

外源甜菜碱对香椿嫩芽采后品质的影响

陈丽娟¹, 杨金初², 王赵改^{*1}, 张乐¹, 王晓敏¹

(1. 河南省农科院 农副产品加工研究所, 河南 郑州 450002; 2. 河南中烟工业有限责任公司 技术中心, 河南 郑州 450000)

摘要: 以香椿嫩芽为试材, 研究了不同浓度甜菜碱处理对香椿嫩芽采后贮藏感官品质, 以及营养品质和生化特性的影响。结果表明, 与对照相比, 经甜菜碱处理均可较好保持香椿嫩芽品质, 尤以 8 mmol/L 和 16 mmol/L 浓度最佳, 至贮藏结束, 仍具有商品价值, 且能有效减轻香椿嫩芽的质量损失和腐烂现象, 减缓叶绿素、VC 和总黄酮含量损失, 降低呼吸强度, 抑制多酚氧化酶 (PPO) 活性, 从而延长保存期限。因此, 确定甜菜碱应用于香椿嫩芽保鲜的最佳浓度为 8 mmol/L。

关键词: 香椿嫩芽; 甜菜碱; 采后品质

中图分类号: S 644.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673—1689(2015)12—1315—06

Effect of Glycine Betaine Treatment on *Toona sinensis* Roem Sprout Quality During Postharvest

CHEN Lijuan¹, YANG Jinchu², WANG Zhaogai^{*1}, ZHANG Le¹, WANG Xiaomin¹

(1. Institute of Agricultural Products Processing, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China; 2. Technology Center, China Tobacco Henan Industrial Co., Ltd., Zhengzhou 450000, China)

Abstract: The effect of different concentration of glycine betaine (GB) treatment on the quality in *Toona sinensis* (A. Ju ss. Raen, Hongyou) during cold storage was investigated. The results indicated that GB treated groups kept the quality of *Toona sinensis* buds at a good level as compared to the control group. The concentration of 8 mmol/L and 16 mmol/L effectively retained the commercial value, reduced the weight loss and decay rate, and maintained the content of chlorophyll, Vc and total flavones. Moreover, GB treatment reduced the respiration rate and inhibited the activities of polyphenol oxidase (PPO). These results suggested that GB treatment may maintain the good quality and extend the storage time of cold-stored *Toona sinensis* roem sprout and the optimum concentration for the *Toona sinensis* roem sprout preservation is 8 mmol/L.

Keywords: *Toona sinensis* roem sprout, glycine betaine, postharvest quality

香椿 (*Toona sinensis*) 在我国有 2300 多年的栽培历史, 是我国重要的特产资源, 也是我国著名的木本蔬菜之一。据测定, 每 100 g 香椿嫩芽中含蛋白

质 9.8 g、糖类 7.2 g、脂肪 0.8 g、粗纤维 2.78 g, 还含有多种矿物质元素, 如钙 110 mg、锌 5.7 mg、磷 22.4 mg 等, 均名列各种蔬菜前茅^[1]。在食品安全与

收稿日期: 2014-10-21

基金项目: 河南省财政预算项目(20148010); 豫农科推(2014)2 号。

作者简介: 陈丽娟(1987—), 女, 河南南阳人, 工学硕士, 助理研究员, 主要从事农产品保鲜与加工研究。E-mail: chenlijuan5210@163.com

健康问题成为当前国内外日益关注焦点的背景下,香椿具有的绿色、营养、保健等优点,非常符合现代人追求健康饮食时尚的新潮流,深受国人的喜爱。然而,香椿嫩芽采收季节性强,采收期短,因其含水量高,生命力旺盛,呼吸强度高,采后在室温下放置1~2 d就极易出现枯萎、腐烂变质、叶片脱落等品质劣变现象,营养及风味也大大降低,不仅失去其特有的食用品质,其食用安全性也得不到保证,同时也制约了香椿的出口远销^[2]。因此研究香椿的有效贮藏保鲜技术具有非常重要的意义。

