

# 壳聚糖处理对遂川金柑贮藏效果的影响

王淑娟 陈 明 陈金印\*

(江西农业大学 农学院,江西 南昌 330045)

摘要:以遂川金柑为研究对象,用质量体积比为0.5%、1.0%、1.5%、2.0% 4种壳聚糖溶液处理后在温度为(7±1)℃、湿度为85%~90%的条件下贮藏,并测定其贮藏期间的生理生化指标变化情况。结果表明,壳聚糖处理能够有效降低金柑腐烂率、失重率和呼吸强度,延缓Vc含量、可滴定酸含量、总糖含量、可溶性固形物含量及可溶性蛋白质的下降;同时,壳聚糖处理还能不同程度地推迟果实SOD和CAT活性高峰的出现,从而有利于维持果实贮藏过程中的品质,其中以质量体积比0.1%壳聚糖溶液处理效果最好。

关键词:遂川金柑;壳聚糖;贮藏效果

中图分类号:S666.093 文献标志码:A 文章编号:1000-2286(2011)03-0440-05

## Effects of Chitosan Treatment on Storage of Suichuan Kumquat Fruit

WANG Shu-juan, CHEN Ming, CHEN Jin-yin\*

(College of Agronomy, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China)

**Abstract:** Suichuan kumquat fruit was treated with 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% chitosan, then stored at T: (7 ± 1) °C and RH: 85% -90%, the changes of postharvest physiology and quality in fruit during storage were investigated. The results showed that chitosan treatment significantly decreased the rotting rate, weightlessness and respiration rate, and deferred the decrease of Vc content, titratable acid, total sugar, total soluble solids and total soluble protein. In the meanwhile, chitosan treatment could also postpone fruit's SOD and CAT activity peak, then chitosan treatments could maintain Suichuan kumquat fruit's quality during storage. 1.0% chitosan was the best treat concentration.

**Key words:** Suichuan kumquat; chitosan; storage effect

遂川金柑(*Fortunella crassifolia* Swingle)是江西省优良的地方果树品种之一,其种植地江西遂川1997年8月被国家农业部命名为“中国金橘之乡”。遂川金柑营养丰富,以其“果大皮薄、色泽鲜艳、甜酸适宜、清香可口”的独特品味享誉于世,有平喘、顺气、止咳、解渴、生津等医疗功效<sup>[1]</sup>。近年来遂川金柑远销北京、上海、广东等地,外销东南亚地区,是遂川农业主导产业之一<sup>[2-3]</sup>。遂川金柑在遂川种植历史已有千年,宋代闻名京师,成为贡品。但其易失水枯萎、腐烂变质,在贮运、销售过程中降低或失去营养和食用价值<sup>[4]</sup>。目前遂川金柑的贮藏环节较薄弱,仅有留树保鲜及涂膜保鲜相关研究报道<sup>[4-7]</sup>,且缺乏系统研究。

收稿日期:2011-01-20 修回日期:2011-03-13

基金项目:江西省主要学科学术和技术带头人培养计划项目(050007)

作者简介:王淑娟(1983-),女,硕士生,主要从事果实采后生理研究; \* 通讯作者:陈金印,教授,博导, E-mail: jin yinchen@126.com。

壳聚糖(chitosan,简称CTS),又称脱乙酰甲壳素,甲壳胺,是通过甲壳素一定程度的脱乙酰而制得<sup>[8]</sup>。甲壳素(chitin)是自然界中存在的唯一的氨基多糖,广泛存在于甲壳类动物(虾、蟹)的外壳,节肢动物的表皮、真菌细胞壁和昆虫的外角质和内角质<sup>[9]</sup>。壳聚糖具有安全、无毒、成膜抑菌、可食用、可降解等多种特性,已被广泛用于医药、食品、饲料、环保等多个领域<sup>[10-12]</sup>。当壳聚糖喷涂于果蔬表面,形成一层透明的无色薄膜,即壳聚糖分子形成互相交联,层层交联的膜层<sup>[13]</sup>。该膜层具有通透性、阻水性,可以对各种气体分子增加穿透阻力<sup>[14]</sup>,形成一种微气调环境。一方面阻止外界的气体进入膜层内,另一方面使果蔬组织内的二氧化碳气体含量增加,氧气含量降低,抑制了果蔬的呼吸代谢强度和水分散失,减缓果蔬组织和结构衰老,从而有效地延长果蔬的采后寿命<sup>[15]</sup>。壳聚糖在微酸环境中具有较强的抑菌抗菌作用,这是果蔬保鲜中十分重要的保鲜功能<sup>[16]</sup>。壳聚糖保鲜剂处理方法简便、实用、安全、成本低、保鲜效果好,在生产实践中有很强的实用性。本试验利用不同浓度的壳聚糖处理遂川金柑,研究在低温下其对遂川金柑贮藏品质的影响,确定出最佳浓度,为其在遂川金柑保鲜上的应用提供理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料及处理

