

纳米壳聚糖涂膜对鲜切茭白品质的影响

周静峰¹, 罗海波^{1,2}, 王隼¹, 江凯¹, 郁志芳²

(1. 浙江医药高等专科学校生物与食品系, 浙江宁波 315100)(2. 南京农业大学食品科技学院, 江苏南京 201195)

摘要: 研究了纳米壳聚糖涂膜对鲜切茭白品质的影响。鲜切茭白分别在去离子水(对照)、10 g/L壳聚糖或10 g/L壳聚糖+1.5 g/L纳米壳聚糖溶液中浸泡3 min, 自然晾干包装后于1±0.5 °C下贮藏12 d。贮藏过程中每3 d测定鲜切茭白的白色指数(WI)、硬度、失重率及木质素、还原糖、抗坏血酸含量, PAL、SOD、CAT和POD活力。结果显示, 纳米壳聚糖涂膜显著抑制了鲜切茭白WI值的下降和木质素含量的增加, 维持了相对高的硬度及还原糖和抗坏血酸含量; 贮藏12 d后失重率为1.12%; PAL和POD活性显著低于对照(P<0.05), SOD和CAT活性显著高于对照(P<0.05)。以上结果表明, 纳米壳聚糖涂膜能有效延缓鲜切茭白褐变和木质化, 提高抗氧化酶类活性, 提示纳米壳聚糖涂膜具有商业上控制鲜切茭白品质劣变的潜在价值。

关键词: 鲜切茭白; 纳米壳聚糖; 褐变; 木质化; 货架寿命

文章编号: 1673-9078(2013)8-1883-1887

Effect of Nano-chitosan Coating on Quality of Fresh-cut *Zizania latifolia*

ZHOU Jing-feng¹, LUO Hai-bo^{1,2}, WANG Jun¹, JIANG Kai¹, YU Zhi-fang²

(1. Department of Biology and Food, Zhejiang Pharmaceutical College, Ningbo, 315100, China)

(2. College of Food Science & Technology, Nanjing Agricultural University, Nanjing, 210095, China)

Abstract: The effect of nano-chitosan coating on the quality of fresh-cut *Z. latifolia* was investigated. Fresh-cut *Z. latifolia* slices were dipped into deionised water (the control), 10 g/L chitosan or the mixture of 10 g/L chitosan and 1.5 g/L nano-chitosan for 3 min, and then dried, packaged and finally stored for 12 days at 1±0.5 °C. Changes in whiteness index (WI), firmness, weight loss, lignin, reducing sugar and ascorbic acid contents, phenylalanine ammonia-lyase (PAL), superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) and peroxidase (POD) activities were evaluated at intervals of two days. The results showed that the nano-chitosan coating significantly inhibited the decline of WI value and the increase of lignin content, maintained relatively high firmness, reducing sugars and ascorbic acid contents of fresh-cut *Z. latifolia*. After a 12-day storage at 1±0.5 °C, the weight loss of the fresh-cut *Z. latifolia* slices was 1.12%. The treatment also inhibited the activities of PAL and POD but promoted SOD and CAT activities compared with the control. The present findings indicated that the nano-chitosan coating could inhibit browning and lignification and improve antioxidant enzymes activities, which suggested that the nano-chitosan coating had potential commercial value in controlling quality deterioration of fresh-cut *Z. latifolia*.

Key words: fresh-cut *Zizania latifolia*; nano-chitosan; browning; lignification; shelf life

褐变和木质化是许多根茎类蔬菜采后贮藏品质劣变的重要因素, 尤其在鲜切蔬菜中。蔬菜采后贮藏期间色泽的改变及木质素的合成不仅可引起蔬菜产品感观性状的下降, 更重要的会造成营养损失而丧失商品价值^[1]。茭白作为茎类蔬菜之一, 褐变和木质化也是造成其鲜切产品贮藏销售过程中品质快速下降的重要原因, 如何延缓鲜切茭白褐变和木质化、延长其保鲜时间成为科学家和企业家迫切需要解决的问题。

已有研究表明, 不同物理化学保鲜技术如冷藏、

收稿日期: 2013-05-02

基金项目: 浙江省教育厅科研项目一般项目资助(Y201226170)

