

# 壳聚糖涂膜藕带的护色工艺研究

李 珊<sup>1</sup>, 朱 毅<sup>1</sup>, 傅达奇<sup>1</sup>, 朱本忠<sup>1</sup>, 左进华<sup>2</sup>, 罗云波<sup>1</sup>

(1. 中国农业大学 食品科学与营养工程学院, 北京 100083; 2. 国家蔬菜工程技术研究中心, 北京 100097)

**摘 要:**以藕带为试材,研究了维生素 C、植酸、亚硫酸氢钠和亚硫酸钠 4 种护色剂对藕带的护色效果及藕带品质的影响;比较分析了烫漂灭酶、浸泡和真空渗透工艺对壳聚糖涂膜藕带的护色效果。结果表明:藕带的最佳护色工艺为真空渗透护色保鲜液,保鲜液的成分为:0.2% 维生素 C+0.6% 植酸+0.2% 柠檬酸+1% 氯化钙,该工艺既能达到优良的护色效果,同时可以保持藕带的脆度和硬度;保鲜液处理后,涂膜 2% 壳聚糖溶液,保鲜膜包裹,利于藕带的持久护色。

**关键词:**藕带;壳聚糖涂膜;护色;真空渗透

**中图分类号:**S 645.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)05-0129-05

藕带(Lotus sprout)学名莲鞭,又名藕梁、藕苔、藕肠子,是荷的地下茎,横生于泥中,并不断的分支蔓延。这种地下茎在生长前期白嫩细长,即为藕带。新鲜的藕带有较好的脆性,风味佳,营养丰富,但在贮藏中极易褐变和变软<sup>[1]</sup>。

护色保鲜是果蔬采后贮藏中的关键技术环节,根据护色原理不同,一般可将护色保鲜分为物理护色保鲜、化学护色保鲜和生物护色保鲜。物理护色技术只能在一定程度上减慢果蔬褐变速度,减轻果蔬褐变的程度,而不能完全保证果蔬的良好色泽,因此需要结合化学护色保鲜和生物护色保鲜<sup>[2]</sup>。化学保鲜技术中的硫试剂的还原作用可破坏酶的氧化系统,组织氧化作用,同时兼有漂白和杀菌等多种作用,但亚硫酸盐对人体健康有害,美国 FDA 已禁止其在鲜切产品中使用<sup>[3]</sup>;王清彰等<sup>[4]</sup>研究了抗坏血酸、柠檬酸和亚硫酸氢钠等化学护色剂,对莲藕褐变的抑制作用。生物保鲜剂是利用生物代谢物及其衍生物开发出的具有护色、防腐和延缓采后果蔬贮藏期的一类天然食品保鲜剂,如壳聚糖等。有研究表明,壳聚糖具有成膜性、抗菌活性和诱导防御作用,已广泛应用于果蔬保鲜<sup>[5-7]</sup>。

现以藕带为试材,研究了维生素 C、植酸、亚硫酸氢钠和亚硫酸钠 4 种护色剂对藕带的护色效果及藕带品质的影响;并对烫漂灭酶、浸泡和真空渗透工艺对壳聚糖涂膜藕带的护色效果进行了比较研究,以期得到藕带

的最佳护色剂和护色工艺,为藕带的贮藏保鲜提供理论参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

新鲜藕带购自武汉白沙洲批发大市场。藕带于采购第 1 天用加冰保温箱封装,加冰保证了低温和湿度环境,装箱减少藕带与空气的接触。藕带于第 2 天上午运到实验室,立即放入冷库贮藏,并尽快进行后续处理。试验仪器:CT3.10K.230 质构仪,美国 Brookfield 公司;WSC-S 型全自动色差仪,上海仪电分析仪器有限公司;冷库,中国农业大学食品科学与营养工程学院提供;保鲜膜为 PE 级食品保鲜膜;SHB-III 型循环水式多用真空泵,郑州长城科工贸有限公司。