供试材料为枳砧、树龄10年的遂川金柑果实,采摘于江西遂川县,挑选九成成熟的无病虫害果,用扭摘方法进行采摘,轻拿轻放,采摘后打包当天运回实验室。挑选大小均匀、无病虫害、成熟度一致的果实,发汗3d后进行保鲜剂处理。

配制质量体积比为0.5%、1.0%、1.5%、2.0% 4种壳聚糖溶液,采用浸果30s的方式分别处理果实,对照用清水处理。将处理后的果实自然通风晾干,分装于厚度为0.04mm的聚乙烯薄膜袋内,在温度 $(7 \pm 1)^\circ\text{C}$ 、相对湿度85%~90%的条件下贮藏,每7d测定其生理生化指标。

### 1.2 测定项目及方法

(1) 腐烂率: 腐烂率(%) = (烂果数/总果数) × 100% (单果腐烂面积超过30%均按烂果计算); (2) 失重率: 失重率 = (贮藏前质量 - 贮藏后质量) / 贮藏前质量 × 100%; (3) 可溶性固形物: 采用手持折光仪(WYF-4型)测定; (4) 可滴定酸: 采用酸碱法测定<sup>[17]</sup>; (5) 总糖: 采用蒽酮比色法测定<sup>[17]</sup>; (6) 呼吸强度的测定: 采用酸碱静置法测定<sup>[17]</sup>; (7) Vc: 采用2,6-二氯酚测定法测定<sup>[17]</sup>; (8) 可溶性蛋白质: 考马斯亮兰法<sup>[18]</sup>; (9) CAT活性: 采用高锰酸钾还原法测定<sup>[18]</sup>; (10) SOD活性: 采用NBT还原法测定<sup>[18]</sup>。

### 1.3 数据统计与分析

采用SPSS12.0统计分析软件进行数据整理与分析;显著性差异水平:显著( $P < 0.05$ );极显著( $P < 0.01$ )。

## 2 结果与分析

### 2.1 壳聚糖对金柑果实腐烂率的影响

根据表1所示,在贮藏前6周各处理均无烂果出现,对照在贮藏第7周出现烂果,到贮藏后期腐烂率增加到8%。1.0%和1.5%壳聚糖溶液处理金柑均在处理后贮藏第10周开始出现烂果;0.5%、2.0%壳聚糖溶液处理金柑在处理后贮藏第9周开始出现烂果。由此可见,壳聚糖能有效降低果实的腐烂率,延长金柑的贮藏时间,其中1.0%壳聚糖处理的效果最好。

### 2.2 壳聚糖对金柑果实失重率的影响

如图1所示,贮藏期间,处理的失重率不断上升,其中对照的失重率迅速上升,壳聚糖处理的失重率始终低于对照。贮藏末期4个质量体积比壳聚糖溶液处理的失重率均明显低于对照,有效降低了果实的失重率,其中1.0%壳聚糖处理效果最好。

### 2.3 壳聚糖对金柑果实呼吸强度的影响

由图2可以看出,贮藏前2周各处理出现了第1个高峰,比对照晚1周,壳聚糖处理的峰值均低于对照。贮藏后期,壳聚糖处理遂川金柑比对照早1~2周达到第2个呼吸强度高峰,但呼吸强度明显低于对照,差异显著。可见壳聚糖处理能够明显降低果实的呼吸速率,有利于金柑营养物质的保持,延长果实的贮藏时间。

