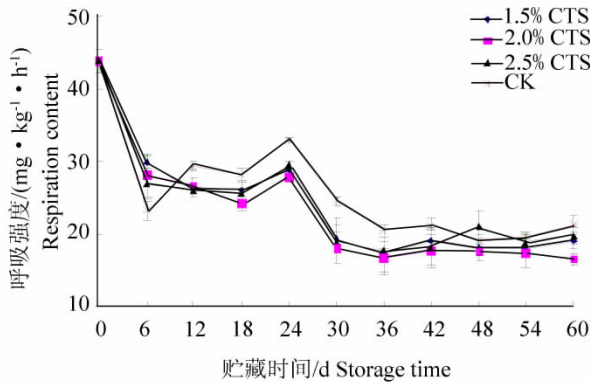


图 4 壳聚糖涂膜对新余蜜橘呼吸强度的影响

Fig. 4 Effects of chitosan coating on respiration rate of Xinyu tangerine

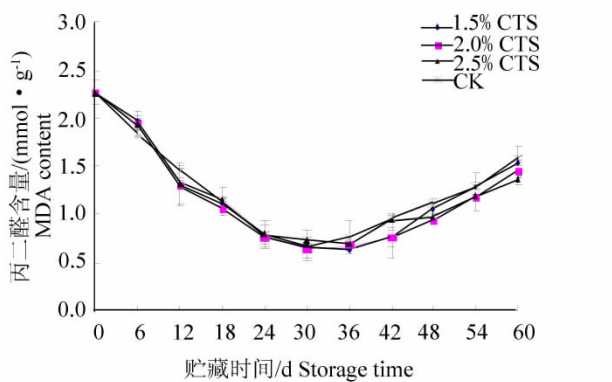


图 5 壳聚糖涂膜对新余蜜橘 MDA 含量的影响

Fig. 5 Effects of chitosan coating on MDA content of Xinyu tangerine

### 2.3 壳聚糖涂膜对新余蜜橘果实呼吸强度的影响

呼吸作用是果蔬采后进行的重要生理活动,也是影响贮运效果的重要因素,是果蔬生命活动的重要环节,呼吸强度是用来衡量果品呼吸作用强弱的有效指标,是评价新鲜果蔬贮藏寿命的重要因子之一。由图 4 可知,新余蜜橘果实常温贮藏期间,呼吸强度变化趋势是先迅速下降而后有一个小幅度的上升,之后又逐渐下降。在贮藏 6 d 后,壳聚糖涂膜处理和对照组果实的呼吸强度都是迅速下降,且对照组下降幅度较大,分别为 29.83、28.25、26.96、23.41 mg/(kg · h)。在贮藏中后期(≥18 d) 3 种壳聚糖涂膜处理新余蜜橘呼吸强度低于对照组,与对照组差异达到显著水平( $P < 0.05$ ) ,这说明壳聚糖涂

膜处理均不同程度抑制了新余蜜橘果实的呼吸作用,三者的差异未达到显著水平( $P > 0.05$ ) ,综合比较 2.0% 壳聚糖涂膜处理的作用更为显著。

### 2.4 壳聚糖涂膜对新余蜜橘果实丙二醛(MDA)含量的影响

丙二醛是植物衰老过程中膜脂过氧化作用的主要产物之一,它的积累会进一步加速果实的衰老过程,其含量可反映细胞膜脂过氧化程度。如图 5 所示,由图 5 可知,新余蜜橘果实的丙二醛含量呈先下降后上升的变化规律。在整个贮藏过程中,壳聚糖涂膜处理的果实 MDA 含量始终低于对照组,各处理组间差异不显著( $P > 0.05$ ) ,说明壳聚糖涂膜处理在一定程度上可以抑制 MDA 在果实的积累,延缓新余蜜橘衰老的进程。

### 2.5 壳聚糖涂膜对新余蜜橘果实超氧化物歧化酶(SOD)活性的影响

超氧化物歧化酶(SOD)是植物体内抗氧化防御体系的关键酶之一,能专一地清除超氧阴离子自由基,从而减少自由基对膜的损伤,达到延缓细胞衰老的目的,其活性高低在一定程度上能反应果实衰老的程度。由图 6 可以看出,采后新余蜜橘果实在贮藏过程中,SOD 的活性开始呈迅速上升趋势,随后逐渐下降的变化趋势。在贮藏前期,对照组的新余蜜橘果实 SOD 活性高于壳聚糖涂膜处理,在第 24 天左右 SOD 活性达到峰值,此后对照组 SOD 活性迅速下降。在贮藏后期( $\geq 30$  d),壳聚糖涂膜处理的新余蜜橘果实 SOD 活性一直是显著高于对照组,下降缓慢。这说明壳聚糖涂膜处理能很好地抑制以及延缓贮藏前期 SOD 活性的上升,在贮藏后期又能够保持较高的 SOD 活性,从而延缓了新余蜜橘的衰老进程。