甜菜碱 (Glycine betaine or Glycocoll betaine, GB)是一种水溶性季胺,在植物体内起调节作用,具有稳定生物大分子结构和调节酶活,以及降低逆境条件下渗透失水对细胞膜结构与功能的损害^[3-4],从而提高植物对各种胁迫因子的抗性^[5]。国内外已有研究表明,甜菜碱能提高植物和果实的抗冷能力^[6-7]。张海英等^[7]研究发现,甜菜碱处理黄瓜果实,能够减轻黄瓜的冷害症状。孙玉洁等^[8]研究甜菜碱处理对枇杷果实品质的影响,结果表明甜菜碱处理可维持枇杷果实活性氧代谢平衡,减少膜质过氧化与损伤,保护膜结构的完整。本课题组曾研究甜菜碱对双孢蘑菇采后贮藏过程中品质的影响,发现甜菜碱可以维持双孢蘑菇细胞膜结构完整,减少褐变,从而延长保鲜期^[9]。因此,本实验以红油香椿嫩芽为试材,研究不同浓度的甜菜碱1、4、8、16 mmol/L对红

油香椿嫩芽采后贮藏品质的影响,以期为甜菜碱应用于香椿嫩芽贮藏保鲜提供理论和实验依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

香椿品种为棚栽红油香椿,于2014年4月中旬采自河南省农业科学院香椿示范基地,选取新鲜、成熟度及长度相对一致,无病虫害和机械损伤且长度10 cm左右的香椿嫩芽进行试验。

1.2 样品处理

将香椿嫩芽随机平均分为5组(每组0.5 kg,每组处理重复3次),然后扎成捆。在室温条件下,将处理组嫩芽茎部浸在1、4、8、16 mmol/L甜菜碱溶液中,对照组置于蒸馏水中,浸泡20 min。处理完成后自然风晾干,然后将香椿嫩芽放置在塑料框中于相对湿度90%、温度(4±1)℃贮藏16 d。1、4、8、16 mmol/L各浓度分别为A、B、C、D组。

1.3 测定指标及方法

1.3.1 综合感官评价 香椿嫩芽的感官评定采用定量描述检验的方法:以香椿嫩芽的外观、形态、颜色、质地进行综合评价;从优质到出现缺陷实行5分制;评定人员对各指标项评分后得出感官评分的平均值,最后以感官评分3分所对应的时间设置为香椿嫩芽失去商品价值的终点^[10]。具体见表1香椿嫩芽感官评定标准。

表1 香椿嫩芽的感官评定

Table 1 Sensory evaluation on *Toona sinensis* Roem sprout

感官指标	得分				
	5	4	3	2	1
外观色泽	鲜绿,色泽较好	较绿,色泽较好	黄化率<10%,色泽正常	黄化率<30%,色泽很差	黄化率≥30%,无光泽
形态	叶边平整,无老化,形态良好	叶边比较平整,无老化,形态良好	叶边微卷曲,老化率<10%	少量叶卷曲,老化率<30%	叶边卷曲,老化率≥30%
质地	新鲜,硬挺,无萎蔫、腐烂现象	较新鲜,微现萎蔫、腐烂现象	极少萎蔫,腐烂率<10%	萎蔫	萎蔫

1.3.2 腐烂率和质量损失率 采用张香美等^[2]的方法进行测定,具体计算公式如下:

$$w = \frac{m_q - m_h}{m_q} \times 100\% \quad (1)$$

$$R = \frac{m_q - m_z}{m_q} \times 100\% \quad (2)$$

式(1)(2)中, w 为质量损失率, m_q 为贮藏前质量, m_h

为贮藏数天后质量, R 为腐烂率, m_z 为贮藏数天摘除腐烂部分后质量。

1.3.3 营养成分 叶绿素含量的测定参照曾建敏等^[11]的方法并稍做改动。以体积分数60%丙酮溶液为提取试剂,称量1 g香椿嫩芽,然后将香椿芽研磨碎,避光提取1 h。测叶绿素提取液在645 nm和663 nm波长下的吸光值,利用Arnon公式求叶绿素

a 质量浓度(mg/L):

$$C_a=12.7A_{663}-2.69A_{645} \quad (3)$$

和叶绿素 b 质量浓度(mg/L):

$$C_b=22.9A_{645}-4.68A_{663} \quad (4)$$

以及叶绿素总质量浓度(mg/L):

$$C_{a+b}=C_a+C_b \quad (5)$$

计算叶绿素的浓度并换算成每克鲜质量的叶绿素质量分数(mg/g)。

VC 含量测定: 参照 Karatepe 的方法^[12], 采用 HPLC 进行分析, 结果以 mg/hg 表示, 以鲜质量计。

总黄酮的测定: 称取 0.1 g 剪碎的香椿, 然后加入 10 mL 蒸馏水研磨过滤, 吸取 1 mL 滤液, 加入 5 mL 蒸馏水, 0.2 mL 质量分数 5%NaNO₂ 溶液, 摇匀, 静置 6 min; 再加入体积分数 10%的 Al(NO₃)₃ 0.2 mL, 摇匀, 静置 6 min, 再加入质量分数 4%的 NaOH 溶液 1 mL, 用体积分数 60%乙醇定容至刻度 10 mL 处, 摇匀, 静置 15 min, 然后于 510 nm 下测吸光度^[13], 计算总黄酮质量分数, 结果以 mg/g 表示, 以鲜叶质量计。