表 1 壳聚糖对金柑果实腐烂率的影响

Tab.1 Effect of chitosan on rot rate in fruit during storage

贮藏时间/周 Storage time	质量体积比壳聚糖溶液/% Concentration of chitosan				
	CK	0.5	1.0	1.5	2.0
6	0	0	0	0	0
7	1	0	0	0	0
8	2	0	0	0	0
9	2	1	0	0	1
10	2	1	1	1	1
11	2	2	1	1	1
12	2	2	1	1	2
13	3	3	1	2	2
14	4	3	2	2	3
15	5	4	2	3	3
16	6	4	3	3	4
17	8	5	4	4	5

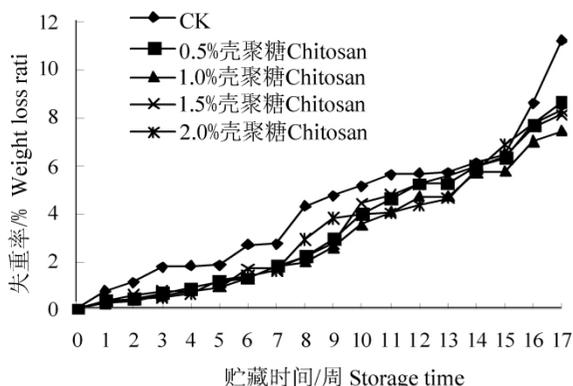


图 1 壳聚糖对金柑果实失重率的影响

Fig. 1 Effect of chitosan on weight loss rate in fruit during storage

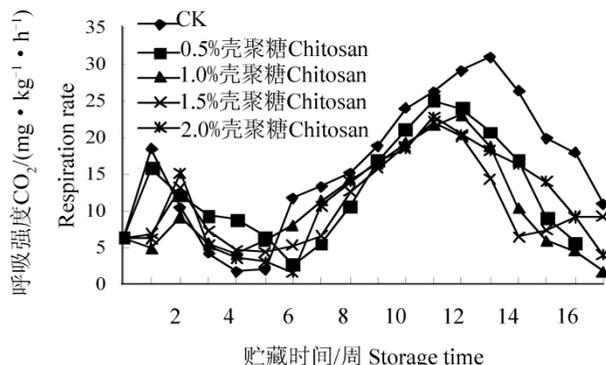


图 2 壳聚糖对金柑果实呼吸强度的影响

Fig. 2 Effect of chitosan on respiration rate in fruit during storage

2.4 壳聚糖对金柑果实总糖含量的影响

根据图 3 所示,壳聚糖处理能够有效降低总糖含量的下降速率。贮藏期间 0.5%、1.5%、2.0% 壳聚糖处理金柑总糖含量峰值出现晚于对照和 1.0% 壳聚糖处理 1 周。贮藏末期,不同浓度壳聚糖处理之间总糖含量差异不显著,但均高于对照且差异显著。从整体上看贮藏 4 周后,壳聚糖处理金柑的总糖含量均不同程度的高于对照,有利于减缓金柑总糖含量的下降。

2.5 壳聚糖对金柑果实可滴定酸的影响

根据图 4 所示,各处理可滴定酸含量均是先上升后逐渐下降。1.0% 和 1.5% 壳聚糖处理的可滴定酸含量的高峰出现晚于对照 1 周,且 1.0% 处理的峰值高于其它处理。贮藏后期,壳聚糖处理果实的可滴定酸含量均略高于对照,但差异不显著,其中 1.0% 处理效果较好。