作者简介: 周静峰(1978-), 男, 实验师, 从事食品加工与贮藏方面的研究

通讯作者: 郁志芳(1960-), 男, 博士, 教授, 主要从事果蔬采后生物学与贮藏加工研究

气调及化学药剂浸泡处理等均能在一定程度上延缓轻度加工茭白或鲜切茭白的褐变和木质化进程^[2-3], 但保鲜效果有待提高。纳米材料复合涂膜技术是近年来发展起来的一种鲜切蔬菜保鲜技术^[4]。徐庭巧等^[5]研究发现, 纳米 SiO_x/壳聚糖复合物涂膜处理可显著抑制鲜切荸荠褐变指数的增加, 延长货架寿命, 保鲜效果明显优于壳聚糖单独涂膜处理。罗自生等^[6]采用壳聚糖/纳米碳酸钙复合物涂膜处理鲜切山药, 显著抑制了PPO和POD活性, 延缓总酚含量和褐变指数的增加, 延长了货架寿命。

本试验研究纳米壳聚糖涂膜处理对鲜切茭白冷藏期间品质的影响, 以期揭示纳米壳聚糖涂膜处理调节鲜切茭白品质劣变的机理, 为纳米壳聚糖在鲜切茭白贮运保鲜中的应用提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 原料

新鲜茭白购自宁波市蔬菜副食品批发交易市场,选择肉质茎长短、粗细均一的茭白于1℃下预冷24 h后去除茭壳、茎尖和基部粗老不可食部分,切成约5 mm厚的薄片,冰水清洗后立即在清水(对照)、10 g/L壳聚糖或10 g/L壳聚糖+1.5 g/L纳米壳聚糖溶液中浸泡3 min,捞出沥干后,按每样品重300 g左右装入塑料保鲜袋(400×280×0.02 mm)挽口包装,置(1±0.5)℃下贮藏12 d。每处理重复三次,贮藏期间每3 d测定一次相关指标。

1.2 试剂

磷酸氢二钠、磷酸二氢钠、草酸、3,5-二硝基水杨酸、2,6-二氯靛酚、三氯乙酸、硫代巴比妥酸、核黄素、二硫苏糖醇、蛋氨酸、氮蓝四唑、β-巯基乙醇、乙二胺四乙酸、L-苯丙氨酸、过氧化氢(H₂O₂)等均为分析纯,宁波市江东化学试剂有限公司;壳聚糖,南京寿德实验器材有限公司;纳米壳聚糖(粒径40~50 nm),秦皇岛市太极环纳米制品有限公司。

1.3 主要仪器设备

AB204-SRS精密电子天平, METTLER TOLEDO公司; AllegraTM64R台式高速冷冻离心机,德国贝克曼公司; WSC-S色差仪,广州市新技精密仪器有限公司; QTS-Texture Analyser, CNS FARNELL公司; Varian Cary 100紫外-可见分光光度计,美国Varian公司等。

1.4 试验方法

1.4.1 色泽测定

用WSC-S型色差仪测定茭白片的CIEL、a*、b*值。L表示色明度, L=0为黑色, L=100为白色; a+表示红色程度, a-表示绿色程度; b+表示黄色程度, b-表示蓝色程度; 根据公式 $WI=100-[(100-L)^2+a^2+b^2]^{1/2}$ 计算出白色指数值^[7]。

1.4.2 木质素含量测定

采用Klason法测定^[7]。

1.4.3 失重率测定

采用称重法,失重率%=(贮藏前质量-贮藏后质量)×100/贮藏前质量

1.4.4 硬度测定

用QTS-Texture Analyser型质构仪测定,测试深度为2 mm,探头直径为4 mm,取峰值,每次处

理取10片茭白,每片测定2次,取平均值。

1.4.5 还原糖含量测定

采用3,5-二硝基水杨酸比色法测定^[7]。

1.4.6 抗坏血酸含量测定

采用2,6-二氯靛酚滴定法测定^[8]。

1.4.7 苯丙氨酸解氨酶(PAL)活性测定

采用徐庭巧等^[9]的方法稍作修改。以pH8.7、0.1 mol/L的硼酸-硼砂缓冲液(内含1 mmol/L EDTA、20 mmol/L β-巯基乙醇及1% PVPP)为酶提取液,以0.6 mmol/L的L-苯丙氨酸溶液为反应底物,酶液添加量0.2 mL,测定酶液反应体系的吸光值,以1 h内A₂₉₀值变化0.01所需的酶量为1个酶活力单位。