1.3.4 呼吸强度 参照王赵改等^[14]的方法进行测定,

采用德国 WITT 微量氧气和二氧化碳检测仪, 取香椿芽 100 g 放入聚乙烯塑料盒中, 用 PE 保鲜袋套盒封口, 于 (4±1) °C 贮藏 8 h 后测量, 每组做 3 次平行试验。

1.3.5 多酚氧化酶 (PPO) 参照 wang 等的方法^[15]测定, 以每克鲜样酶促反应体系每分钟在 410 nm 处吸光度增加 0.01 为 1 个酶活力单位, 结果以 U/g 表示, 以鲜叶质量计。

1.4 统计方法

各指标测定均重复 3 次。应用 SPSS19.0 软件进行统计分析, 差异分析在 0.05 的水平下进行 Duncan 多重比较法检验。

2 结果与分析

2.1 GB 处理对香椿嫩芽感官指标的综合评价

按照感官评价标准, 得到评分结果如表 2 所示。C、D 处理组感官得分最高, 并且 B、C、D 组在贮藏期结束仍具有商品价值, 而 A 处理组优于对照, 但两组均失去了商品价值。

表 2 香椿嫩芽的感官评定得分

Table 2 Score of sensory evaluation on *Toona sinensis* Roem sprout

感官指标	各组得分				
	对照	A	B	C	D
外观色泽	2	2	3	5	5
形态	1	3	4	4	4
质地	1	3	3	4	4

2.2 GB 处理对香椿嫩芽外观品质指标的影响

2.2.1 GB 处理对香椿嫩芽质量损失率的影响 新鲜的香椿嫩芽水分质量分数达 80%以上, 采后极易失水、脱叶和腐烂, 尤其在常温下放置 1~2 d 叶片就萎蔫、脱落甚至腐烂, 失去其商品价值。由图 1 可知, 在贮藏期间, 香椿嫩芽不断失去水分, 贮藏至 16 d, 对照组质量损失率 5.57%, 处理组可显著降低失水现象 ($p<0.05$), A 处理组质量损失率显著高于另外 3 组, 并且另外 3 组间无显著差异 ($p>0.05$)。

2.2.2 GB 处理对香椿嫩芽腐烂率的影响 由图 2 知, 在贮藏期间, 对照组在贮藏至 7 d 香椿叶开始出现轻微的腐烂现象, 且随着贮藏时间的延长腐烂程度逐渐加重, 在贮藏至 14 d 腐烂率达到 4.57%; 处理组在前 10 d 没有出现腐烂现象, 至 16 d 腐烂率分别为 3.24%、2.61%、2.33% 和 2.06%, 显著低于对照

($p<0.05$)。其中处理 D 组贮藏效果最好。

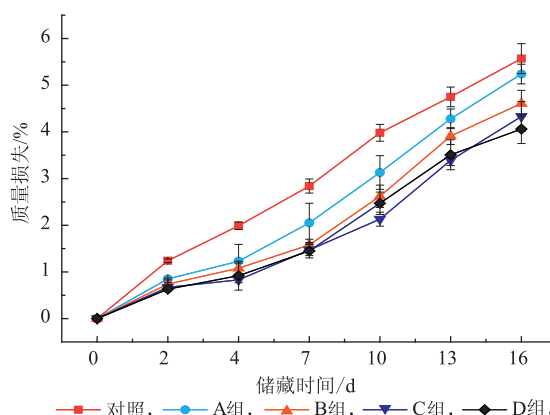


图 1 GB 处理对香椿嫩芽质量损失率的影响

Fig. 1 Effects of GB on weight loss rate of *Toona sinensis* Roem sprout during postharvest storage