### 1.2 试验方法

1.2.1 护色工艺流程 原料选择→洗净、切分→次氯酸钠溶液浸泡灭菌→漂洗、沥干→护色→0~5℃冷藏。

1.2.2 护色操作要点 原料选择:选择新鲜、无损伤且粗细较均匀的藕带;切分:切成约 8~10 cm 长的段状;护色:一是护色剂选择:浸泡保鲜液的种类为:维生素 C、植酸、亚硫酸钠、亚硫酸氢钠;浓度分别为:0.2%、0.4%、0.6%;二是护色工艺对比:a. 浸泡 0.2% 亚硫酸氢钠 20~30 min 后,真空渗透保鲜液,2%、4% 壳聚糖涂膜后保鲜膜包裹;b. 真空渗透保鲜液,2%、4% 壳聚糖涂膜后保鲜膜包裹;c. 蒸汽烫漂 2 min 后,真空渗透保鲜液,2% 壳聚糖涂膜后保鲜膜包裹,真空包装;d. 真空渗透保鲜液,2% 壳聚糖涂膜后保鲜膜包裹,真空包装。保鲜液成分为:0.2% 维生素 C+0.6% 植酸+0.2% 柠檬酸+1% 氯化钙,氯化钙具有一定的保脆作用。真空渗透保鲜液,采用循环水式真空泵,连接盛有保鲜液的干燥器制造真空环境,藕带完全浸入其中,保鲜液在负压环境下进入藕带组织,真空度为 0.08 MPa,抽真空时间为 15 min,至基本无气泡放出。壳聚糖涂膜的方法:壳聚糖的溶解

**第一作者简介:**李珊(1988-),女,硕士,研究方向为果蔬采后贮藏保鲜。E-mail:lishan-987@163.com.

**责任作者:**罗云波(1958-),男,博士,教授,博士生导师,研究方向为农产品贮藏保鲜。E-mail:lyb@cau.edu.cn.

**基金项目:**农村领域国家“十二五”科技计划资助项目(2012BAD38B02-04)。

**收稿日期:**2012-10-31

配比为壳聚糖:柠檬酸=1:(1.2~1.5),藕带用壳聚糖涂膜后沥干至表面无滴落的液体,并且使藕带的气孔内无过多的液体,再进行下一步的处理。真空包装的参数为:抽真空时间 20 s,加热时间 5 s,加热温度为高温。

### 1.3 项目测定

**1.3.1 质构测定** 采用质构仪测定藕带的硬度、脆度变化,测试类型为压缩,测定目标距离 6.0 mm,测试参数:触发点负载,7 g;测试速度,2 mm/s;返回再测试速度;探头,P/6;循环次数,1 次。质构仪测定藕带质构的曲线图中,出现的第 1 个波峰为压缩藕带表层抗压力的取值,为脆度值;整个曲线图中,波峰值最大处的藕带组织抗压力的取值,为硬度值。

**1.3.2 色度的测定** 采用 WSC-S 型全自动测色色差计测定藕带的颜色,采用 Hunter 系统中的参数 L 来表示,L(Lightness)称为明度指数,L=0 表示黑色,L=100 表示白色,L 值越小,表示颜色的色度越低,褐变越严重;L 值大,表示藕带色泽好。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同护色剂对藕带护色效果及品质的影响

**2.1.1 维生素 C 对藕带护色效果及品质的影响** 由图 1 可以看出,维生素 C 具有一定的护色效果,0.2% 的维生素 C 护色效果最佳。但随着贮藏时间的延长,藕带的色泽会逐渐下降,说明维生素 C 护色剂不能完全抑制藕带褐变的发生。从图 2 可以看出,维生素 C 不同程度造成了藕带脆度的下降,护色剂处理后 1 周内,藕带的脆度下降幅度最明显,但在可接受的范围内。因此维生素 C 不是很好的护色剂。硬度值是反应藕带组织内部结构完整和抗压性的指标,从图 3 可以看出,维生素 C 不同程度造成了藕带硬度值下降。但是,硬度值的下降幅度在可接受的范围内。