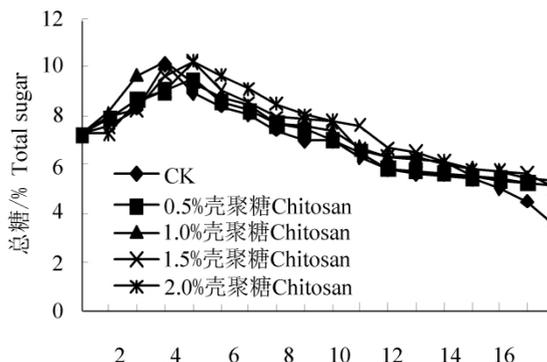


图 3 壳聚糖对金柑果实总糖的影响

Fig. 3 Effect of chitosan on total sugar in fruit during storage

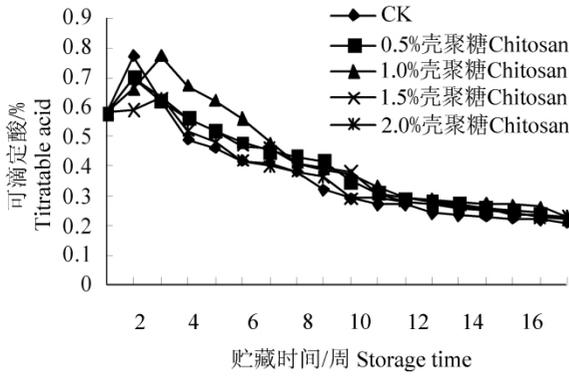


图 4 壳聚糖对金柑果实可滴定酸含量的影响  
Fig. 4 Effect of chitosan on titratable acid in fruit during storage

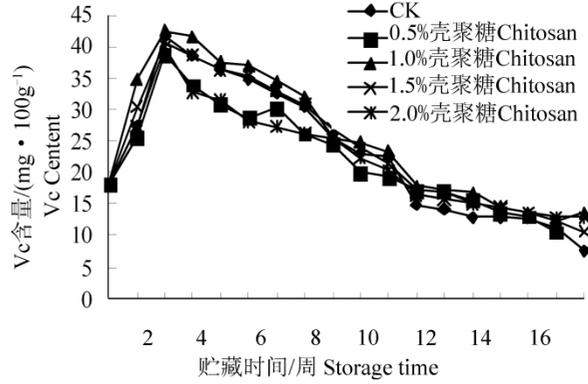


图 5 壳聚糖对金柑果实 Vc 含量的影响  
Fig. 5 Effect of chitosan on Vc content in fruit during storage

2.6 壳聚糖对金柑果实 Vc 含量的影响

从图 5 可以看出,金柑果实在贮藏期间 Vc 含量经历了一个先上升后下降的过程,对照及壳聚糖处理的果实 Vc 含量在第 2 周均达到含量高峰,而后 Vc 含量开始逐渐下降。其中 1.0% 壳聚糖处理的 Vc 含量的峰值最高,每 100 g 达到 42.51 mg。贮藏后期,1.0% 壳聚糖处理的遂川金柑 Vc 含量一直保持最高。贮藏期间,1.0% 和 1.5% 处理的金柑 Vc 含量始终高于对照,0.5%、2.0% 处理的金柑 Vc 含量前 10 周低于对照,但第 10 周后高于对照。由此可以看出,1.0% 壳聚糖处理的遂川金柑能够较好地保持 Vc 含量,从而更好地保持果实品质。

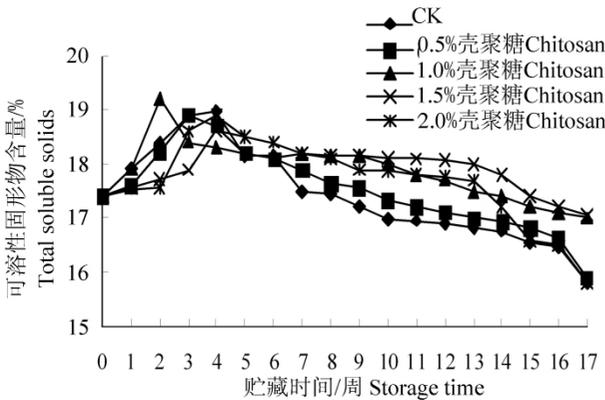


图 6 壳聚糖对金柑果实可溶性固形物含量的影响  
Fig. 6 Effect of chitosan on total soluble solids in fruit during storage