1.4.8 过氧化物酶(POD)活性测定

采用连续记录测定法测定^[7]。

1.4.9 超氧化物歧化酶(SOD)活性测定

采用氮蓝四唑光还原法测定^[7]。

1.4.10 过氧化氢酶(CAT)活性测定

采用连续记录测定法测定^[7]。

1.5 数据处理

试验每个处理均重复三次,试验结果表示为三次测定平均值±标准误差,并用统计软件SPSS 19.0进行显著性分析(LSD; P<0.05),用Excel软件作图。

2 结果与分析

2.1 数据处理

图1a显示,鲜切茭白冷藏期间白色指数(WI)值持续下降,贮藏12 d时为入贮时的57.92%。壳聚糖和纳米壳聚糖涂膜处理在贮藏前3 d与对照均无明显差异,3 d后壳聚糖处理组WI值显著高于对照,纳米壳聚糖处理组WI值在贮藏第6 d显著低于对照,但在第9和12 d显著高于对照(P<0.05)。贮藏结束时壳聚糖和纳米壳聚糖涂膜处理组WI值分别为入贮时的74.03%和75.29%。鲜切茭白冷藏期间木质素含量持续增加(图1b),对照茭白木质素积累最多,贮藏结束时比入贮时增加了139.28%。壳聚糖和纳米壳聚糖涂膜处理在贮藏前3 d木质素含量与对照无显著差异,随后均显著低于对照(P<0.05)。因此,纳米壳聚糖涂膜处理能有效抑制鲜切茭白褐变和木质化。

2.2 纳米壳聚糖涂膜处理对鲜切茭白失重率

和硬度的影响

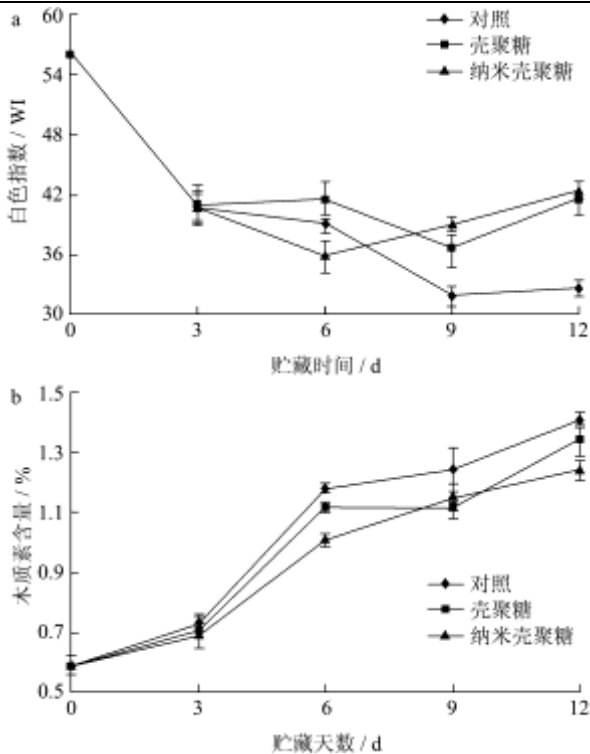


图1 壳聚糖(或纳米壳聚糖)对鲜切茭白冷藏过程中色泽和木质素含量的影响

Fig.1 Effects of chitosan or nano-chitosan on color (a) and lignin content (b) of fresh-cut *Z. latifolia* during storage at 1 °C