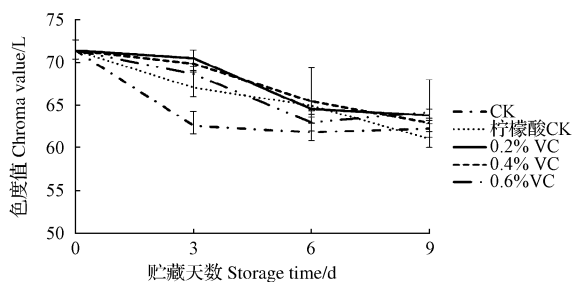


图 1 维生素 C 护色剂对贮藏期藕带色度的影响

Fig. 1 The effect of Vitamin C color-protecting agent on chroma of lotus sprout during storage

**2.1.2 植酸护色剂对藕带护色效果及品质的影响** 从图 4 可以看出,植酸具有一定的护色效果,0.6% 为植酸护色的最佳浓度。但随着贮藏时间的延长,藕带的色泽会逐渐下降,说明植酸护色剂也不能完全抑制褐变的发生。从图 5 可以看出,植酸可不同程度造成藕带脆度的下降,护色剂处理后 1 周内,藕带的脆度下降幅度最明

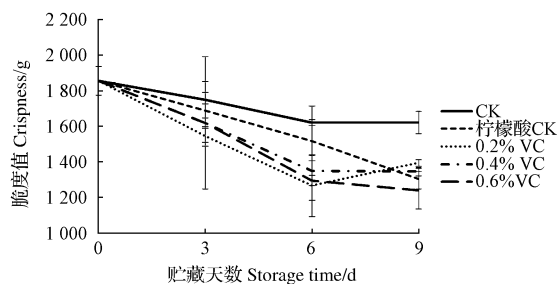


图 2 维生素 C 护色剂对贮藏期藕带脆度的影响

Fig. 2 The effect of Vitamin C color-protecting agent on crispness of lotus sprout during storage

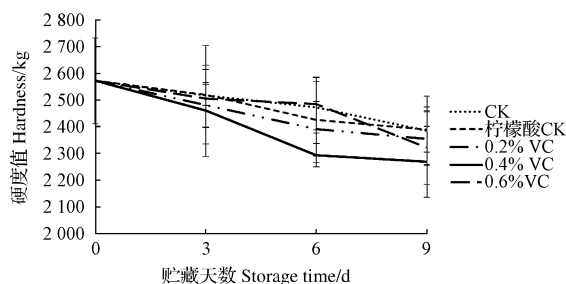


图 3 维生素 C 护色剂对贮藏期藕带硬度的影响

Fig. 3 The effect of Vitamin C color-protecting agent on hardness of lotus sprout during storage

显,但在可接受的范围内。从图 6 可以看出,植酸均不同程度造成了藕带硬度值下降。但是,硬度值的下降幅度在可接受的范围内。

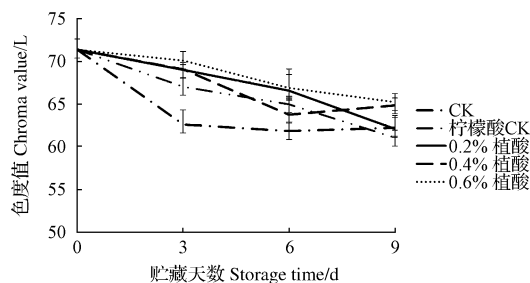


图 4 植酸护色剂对贮藏期藕带色度的影响

Fig. 4 The effect of Phytic acid color-protecting agent on chroma of lotus sprout during storage