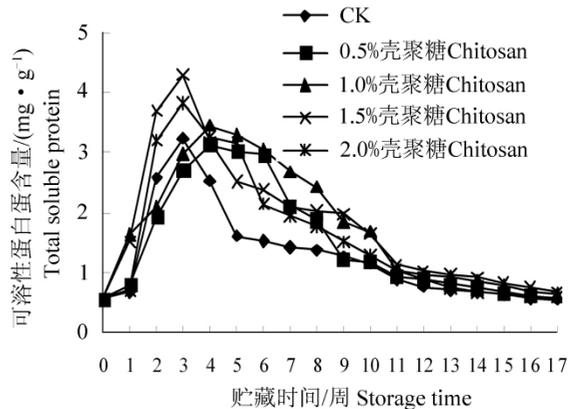


图 7 壳聚糖对金柑果实可溶性蛋白质含量的影响  
Fig. 7 Effect of chitosan on total soluble protein in fruit during storage

2.7 壳聚糖对金柑果实可溶性固形物含量的影响

由图 6 可以看出,贮藏期间,各处理的可溶性固形物含量呈现先上升后下降的趋势。贮藏第 2 周,1.0% 壳聚糖处理金柑的可溶性固形物含量达到高峰,峰值为 19.2%,明显高于对照。贮藏第 6 周,对照可溶性固形物含量开始迅速下降,各浓度壳聚糖处理的可溶性固形物含量下降较为缓慢,含量均高于对照。贮藏后期,1.0%、1.5% 壳聚糖处理金柑可溶性固形物含量高于其他处理,与对照差异显著。可见壳聚糖处理能够有效减缓金柑果实可溶性固形物含量的下降,相应延长果实的贮藏期限。

2.8 壳聚糖对金柑果实可溶性蛋白质含量的影响

从图 7 可知,贮藏期间,各处理的可溶性蛋白质含量均先上升后下降,壳聚糖处理的可溶性蛋白质含量峰值均高于对照,其中 1.5% 壳聚糖处理金柑的可溶性蛋白质含量峰值最高,其鲜质量在第 3 周达到 4.3 mg/g。1.0% 壳聚糖处理金柑的可溶性蛋白质含量的高峰比其他处理晚出现 1 周。贮藏 4~11 周期间,不同浓度壳聚糖处理的可溶性蛋白质含量明显高于对照。贮藏末期,壳聚糖处理的可溶性蛋白质含量略高于对照,但差异不显著。

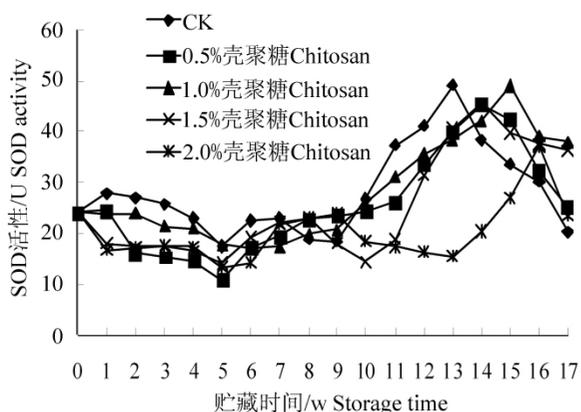


图 8 壳聚糖对金柑果实 SOD 活性的影响

Fig. 8 Effect of chitosan on SOC activity in fruit during storage

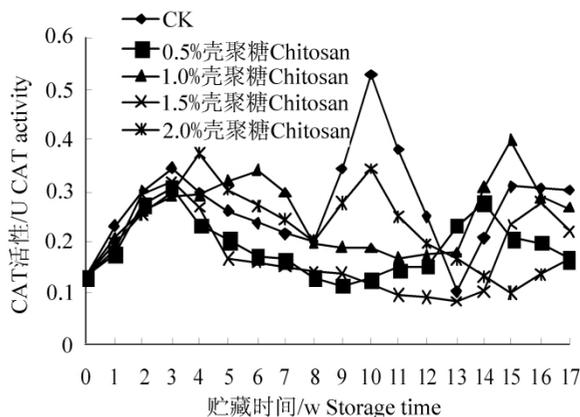


图 9 壳聚糖对金柑果实 CAT 活性的影响

Fig. 9 Effect of chitosan on CAT activity in fruit during storage

### 2.9 壳聚糖对金柑果实 SOD 和 CAT 的影响

由图 8 可见, 贮藏 1~8 周, 对照的 SOD 活性高于不同浓度壳聚糖处理的 SOD 活性。贮藏 14 周后, 0.5%、1.0% 和 1.5% 壳聚糖处理的 SOD 活性高于对照的 SOD 活性。壳聚糖处理推迟了果实 SOD 活性高峰的出现, 比对照晚 1~3 周。贮藏末期, 壳聚糖处理金柑的 SOD 活性均高于对照。