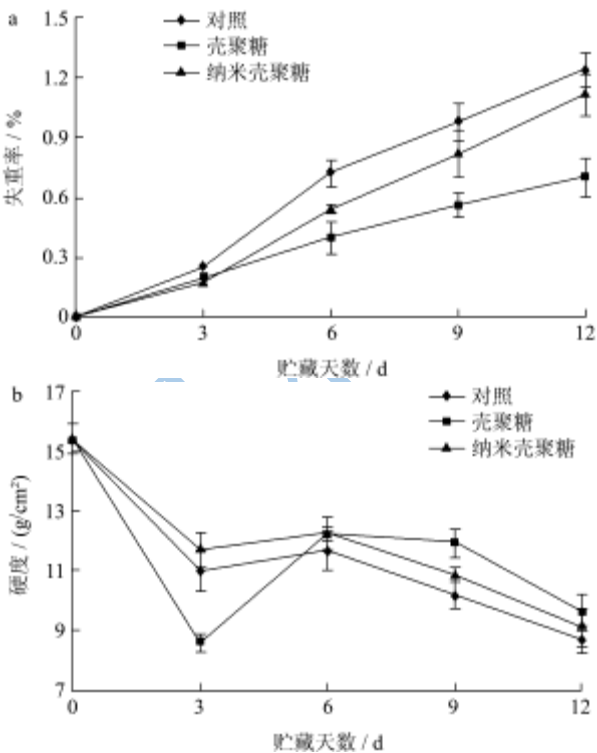


图2 壳聚糖(或纳米壳聚糖)对鲜切茭白冷藏过程中失重率和硬度的影响

Fig.2 Effects of chitosan or nano-chitosan on weight loss (a) and firmness (b) of fresh-cut *Z. latifolia* during storage at 1 °C

图2a和2b显示,鲜切茭白贮藏期间失重率迅速

上升而硬度持续下降。壳聚糖和纳米壳聚糖涂膜处理整体上均显著抑制了鲜切茭白失重率的上升和硬度的下降。然而,比较壳聚糖和纳米壳聚糖涂膜处理可见,贮藏期间壳聚糖涂膜处理在抑制失重率上升和硬度下降方面要优于纳米壳聚糖,这是否与试验所选纳米壳聚糖浓度和/或粒径未达最适条件有关还是确实如此值得研究。

2.3 纳米壳聚糖涂膜处理对鲜切茭白还原糖

和抗坏血酸含量的影响

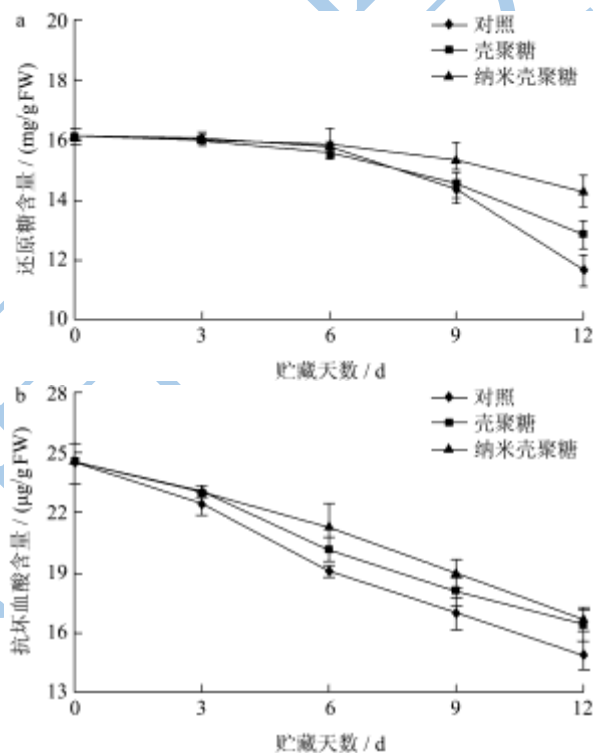


图3 壳聚糖(或纳米壳聚糖)对鲜切茭白冷藏过程中还原糖和抗坏血酸含量的影响

Fig.3 Effects of chitosan or nano-chitosan on reducing sugar (a) and ascorbic acid (b) contents of fresh-cut *Z. latifolia* during storage at 1 °C