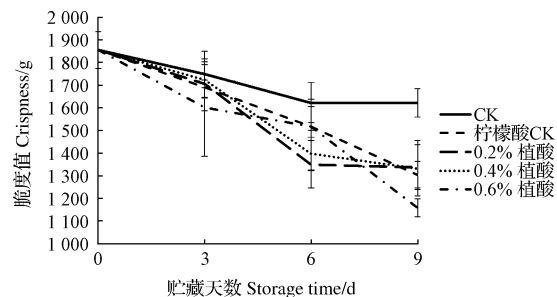


图 5 植酸护色剂对贮藏期藕带脆度的影响

Fig. 5 The effect of phytic acid color-protecting agent on crispness of lotus sprout during storage

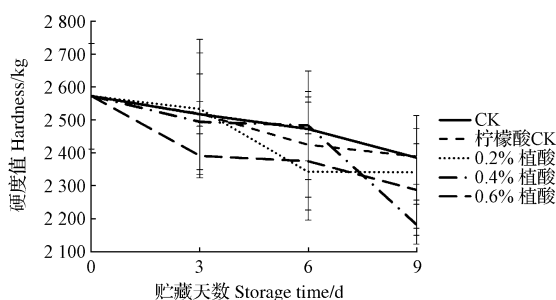


图6 植酸护色剂对贮藏期藕带硬度的影响

Fig. 6 The effect of phytic acid color-protecting agent on hardness of lotus sprout during storage

2.1.3 亚硫酸钠对藕带护色效果及品质的影响 从图7可以看出,亚硫酸钠具有一定的护色效果,浓度过高,反而不利于藕带色泽的保持,0.2%为亚硫酸钠护色的最佳浓度。但随着贮藏时间的延长,藕带的色泽会逐渐下降,亚硫酸钠作为护色剂,明显比维生素C、植酸的护色效果好。从图8可以看出,亚硫酸钠不同程度造成了藕带脆度的下降,护色剂处理后1周后,藕带的脆度下降幅度最明显,但仍在可接受的范围内。从图9可以看出,亚硫酸钠不同程度造成了藕带硬度值下降。同样,硬度值的下降幅度在可接受的范围内。

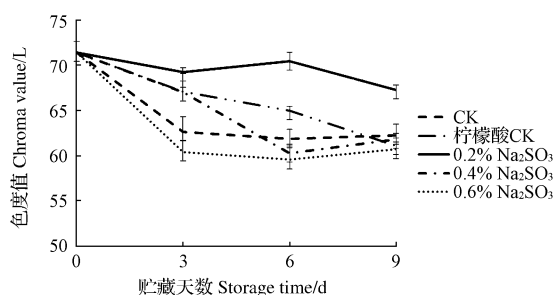
图7 Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>护色剂对贮藏期藕带色度的影响

Fig. 7 The effect of Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> color-protecting agent on chroma of lotus sprout during storage

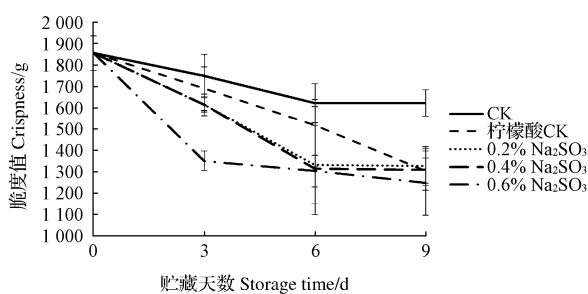
图8 Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>护色剂对贮藏期藕带脆度的影响

Fig. 8 The effect of Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> color-protecting agent on crispness of lotus sprout during storage