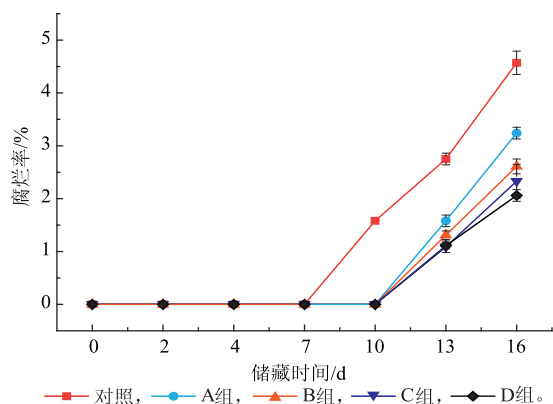


图2 甜菜碱处理对香椿嫩芽腐烂率的影响

Fig. 2 Effects of GB on rotting rate of *Toona sinensis* Roem sprout during postharvest storage

2.3 GB处理对香椿嫩芽营养指标的影响

2.3.1 GB处理对香椿嫩芽叶绿素质量分数的影响

绿叶蔬菜贮藏时,因其显绿色的叶绿素极不稳定,易生成脱镁叶绿素,而变成黄色以至褐色,失去了绿色蔬菜的原有外观,从而导致食用价值和商业价值降低^[2]。从图3可知,处理组香椿嫩芽叶绿素含量整体上随着贮藏时间的增加而降低,在贮藏的前7 d,叶绿素含量下降较缓慢,随后叶绿素含量下降幅度有所增加。这与姜绍通等^[10]的研究结果基本一致,对照组香椿芽叶绿素质量分数由最初的0.3 mg/g到贮藏结束的0.09 mg/g,损失率高达70%,分别比处理组A(60.61%)、B(61.11%)、C(50.00%)、D(53.13%)的香椿嫩芽叶绿素损失率高了9.39、8.89、20、16.87个百分点($p < 0.05$),且C、D组香椿嫩芽叶绿素含量一直维持在较高水平。

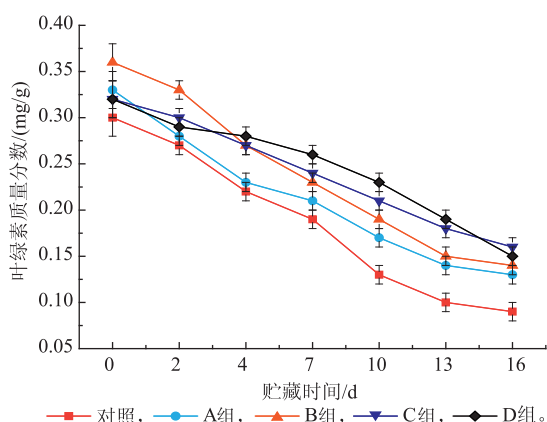


图3 GB处理对香椿嫩芽叶绿素质量分数的影响

Fig. 3 Effects of GB on chlorophyll content of *Toona sinensis* Roem sprout during postharvest storage

2.3.2 GB处理对香椿嫩芽VC质量分数的影响

VC是评价果蔬产品质量的重要的客观参数之一,但在贮藏加工中易损失^[17]。在贮藏期间,香椿嫩芽VC含量整体均呈下降趋势,但不同处理的VC含量下降速率明显不同,与张美芳等^[17]研究银杏提取液对鲜切苹果VC的影响趋势一致。其中,对照组VC含量在14 d内损失率高达74.46%;A、B、C和D处理组的VC损失率分别为60.00%、58.35%、53.59%、55.00%,A组和B组之间无显著差异,C和D组之间无显著差异,A、B组与C、D组间差异显著。在整个贮藏期间,甜菜碱处理可以减缓香椿VC损失,其中C、D组效果较好。如图4所示。

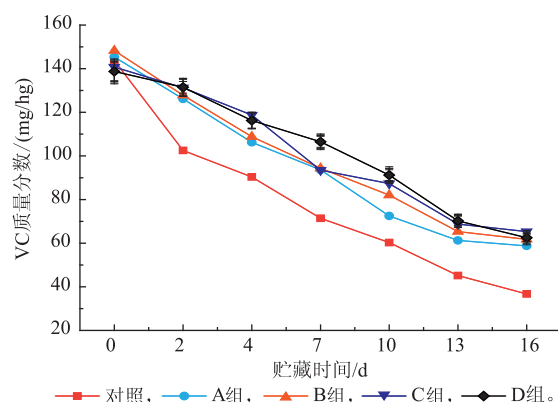


图4 GB处理对香椿嫩芽VC质量分数的影响

Fig. 4 Effects of GB on VC content of *Toona sinensis* Roem sprout during postharvest storage