图3a显示,鲜切茭白贮藏期间还原糖含量呈下降趋势,且贮藏前6d下降较慢,随后快速下降,以对照下降最明显,贮藏12d时仅为入贮时的72.09%。壳聚糖涂膜处理延缓了鲜切茭白还原糖含量的下降,但仅在贮藏12d时达到显著水平;纳米壳聚糖涂膜处理还原糖含量在贮藏前6d略高于对照,随后显著高于对照(P<0.05)。图3b显示,鲜切茭白抗坏血酸含量在贮藏过程中急剧下降,贮藏12d时仅保留了59.06%。壳聚糖和纳米壳聚糖涂膜处理均显著延缓了鲜切茭白抗坏血酸含量的下降,但两处理间无显著差异(P<0.05)。

2.4 纳米壳聚糖涂膜处理对鲜切茭白 PAL 和

POD 活性的影响

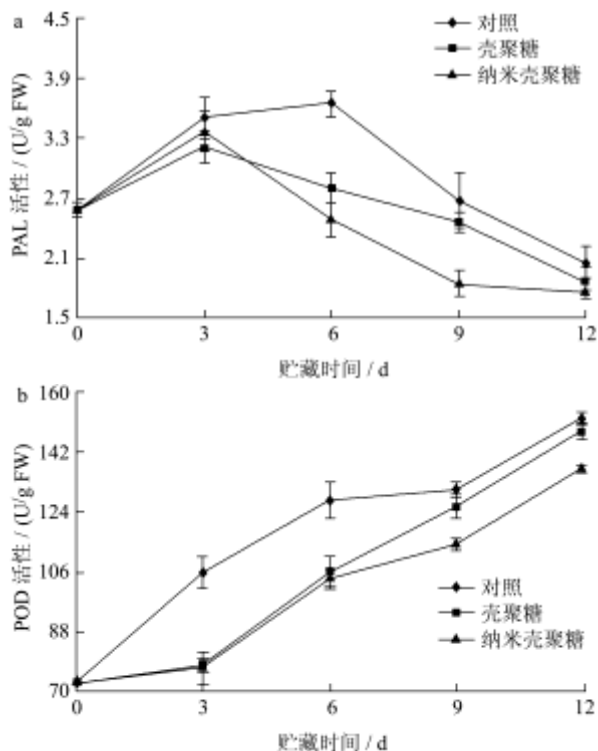


图4 壳聚糖(或纳米壳聚糖)对鲜切茭白冷藏过程中 PAL 和 POD 活性的影响

Fig.4 Effects of chitosan or nano-chitosan on PAL (a) and POD (b) activities of fresh-cut *Z. latifolia* during storage at 1 °C

图4a显示,鲜切茭白 PAL 活性贮藏前6 d呈上升的趋势,贮藏第6 d达峰值,之后逐渐下降,这可能与切分机械伤胁迫早期诱导了 PAL 合成而当酚类物质含量达到一定程度后产生了反馈抑制作用有关^[9]。壳聚糖和纳米壳聚糖涂膜处理提前了鲜切茭白 PAL 峰值出现时间同时显著降低了 PAL 峰值,且在整个贮藏期间显著低于对照 ($P<0.05$)。

2.5 纳米壳聚糖涂膜处理对鲜切茭白 SOD 和 CAT 活性的影响

图5a显示,鲜切茭白 SOD 活性在贮藏期间呈下降的趋势。壳聚糖涂膜处理鲜切茭白 SOD 活性在整个贮藏期间均显著高于对照 ($P<0.05$); 纳米壳聚糖涂膜处理除贮藏第9 d显著低于对照外,其余时间均显著高于对照 ($P<0.05$)。鲜切茭白 CAT 活性变化趋势持续上升(图5b)。壳聚糖涂膜处理在贮藏前9 d显著提高了鲜切茭白 CAT 活性,9 d后与对照相比无显著差异; 纳米壳聚糖涂膜处理鲜切茭白 CAT 活性在整个