从图 9 可以看出, 贮藏前期 0.5%、1.5% 壳聚糖处理和对照同时出现第 1 个 CAT 活性高峰, 1.0% 和 2.0% 壳聚糖处理的 CAT 活性高峰出现较晚。贮藏第 10 周, 对照和 2.0% 壳聚糖再次出现 CAT 活性高峰, 对照的 CAT 峰值最高; 0.5%、1.0% 和 1.5% 壳聚糖处理的 CAT 活性高峰晚出现 3~6 周。可见, 壳聚糖处理能不同程度地推迟了果实 SOD 和 CAT 活性高峰的出现, 有利于延缓果实的衰老。

## 3 结论与讨论

本次试验用 4 个质量体积比壳聚糖保鲜剂 0.5%、1.0%、1.5%、2.0% 处理遂川金柑, 在  $(7 \pm 1)^\circ\text{C}$  的条件下进行贮藏, 通过测定其生理指标, 可以看出壳聚糖处理均降低了遂川金柑的腐烂率、失重率和呼吸强度, 延缓了  $V_c$ 、可滴定酸、总糖、可溶性固形物含量的下降。结果表明: 壳聚糖涂膜处理有效保持了金柑的品质, 延长了保鲜期, 其中 1.0% 壳聚糖处理的贮藏效果最佳。

据报道, 上官新晨等<sup>[1]</sup>用 0.8% 壳聚糖涂膜处理金柑, 在室温条件下对金柑的保鲜效果较好, 这与我们的研究结果是一致的; 但彭湘莲等<sup>[6-7]</sup>研究发现单独采用壳聚糖涂膜保鲜金柑的效果不佳, 存在不同程度的发霉率和水肿病。因此, 有必要研究壳聚糖添加其它抑菌保鲜成分, 复合涂膜以达到协同抑菌、保鲜的目的。彭湘莲等确定金柑涂膜保鲜剂的最佳配方是: 壳聚糖 2.0%, 山梨酸钾 0.05%, 脱氢醋酸钠 0.3 g/kg, 4.0% 氯化钙, 这可能是由于金柑在不同贮藏环境条件下壳聚糖处理效应有所差异, 具体原因还有待进一步研究。我们认为在低温条件下壳聚糖涂膜处理更能降低金柑的腐烂率, 并保持其固有品质。此外, 我们研究发现壳聚糖处理南丰蜜桔<sup>[19]</sup>、猕猴桃<sup>[20]</sup>的最佳处理浓度分别为 1.5% 和 2.0%, 说明不同果实所要求的壳聚糖处理浓度不同, 同时也说明了壳聚糖作为一种天然保鲜剂在果蔬保鲜方面将有很大的推广应用价值。

### 参考文献:

[1] 罗彩霞, 李庆鸿, 张可祯. 金柑无公害简易大棚挂树保鲜的研究[J]. 湖南农业科学, 2005(2): 76-78.  
 [2] 周超华, 章康华. 江西金柑产业发展的对策研究[J]. 江西园艺, 2002(5): 2-3.  
 [3] 吴擢溪, 潘文忠, 陈鸿. 金柑栽培与开发利用研究进展[J]. 林业科技开发, 2004, 18(6): 6-8.  
 [4] 上官新晨, 肖锡湘, 蒋艳. 壳聚糖涂膜保鲜金柑的研究[J]. 食品研究与开发, 2008, 4(4): 155-158.  
 [5] 刘腾火, 黄先荣. 金弹留树保鲜技术研究[J]. 福建果树, 2004(3): 76-78.  
 [6] 彭湘莲, 李忠海, 钟海雁, 等. 壳聚糖在金弹金柑保鲜中的应用研究[J]. 食品与机械, 2007, 23(3): 102-105.  
 [7] 付红军, 彭湘莲. 壳聚糖涂膜保鲜对金柑采后生理的影响[J]. 食品与机械, 2009, 25(6): 40-42.