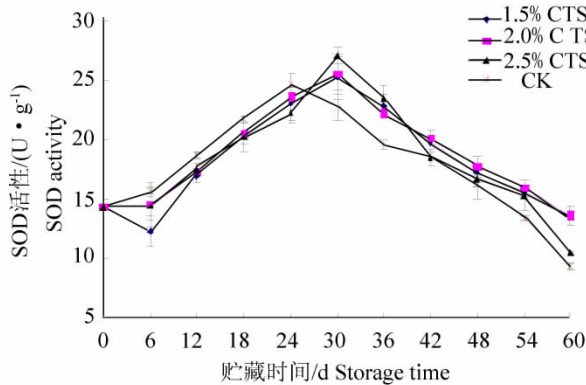


图 6 壳聚糖涂膜对新余蜜橘 SOD 活性的影响

Fig. 6 Effect of chitosan coating on SOD activity of Xinyu tangerine

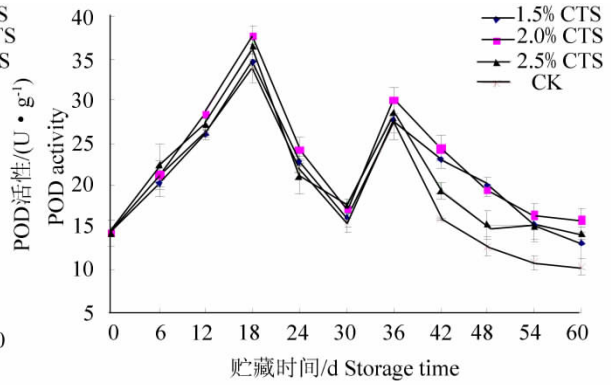


图 7 壳聚糖涂膜对新余蜜橘 POD 活性的影响

Fig. 7 Effect of chitosan coating on POD activity of Xinyu tangerine

### 2.6 壳聚糖涂膜对新余蜜橘果实过氧化物酶(POD)活性的影响

过氧化物酶(POD)是植物体内抵御活性氧伤害的重要酶类,POD 对减少活性氧积累、抵御膜脂过氧化作用和维护膜结构的完整性有着重要作用。如图 7 所示,新余蜜橘果实在常温贮藏过程中,壳聚糖涂膜处理和对照组 POD 的活性均有 2 个活性高峰,在贮藏后期缓慢下降,在贮藏前期各处理间无显著差异,但之后,对照组新余蜜橘果实 POD 活性开始急剧下降,而壳聚糖处理果实能够在贮藏后期维持较高的 POD 活性,这样可增强果实抗氧化能力,减少果实腐烂,以 2.0% 壳聚糖效果最好,1.5% 壳聚糖效果次之。

## 3 小结与讨论

壳聚糖具有良好的成膜性和抑菌作用,可在果蔬表面形成一个半透性薄膜,阻碍果蔬的蒸腾作用,减少果蔬水分的流失,抑制呼吸作用等耗氧生理生化过程,延缓果蔬的衰老以及品质的恶化,能有效地防止贮藏期间微生物的入侵,减少腐烂现象发生<sup>[11-14]</sup>。蒋跃明等<sup>[15-16]</sup>对龙眼和荔枝保鲜的研究发现,壳聚糖涂膜处理在延缓果蔬贮藏过程中水分以及营养成分的损失,降低腐烂率以及改善果蔬风味方面具有比较明显的作用,其中以 2.0% 壳聚糖处理浓度保鲜效果最佳。本文的试验结果证明,在常温贮藏条件下,涂膜处理能显著抑制新余蜜橘果实的失水和腐烂,延缓 TSS、TA 及 Vc 含量的降解;与对照处理,壳聚糖涂膜可显著减少果实的腐烂,保持果实贮藏品质。

柑橘属呼吸非跃变型果实,没有明显的后熟作用,但是果实采收后仍会进行一系列的生理生化活

动,最显著的表现呼吸作用和物质代谢。本试验发现,新余蜜橘果实呼吸强度在贮藏前期先迅速下降而后有一个小幅度的上升过程,之后又逐渐下降,壳聚糖涂膜处理均不同程度抑制了新余蜜橘果实的呼吸作用,这与上官新晨、夏杏洲等<sup>[17,18]</sup>的研究结果一致。丙二醛是植物衰老过程中膜脂过氧化作用的主要产物之一,其含量可以反映细胞膜脂过氧化程度。本研究结果发现壳聚糖涂膜处理能减少新余蜜橘果实在贮藏过程中MDA的积累量,从而减轻其对果实细胞质膜和细胞器造成的生理性伤害。