2.1.4 亚硫酸氢钠对藕带护色效果及品质的影响 从图10可以看出,亚硫酸氢钠具有一定的护色效果,0.4%为亚硫酸氢钠护色的最佳浓度。但随着贮藏时间的延

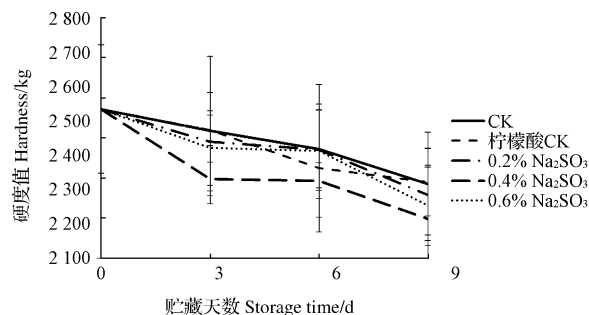
图9 护色剂 Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>对贮藏期藕带硬度的影响

Fig. 9 The effect of Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> color-protecting agent on hardness of lotus sprout during storage

长,藕带的色泽并没有降低,甚至有一定程度的上升趋势,这与亚硫酸氢钠具有一定的漂白作用有关,亚硫酸氢钠作为护色剂,有效的解决了藕带的褐变问题,护色效果明显优于维生素C、植酸和亚硫酸钠,护色效果最佳。从图11可以看出,亚硫酸氢钠不同程度造成了藕带脆度的下降。护色剂处理后1周内,藕带的脆度下降幅度最明显,贮藏期超过1周后,脆度几乎完全消失,所以亚硫酸氢钠处理,对藕带贮藏过程中藕带品质的保持,造成了不良的影响。从图12可以看出,亚硫酸氢钠也不同程度地造成了藕带硬度值下降,但硬度值的下降幅度仍在可接受的范围内。

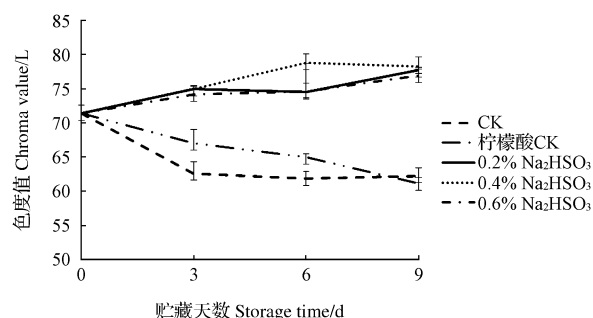
图10 NaHSO<sub>3</sub>护色剂对贮藏期藕带色度的影响

Fig. 10 The effect of NaHSO<sub>3</sub> color-protecting agent on chroma of lotus sprout during storage

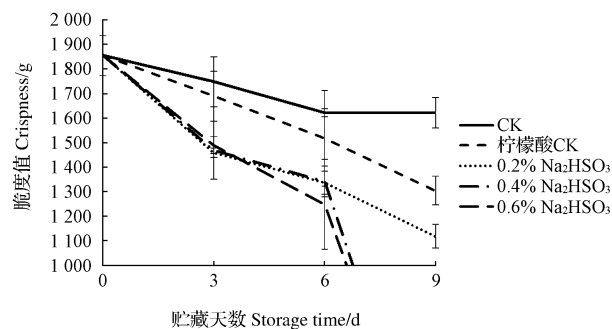
图11 NaHSO<sub>3</sub>护色剂对贮藏期藕带脆度的影响

Fig. 11 The effect of NaHSO<sub>3</sub> color-protecting agent on crispness of lotus sprout during storage

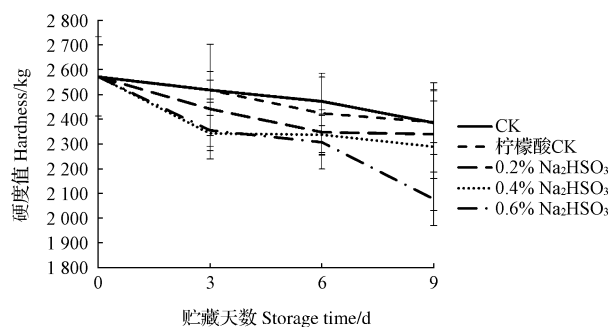
图 12  $\text{NaHSO}_3$  护色剂对贮藏期藕带硬度的影响

Fig. 12 The effect of  $\text{NaHSO}_3$  color-protecting agent on hardness of lotus sprout during storage