贮藏期间均显著高于对照 ($P<0.05$)。

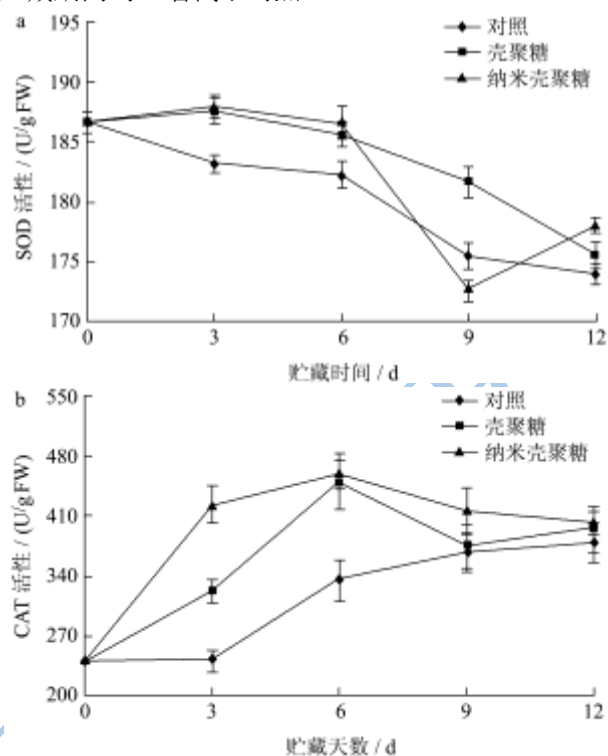


图5 壳聚糖(或纳米壳聚糖)对鲜切茭白冷藏过程中 SOD 和 CAT 活性的影响

Fig.5 Effects of chitosan or nano-chitosan on SOD (a) and CAT (b) activities of fresh-cut *Z. latifolia* during storage at 1 °C

3 讨论

褐变和木质化是许多鲜切蔬菜加工、贮藏和销售过程中普遍存在的问题。鲜切蔬菜贮藏期间褐变及木质素的合成可导致产品色泽、质地、风味等感官性状的下降和营养成分损失,严重影响产品的可接受性。茭白切分后细胞的完整性被破坏,组织中酚类物质与空气中的氧直接接触,极易在 PAL、POD 等酶的催化作用下转变成褐色物质及合成木质素,即使在适宜的贮藏温度下褐变和木质化现象也迅速发生,货架寿命大大缩短。

壳聚糖涂膜可以减少鲜切蔬菜水分损失和芳香成分挥发,抑制呼吸,延缓乙烯产生,降低生理生化反应速度,从而延缓鲜切蔬菜组织的衰老和变质,保持产品的质量和稳定性,目前已广泛应用于鲜切蔬菜的保鲜^[10]。Simões 等^[11]研究发现,以壳聚糖为涂膜材料处理鲜切胡萝卜,显著抑制了鲜切胡萝卜的白化,维持较好的综合感官品质。Xing 等^[12]采用壳聚糖对鲜切莲藕进行涂膜处理,结果表明涂膜显著抑制了鲜切莲藕的褐变,降低了呼吸速率,降低了 POD 活性和 MDA 含量,保鲜效果较好。本试验中,壳聚糖涂膜处理显著抑制了鲜切茭白 WI 值的下降和木质素积

累,维持了较低的PAL、POD活性和较高的抗氧化酶活性,从而保护了细胞膜的完整性,延缓褐变和木质化。

研究认为,在常规壳聚糖等涂膜材料中添加纳米材料(如纳米Ag、纳米碳酸钙和纳米SiO_x等)可以改进涂膜的渗透性和机械性能、形成抗菌表面,从而延缓蔬菜品质劣变的进程,提高保鲜效果^[13]。罗自生等^[14]采用1%壳聚糖/纳米SiO_x复合物涂膜处理鲜切竹笋,显著抑制了细菌总数的增加,延缓了PAL、PPO和POD活性上升和组织褐变,保鲜效果比单独使用壳聚糖要好。本试验中,纳米壳聚糖涂膜处理鲜切茭白显著延缓褐变和木质化,维持了较高的硬度、还原糖和抗坏血酸含量,显著抑制了PAL和POD活性,提高了SOD和CAT活性,最终维持鲜切茭白较好的品质,且保鲜效果优于壳聚糖单独涂膜处理。

4 结论

纳米壳聚糖涂膜处理能显著延缓鲜切茭白鲜切茭白WI值下降和木质素含量增加,减少失重率和硬度变化,维持相对高的还原糖和抗坏血酸含量,抑制木质化相关酶PAL、POD活性而提高抗氧化酶类SOD、CAT活性,表明纳米壳聚糖能有效延缓鲜切茭白褐变和木质化,提高抗氧化酶类活性,最终维持其较好的品质,提示纳米壳聚糖涂膜具有商业上控制鲜切茭白品质劣变的潜在价值。