2.3.3 GB处理对香椿嫩芽总黄酮质量分数的影响

由图5可以看出,香椿嫩芽总黄酮质量分数随着贮藏时间的延长而逐渐降低。GB处理能显著抑制总黄酮质量分数下降($P < 0.05$)。在贮藏至7 d,GB处理组的香椿嫩芽总黄酮含量分别比对照组高13.49%、13.07%、33.82%和23.24%。这表明GB处理能保持香椿嫩芽中抗氧化物质的含量,使香椿嫩芽保持较高营养品质。

2.4 GB处理对香椿嫩芽理化指标的影响

2.4.1 GB处理对香椿嫩芽呼吸强度的影响

采收后香椿嫩芽的呼吸作用与香椿的品质以及贮藏寿命密切相关,是影响贮运保鲜效果的重要因素之一。呼吸强度是评价呼吸作用强弱的生理指标,呼吸强度越强,香椿嫩芽品质下降越快^[11]。对照组香椿芽呼吸强度总体维持在较高水平,经甜菜碱处理组可以抑制香椿芽呼吸强度,使其总体显著低于对照组($p < 0.05$),A组与B、C、D组均有显著性差异($p <$

0.05),C组和D组之间则没有显著差异($p>0.05$)。

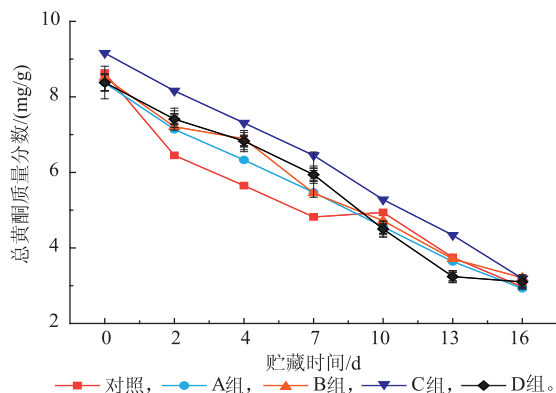


图5 GB处理对香椿嫩芽总黄酮质量分数的影响

Fig. 5 Effects of GB on total flavonoids content of *Toona sinensis* Roem sprout during postharvest storage

处理组与对照组均在贮藏至4 d时达到呼吸高峰,但处理组呼吸高峰值明显低于对照组,尤其是C和D处理组,呼吸高峰峰值仅为132.56 mg/(kg·h),与李志巡等^[17]研究结果不一致,这可能与香椿品种及成熟度等有关。综上所述,甜菜碱处理可抑制香椿芽的呼吸强度,降低呼吸高峰值,以C组和D组处理效果最好。如图6所示。

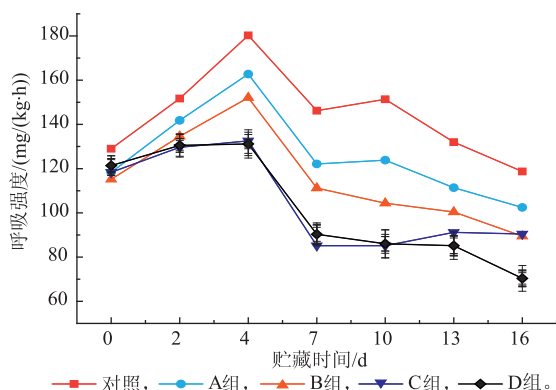


图6 GB处理对香椿嫩芽呼吸强度的影响

Fig. 6 Effects of GB on respiration rate of *Toona sinensis* Roem sprout during postharvest storage

2.4.2 GB处理对香椿嫩芽PPO酶活性的影响 多酚氧化酶类是香椿酶促褐变的主要酶类之一。如图7可知,在整个贮藏期间,处理组香椿嫩芽PPO活性均呈缓慢上升趋势,且明显低于对照组($p<0.05$),与孙玉洁等^[18]研究结果一致。至贮藏16 d时,分别比对照低8.12%、22.63%、26.41%、26.42%,说明甜菜碱处理可显著抑制PPO活性。在整个贮藏期间,处理组C和D组的酶活性显著低于A和B组($p<0.05$),表明随着甜菜碱浓度增加,抑制效果也随之增强,