2.1.5 不同护色剂对藕带护色效果及品质的比较 图 13 选取了维生素 C、植酸、亚硫酸钠和亚硫酸氢钠的最佳护色浓度,进行护色效果的对比,亚硫酸氢钠具有一定的漂白作用,有利于藕带色泽的保持。在贮藏过程中,维生素 C、植酸和亚硫酸钠的护色效果,会随时间延长而下降,亚硫酸氢钠的护色效果,明显具有一定的持久性,解决了藕带在贮藏过程中色泽下降的问题。从图 3、6、9、12 可以看出,维生素 C、植酸、亚硫酸钠和亚硫酸氢钠 4 种处理,均不同程度造成了藕带硬度值下降。但是,硬度值的下降幅度均在可接受的范围内。可见,4 种护色剂的护色处理,对硬度值造成的影响,并不是评判藕带贮藏效果的关键限制因素。

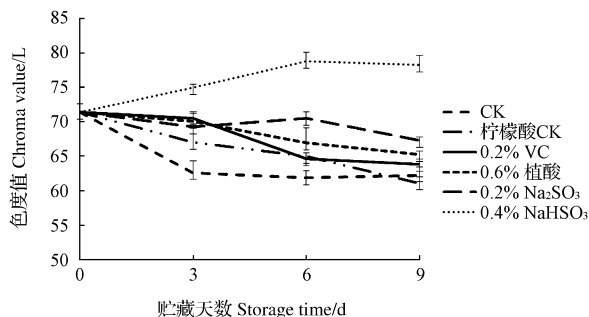


图 13 4 种护色剂护色效果的比较

Fig. 13 Comparison of 4 kinds of color on color-protecting effect

## 2.2 藕带护色工艺的选择

2.2.1 不同处理组对藕带色度的影响 从图 14 可以看出,冷藏前期,浸泡 0.2% 亚硫酸氢钠再进行真空渗透保鲜液的涂膜处理组,藕带具有更好的色泽,随着时间延长,经过亚硫酸氢钠浸泡的处理组,色度值有大幅度下降的趋势,色泽反而不如直接进行真空渗透保鲜液护色的处理组,可能是亚硫酸氢钠对藕带组织产生了伤害,导致细胞完整性下降,藕带抵抗外来不利环境的能力下降;经过真空渗透保鲜液护色的涂膜组,冷藏期间色度值变化幅度不显著,藕带能够保持良好的色泽,有利于藕带贮藏品质的保持。从图 15、16 可以看出,经过浸泡

亚硫酸氢钠的处理组,藕带的脆度和硬度值下降相对更显著,浸泡亚硫酸氢钠并不利于贮藏期藕带的脆度和硬度值保持;无论是浸泡亚硫酸氢钠护色处理组,还是直接真空渗透保鲜液护色处理组,4% 浓度的壳聚糖涂膜处理,相较于 2% 浓度涂膜,对藕带的脆度和硬度下降影响更大,2% 浓度的壳聚糖涂膜更适合藕带的贮藏;真空渗透护色保鲜液,结合 2% 壳聚糖涂膜是最佳的处理工艺。