参考文献

- [1] Toivonen P M A, Brummell D A. Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2008, 48(1): 1-14
- [2] Luo H, Jiang L, Zhang L, et al. Quality changes of whole and fresh-cut *Zizania latifolia* during refrigerated (1 °C) storage [J]. *Food and Bioprocess Technology*, 2012, 5(4): 1411-1415
- [3] Liu M, Qian B, Zhang H., et al. Sanitizer treatments alleviate lignification of sliced few-flower wildrice (*Zizania latifolia* Turcz.) [J]. *Food Research International*, 2010, 43(10): 2363-2368
- [4] Costa C, Conte A, Buonocore G G, et al. Calcium-alginate coating loaded with silver- montmorillonite nanoparticles to prolong the shelf-life of fresh-cut carrots [J]. *Food Research International*, 2012, 48(1): 164-169
- [5] 徐庭巧,罗自生,解静.纳米 SiO_x/壳聚糖复合物对鲜切荸荠品质和生理的影响[J].*中国食品学报*,2011,11(4):123-128
Xu T, Luo Z, Xie J. Effects of nano-SiO_x/chitosan complex (NSCC) on the shelf life and quality of fresh-cut Chinese water chestnut [J]. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*, 2011, 11(4): 123-128
- [6] 罗自生,徐晓玲,徐庭巧,等.壳聚糖添加纳米碳酸钙助剂对鲜切山药品质的影响[J].*农业机械学报*, 2009, 40(4): 125-128
Luo z, Xu X, Xu T, et al. Effect of chitosan coating with nano-CaCO₃ appendix on quality of fresh cut Yam[J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2009, 40(4): 125-128
- [7] 罗海波,郁志芳.鲜切茭白品质劣变机理及控制技术研究[D].南京:南京农业大学,2011
Luo H, Yu Z. Studies on the mechanism of quality deterioration and preservation technology of fresh-cut *Zizania latifolia* [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2011
- [8] Mantilla N, Castell-Perez M E, Gomes C, et al. Multilayered antimicrobial edible coating and its effect on quality and shelf-life of fresh-cut pineapple (*Ananas comosus*) [J]. *LWT - Food Science and Technology*, 2013, 51(1): 37-43
- [9] 马玉荣, Mikal Saltveit, 王庆国.鲜切生菜伤害信号的初步研究[J].*中国农学通报*,2010,26(22):165-169
Ma Y, Mikal S, Wang Q. Preliminary research on wound signalin fresh-cut lettuce [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2010, 26(22): 165-169
- [10] 姜秋焕,叶盛权,叶春海,等.壳聚糖涂膜对鲜切菠萝蜜的保鲜作用[J].*现代食品科技*,2012,28(1):14-17.
Jiang Q, Ye S, Ye C, et al. Study on preservation of fresh-cut jackfruit by chitosan film [J]. *Modern Food Science and Technology*, 2012, 28(1): 14-17
- [11] Simões A D N, Tudela J A, Allende A, et al. Edible coatings containing chitosan and moderate modified atmospheres maintain quality and enhance phytochemicals of carrot sticks [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2009, 51(3):364-370
- [12] Xing Y, Li X, Xu Q, et al. Effects of chitosan-based coating and modified atmosphere packaging (MAP) on browning and shelf life of fresh-cut lotus root (*Nelumbo nucifera* Gaerth) [J]. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2010, 11(4): 684- 689
- [13] Chau C F, Wu S H, Yen G C. The development of regulations for food nanotechnology [J]. *Trends in Food Science & Technology*, 2007, 18(5):269-280
- [14] 罗自生,张莉.壳聚糖/纳米 SiO_x复合物涂膜对鲜切竹笋品质和生理的影响[J].*中国农业科学*,2010,43(22): 4694- 4700

Luo Z, Zhang L. Effect of chitosan/nano-SiO_x complex on quality and physiology of fresh-cut bamboo shoot [J].

Scientia Agricultura Sinica, 2010, 43(22): 4694-4700

现代食品科技