(下转第 464 页)

- regulation by phosphate deprivation [J]. *J Biol Chem* 2002 277(31):27772-27781.
- [10] Sambrook J, Ritsch E F, Aniaty T. *Molecular cloning: A laboratory manual* [M]. 2<sup>nd</sup> ed. New York: Cold Spring Harbor Laboratory Press, 1989.
- [11] 望天志, 吴鼎泉, 黄在银, 等. 紫色酸性磷酸酯酶模型化合物水解 ATP 的研究 [J]. *物理化学学报* 1997 13(7):644-646.
- [12] Lang P, Schultzberg M, Andersson G. Expression and distribution of tartrate-resistant purple acid phosphatase in the rat nervous system [J]. *J Histochem Cytochem*, 2001 49(3):379-396.
- [13] EK-rylander B, Barkhen T, Ljusberg J, et al. Comparative studies of rat recombinant purple acid phosphatase and bone tartrate-resistant acid phosphatase [J]. *Biochem J*, 1997 32(1):305-311.
- [14] 李东屏, 王道文. 3 个拟南芥紫色酸性磷酸酯酶的 cDNA 克隆及体外表达 [J]. *湖南师范大学: 自然科学版* 2003, 26(3):78-82.
- [15] Hegeman C E, Grabau E A. A novel phytase with sequence similarity to purple acid phosphatases is expressed in cotyledons of germinating soybean seedlings [J]. *Plant Physiol*, 2001, 126(4):598-608.
- [16] 翟会芳, 江幸福, 罗礼智. 甜菜夜蛾 *HSP90* 基因克隆及高温胁迫下其表达量的变化 [J]. *昆虫学报* 2010, 53(1):20-28.
- [17] 杜尧, 马春森, 赵清华, 等. 高温对昆虫影响的生理生化作用机理研究进展 [J]. *生态学报* 2007 27(4):1565-1572.
- 

(上接第 444 页)

- [8] 郭开宇, 赵谋明. 甲壳素/壳聚糖的研究进展及其在食品工业中的应用 [J]. *食品与发酵工业* 1999 26(1):59-63.
- [9] 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):856-868.
- [10] 郭振楚. 甲壳素研究进展 [J]. *日用化学工业* 1997(2):29-38.
- [11] 胡文玉, 吴姣莲. 壳聚糖的性质和用途及其在农业上的应用前景 [J]. *植物生理学通讯* 1994 30(4):294-296.
- [12] 单春会, 董军茂, 冯世江. 壳聚糖及其衍生物涂膜保鲜果蔬的研究现状与展望 [J]. *中国食品与营养* 2004(12):29-31.
- [13] 夏文水, 陈洁. 甲壳素和壳聚糖的化学特性及其应用 [J]. *无锡轻工业学院学报* 1994 13(2):162.
- [14] 秦卫东. 壳聚糖及其在食品加工中的应用 [J]. *江苏食品与发酵* 1998(2):30.
- [15] Krochta J M. Control of mass transfer in food with edible-coating and films [J]. *Advance in Food Engineering*, 1992:517-536.
- [16] 朱子华, 何贵友, 盛恒彬. 壳聚糖及其在果蔬保鲜上的应用机理 [J]. *河南林业科技* 2005 25(1):7-10.
- [17] 曹健康, 姜微波, 赵玉梅. *果蔬采后生理生化实验指导* [M]. 北京: 中国轻工业出版社 2007.
- [18] 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.
- [19] 林玲, 陈金印. 壳聚糖处理对“杨小-2 $\beta$ ”南丰蜜桔果实采后生理及贮藏效果的影响 [J]. *江西农业大学学报* 2010, 32(1):45-50.
- [20] 曾荣, 李平, 陈金印. 天然保鲜剂处理对贮藏中猕猴桃果实品质的影响 [J]. *江西农业大学学报* 2004 26(4):611-615.