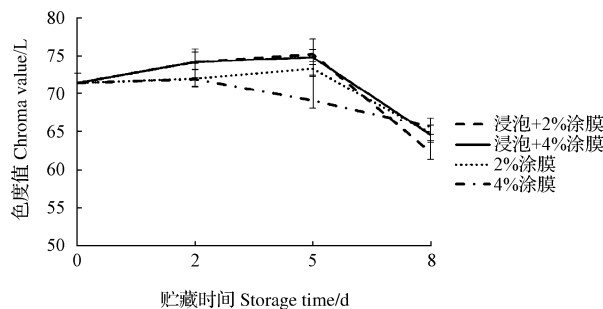


图 14 不同处理组藕带色度值的比较

Fig. 14 Comparison on color values of different treatment group lotus sprout

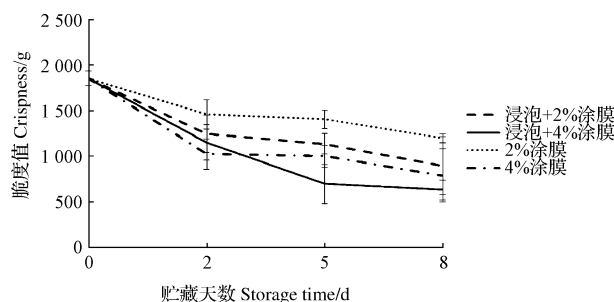


图 15 不同处理组藕带脆度值的比较

Fig. 15 Comparison on crispness values of different treatment group lotus sprout

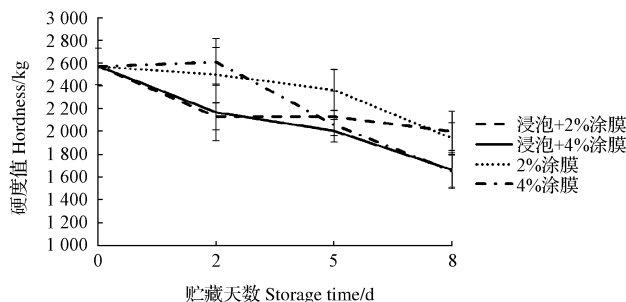


图 16 不同处理组藕带硬度值的比较

Fig. 16 Comparison on hardness values of different treatment group lotus sprout

2.2.2 烫漂灭酶与真空渗透保鲜液的护色工艺对比 从图 17 可以看出,选择最佳的烫漂灭酶方式为蒸汽烫漂 2 min<sup>[2]</sup>,经过烫漂的处理组,贮藏 5 d 后,藕带的色泽显著不如直接真空渗透保鲜液护色的处理组,真空渗透



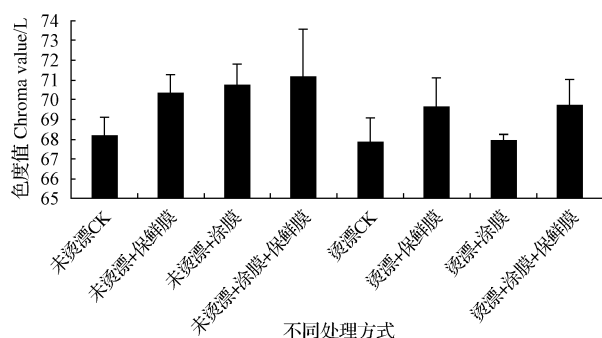


图 17 不同处理方式对藕带色度值的影响

Fig. 17 Effects of different treatments on color values of lotus sprout

保鲜液方式处理藕带,具有显著的护色效果。

### 3 结论

采用维生素 C、植酸、亚硫酸钠和亚硫酸氢钠 4 种护色剂对藕带进行护色,结果表明,亚硫酸氢钠具有最显著的护色效果,但是会导致藕带脆度大幅度下降;通过直接浸泡保鲜液和真空渗透保鲜液的对比,发现真空渗透维生素 C、植酸等成分,既能达到亚硫酸氢钠的优良护色效果,同时可以保持藕带的脆度和硬度;通过对比烫漂灭酶来抑制酶促褐变和真空渗透保鲜液的护色方式,发现选用最佳的烫漂方式,护色效果也不及真空渗透护色保鲜液。另外,壳聚糖是一种无毒,可生物降解的,β-(1-4)-2-氨基-D-葡萄糖<sup>[8]</sup>。有研究表明,壳聚糖能够减缓果蔬的呼吸,延缓褐变,提高果蔬的品质<sup>[9]</sup>。壳聚糖涂膜保鲜,既有利于藕带品质的保持,具有一定的抑菌作用<sup>[10-11]</sup>;因此藕带的最佳护色工艺为真空渗透护色保鲜液,保鲜液的成分为:0.2%维生素 C+0.6%植酸+