但浓度大于8 mmol/L后,效果不再显著($p>0.05$)。

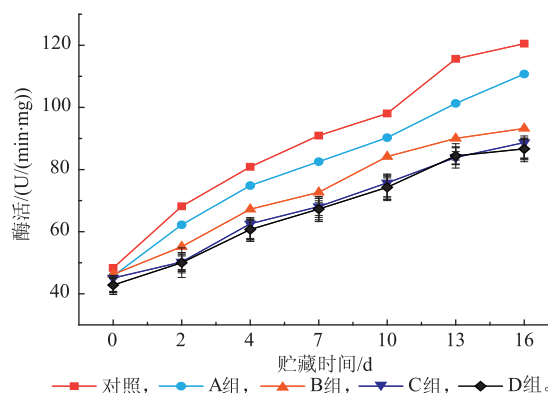


图7 GB处理对香椿嫩芽PPO酶活性的影响

Fig. 7 Effects of GB on PPO activity of *Toona sinensis* Roem sprout during postharvest storage

3 讨论

香椿采后保鲜品质的评价指标,除了感官指标、水分的保持、腐烂程度外观指标及VC、叶绿素和总黄酮等营养学指标外,呼吸强度和褐变相关的多酚氧化酶活性变化也要重点考虑。香椿嫩芽的萎蔫及腐烂变质会直接影响其外观品质,GB处理显著降低了质量损失及腐烂现象,这可能与维持香椿嫩芽采后细胞膜的完整性和稳定性有关。呼吸作用是其采摘后最主要的生理活动之一。李志巡等^[18]研究表明,通过抑制香椿芽的呼吸作用可达到维持产品品质的目的。本研究结果表明,GB处理降低了香椿的呼吸强度和呼吸峰值,使香椿嫩芽保有较好的品质,延长了其保存期。Wang等^[9]报道,经甜菜碱处理,可抑制双孢蘑菇的PPO活性,减轻褐变。本研究亦发现GB处理可抑制PPO活性,推测这可能与GB减轻香椿嫩芽冷害症状密切相关。通过研究GB对香椿嫩芽采后品质的影响,为香椿保鲜技术提供了重要参考。

4 结语

香椿嫩芽水分含量很高,采后由于呼吸热、微生物等原因,极易出现萎蔫、腐烂现象,因此香椿保鲜涉及生理衰老、呼吸代谢等方面。本研究结果表明,采后GB处理可以保持香椿嫩芽的感官品质,降低质量损失和腐烂现象,减少叶绿素、VC和总黄酮损失和降低呼吸强度。PPO能氧化酚类物质,主要参与酶促褐变反应。本研究还发现,GB处理抑制了

PPO 活性,减轻褐变程度,保持香椿嫩芽较好的采后品质。本文尚未对保鲜机理进行深入阐明,因此,

今后需要进一步研究甜菜碱对香椿嫩芽采后品质的保鲜作用机理。

参考文献:

- [1] Yang Y, Wang J, Xing Z E, et al. Identification of phenolics in Chinese toon and analysis of their content changes during storage [J]. **Food Chemistry**, 2011, 128: 831–838.
- [2] 张香美, 赵凤存, 李慧荔, 等. 小根蒜提取物对香椿保鲜效果的影响[J]. 中国农学通报, 2009, 25(4): 55–59.
ZHANG Xiangmei, ZHAO Fengcun, LI Huili, et al. Effects of alliummacrostemon bunge extract on the preservation of toonasinensis[J]. **Chinese Agricultural Science Bulletin**, 2009, 25(4): 55–59. (in Chinese)
- [3] Nerya O, Ben-Arie R, Luzzatto T, et al. Prevention of agaricus bisporus postharvest browning with tyrosinase inhibitors[J]. **Postharvest Biology and Technology**, 2006, 39: 271–277.
- [4] Ashraf M, Foolad M R. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance [J]. **Environmental and Experimental Botany**, 2007, 59(2): 206–216.
- [5] Prothon F, Ahmè L M, Funebo T, et al. Effects of combined osmotic and microwave dehydration of apple on texture, microstructure and rehydration characteristics[J]. **LWT—Food Science and Technology**, 2001, 34(2): 95–101.
- [6] Liu J, Wisniewski M, Droby S, et al. Glycine betaine improves oxidative stress tolerance and biocontrol efficacy of the antagonistic yeast *Cystofilobasidium infirmominiatum*[J]. **International Journal of Food Microbiology**, 2011, 146(1): 76–83.
- [7] Zhang H Y, Wang Y N, Han T, et al. Effect of exogenous glycine betaine on chilling injury and Chilling-Resistance parameters in cucumber fruits stored at low temperature[J]. **Scientia Agricultura Sinica**, 2008, 41: 2407–2412.
- [8] 孙玉洁, 金鹏, 单体敏, 等. 甜菜碱处理对枇杷果实采后冷害和活性氧代谢的影响[J]. 食品科学, 2014, 35(14): 210–215.
SUN Yujie, JIN Peng, SHAN Timin, et al. Effect of glycine betaine treatment on postharvest chilling injury and active oxygen metabolism in loquat fruits[J]. **Food Science**, 2014, 35(14): 210–215. (in Chinese)
- [9] WANG Zhaogai, CHEN Lijuan, YANG Hui, et al. Effect of exogenous glycine betaine on qualities of button mushrooms (*Agaricus bisporus*) during postharvest storage[J]. **Eur Food Res Technol**, 2014, DOI 10.1007/s00217-014-2305-x.
- [10] 张倩. 绿叶蔬菜的活体保鲜技术及超市叶菜保鲜售卖装置的构建研究[D]. 柳州: 广西工学院, 2012: 6–15.
- [11] 曾建敏, 姚恒, 李天福. 烤烟叶片叶绿素含量的测定及其与 SPAD 值的关系[J]. 分子植物育种, 2009, 7(1): 56–62.
ZENG Jianmin, YAO Peng, LI Tianfu, et al. Chlorophyll content determination and its relationship with SPAD readings in Flue-cured Tobacco[J]. **Molecular Plant Breeding**, 2009, 7(1): 56–62. (in Chinese)
- [12] Karatepe M. Simultaneous determination of ascorbic acid and free malondialdehyde in human serum by HPLC–UV [J]. **LGC Ais Pacific**, 2004, 7(2): 36–38.
- [13] 董怡, 林恋竹, 赵谋明. 光果甘草叶总黄酮测定方法[J]. 食品科学, 2013, 34(6): 195–198.
DONG Yi, LIN Lianzhu, ZHAO Mouming. Determination of total flavonoids in leaves of *Glycyrrhiza glabra* L. by spectrophotometry[J]. **Food Science**, 2013, 34(6): 195–198. (in Chinese)
- [14] 王赵改, 杨慧, 朱广成. 减压处理对香椿贮藏品质的影响研究[J]. 华北农学报, 2013, 28(6): 181–186.
WANG Zhaogai, YANG Hui, ZHU Guangcheng. Effect of hypobaric treatment on storage quality of *Toona sinensis* [J]. **Acta Agriculturae Boreali-sinica**, 2013, 28(6): 181–186. (in Chinese)
- [15] Wang Y S, Tian S P, Xu Y. Effects of high oxygen concentration on pro- and anti-oxidant enzymes in peach fruits during postharvest periods[J]. **Food Chemistry**, 2005, 91(1): 99–104.
- [16] 姜邵通, 李晋玲. 茶多酚在绿叶蔬菜贮藏过程中的保鲜作用及对叶绿素、VC 含量的影响[J]. 茶叶通报, 2009, 31(2): 71–76.
JIANG Shaotong, LI Jinling. Effect of Tea polyphenols on content of chlorophyll, VC in green leafy vegetables preservation during storage[J]. **Journal of Tea Business**, 2009, 31(2): 71–76. (in Chinese)
- [17] 张美芳, 何玲, 冯金霞, 等. 银杏叶提取液复合涂膜对鲜切苹果品质的影响[J]. 食品科学, 2014, 35(10): 263–267.
ZHANG Meifang, HE Ling, FENG Jinxia, et al. Effects of composite coating consisting of ginkgo biloba leaf extract and sodium alginate on quality of Fresh-Cut ‘Red Fuji’ apples[J]. **Food Science**, 2014, 35(10): 263–267. (in Chinese)
- [18] 李志巡, 申琳, 徐路峰. 6-苄基嘌呤处理对香椿芽采后呼吸作用及品质的影响[J]. 食品科学, 2009, 30(4): 282–285.
LI Zhixun, SHEN Lin, XU Lufeng, et al. Effects of 6-Benzyladenine treatment on postharvest respiration and quality of toona sinensis roem sprout[J]. **Food Science**, 2009, 30(4): 282–285. (in Chinese)