果蔬在成熟衰老过程中,植物体内活性氧自由基会大量积累,而SOD、POD等是抗氧化防御体系的重要保护酶,能起到清除活性氧自由基的作用。刘锋、洪克前等<sup>[8,13,19]</sup>研究发现,壳聚糖涂膜能保持果实中SOD、CAT和POD活性相对较高水平。本试验结果表明,壳聚糖涂膜处理能较好的保持新余蜜橘果皮中SOD、POD等保护酶的活性,使果实在贮藏后期仍有较高的清除自由基能力。

本试验结果表明,在常温贮藏条件下,不同质量浓度的壳聚糖对新余蜜橘的贮藏保鲜效果也不同,浓度过低,膜层较薄,易出现破裂,起不到应用的保鲜效果;浓度过高,膜层较厚,果内氧气浓度过低,影响果实正常的代谢活动,保鲜效果下降。综合本试验结果认为,2.0%壳聚糖涂膜处理保鲜效果最佳,能有效控制新余蜜橘的采后腐烂损失,明显地延缓果实衰老进程,保持新余蜜橘良好的贮藏品质。

#### 参考文献:

- [1]徐章彬,胡林英,饶兵英.从新余蜜桔产业看江西果业发展方向[J].现代园艺,2007(3):2-3.
- [2]黎小军,陈慧,简晓维.新余蜜桔的种植历史、现状及对策[J].农村经济与科技,2010(8):126-128.
- [3]吴友根,陈金印.壳聚糖与果蔬保鲜生理生化效应的研究进展[J].安徽农业科学,2002,30(6):865-868.
- [4]Asgar A, Mahmud M T, Kamaruzaman S, et al. Effect of chitosan coatings on the physicochemical characteristics of eksotika ii papaya (*Carica papaya* L.) fruit during cold storage [J]. Food Chemistry, 2011, 124(2): 620-626.
- [5]Pilar H, Eva A, Ocio M J, et al. Effect of calcium dips and chitosan coatings on postharvest life of strawberries (*Fragaria x ananassa*) [J]. Postharvest Biology and Technology, 2006, 39(3): 247-253.
- [6]江英,胡小松,刘琦,等.壳聚糖处理对采后梅杏贮藏品质的影响[J].农业工程学报,2010,26(S1):343-349.
- [7]刘锋,陈明,陈金印.壳聚糖处理对脐橙采后品质及抗病性的影响[J].食品科学,2010,31(20):439-443.
- [8]邓雨艳,建明,张昭其,等.壳聚糖诱导脐橙果实抗病性、水杨酸及活性氧代谢变化[J].中国农业科学,2010,43(4):812-820.
- [9]林玲,陈明,陈金印.3种保鲜剂处理对“杨小-2,6”采后生理及贮藏效果的影响[J].中国农学通报,2010,26(15):296-300.
- [10]邓雨莉,黄艳,周玉翔,等.壳聚糖处理对柑桔果实贮藏品质的影响[J].食品工业科技,2009,30(7):287-290.
- [11]Dutta P K, Shipra T, Mehrotra G K, et al. Perspectives for chitosan based antimicrobial films in food applications [J]. Food Chemistry, 2009, 114(4): 1173-1182.
- [12]Gianfranco R, Nigro F, Antonio I. Short hypobaric treatments potentiate the effect of chitosan in reducing storage decay of sweet cherries [J]. Postharvest Biology and Technology, 2003, 29(1): 73-80.
- [13]Hong K Q, Xie J H, Zhang L B, et al. Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of guava (*Psidium guajava* L.) fruit during cold storage [J]. Scientia Horticulturae, 2012, 144(2): 172-178.
- [14]李茂富,李绍鹏.壳聚糖涂膜对常温保鲜番木瓜膜脂过氧化的影响[J].中国农学通报,2010,26(5):294-298.
- [15]Jiang Y M, Li Y B. Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of longan fruit [J]. Food Chemistry, 2001, 73(2): 139-143.
- [16]Jiang Y M, Li J R, Jiang W B. Effects of chitosan coating on shelf life of cold-stored litchi fruit at ambient temperature [J]. LWT - Food Science and Technology, 2005, 38(7): 757-761.
- [17]上官新晨,肖锡湘,蒋艳,等.壳聚糖涂膜保鲜金柑的研究[J].食品研究与开发,2008,29(4):155-158.
- [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]聂青玉,侯大军.壳聚糖处理对红橘果实贮藏品质和生理的影响[J].西南大学学报:自然科学版,2010,32(10):37-41.