0.2%柠檬酸+1%氯化钙。证明保藕带经过真空渗透保鲜液护色处理,涂膜 2%壳聚糖溶液,保鲜膜包裹,利于藕带的持久护色,是目前最佳的护色工艺之一。

### 参考文献

- [1] 刘玉蝶,张长峰,高梦祥,等.藕鞭褐变与软化的控制及其机理的研究[J].食品科技,2007(5):95-98.
- [2] 李余霞.藕带的低温贮藏保鲜研究[D].武汉:华中农业大学,2011.
- [3] Martinez M V, Whitaker J R, The Biochemistry and Control of Enzymatic Browning[J]. Trends in Food Science and Technology, 1995(6): 195-200.
- [4] 王清彰,刘怀超,孙颖.莲藕贮藏中褐变度及多酚氧化酶活性的初步研究[J].中国蔬菜,1997(3):4-6.
- [5] Kanatt S R, Chander R, Sharma A. Chitosan and mint mixture: A new preservative for meat and meat products[J]. Food Chemistry, 2008, 107: 845-852.
- [6] Fisk C L, Silver A M, Strik B C, et al. Quality of hardy kiwifruit (*Actinidia arguta* 'Ananasnaya') associated with packaging and storage conditions [J]. Postharvest Biology and Technology, 2008, 47: 338-345.
- [7] Badawv M E I, Rabea E I. Potential of the biopolymer chitosan with different molecular weights to control postharvest gray mold of tomato fruit[J]. 2009, 51: 110-117.
- [8] Devlieghere F, Vermeulen A, Debevere J. Chitosan: Antimicrobial activity, interactions with food components and applicability as a coating on fruit and vegetables[J]. Food Microbiology, 2004(21): 703-714.
- [9] Rojas-Graü M A, Tapia M S, Martín-Belloso O. Using polysaccharide-based edible coatings to maintain quality of fresh-cut Fuji apples[J]. LWT Food Science and Technology, 2008, 41: 139-147.
- [10] 冯小强,李小芳,杨声,等.壳聚糖对细菌细胞膜的影响[J].食品科学,2009(7):63-67.
- [11] Jumaa M, Furkert F H, Muller B W. A new lipid emulsion formulation with high antimicrobial efficacy using chitosan[J]. Eur J Pharm Biopharm, 2002, 53: 115-123.

## Study on Color Protection Process of Lotus Sprout Coating with Chitosan

LI Shan<sup>1</sup>, ZHU Yi<sup>1</sup>, FU Da-qi<sup>1</sup>, ZHU Ben-zhong<sup>1</sup>, ZUO Jin-hua<sup>2</sup>, LUO Yun-bo<sup>1</sup>

(1. College of Food Science and Nutritional Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083; 2. National Engineering Research Center for Vegetable, Beijing 100097)

**Abstract:** Taking lotus sprout as materials, the effect of four kinds of color fixative, i. e., Vitamin C, phytic acid, sodium bisulfite and sodium sulfite on quality and color protection were studied, and three methods, i. e., blanching enzyme inactivation, soaking and vacuum infiltration process on color protection of lotus sprout coating with chitosan were researched. The proper color fixative and the process were obtained. The results showed that the best composition of preservation solution contain 0.2% VC, 0.6% phytic acid, 0.2% citric acid and 1% calcium chloride. The best process of color protection was vacuum infiltration. According to the proper technology above adding with the best preservation solution, Lotus sprout could maintain good color, which was one of the best methods.

**Key words:** lotus sprout; coating with chitosan; color protection; vacuum infiltration