

# 抗坏血酸钙和 $\epsilon$ -聚赖氨酸对鲜切甘薯 保鲜护色效果的影响

Effect of calcium ascorbate and  $\epsilon$ -polylysine treatment on preservation  
and color-protection of fresh-cut sweet potato

刘 硕<sup>1,2</sup> 王礼群<sup>1,2</sup> 张欣怡<sup>1,2</sup> 邓丽莉<sup>1,2</sup> 曾凯芳<sup>1,2</sup>

LIU Shuo<sup>1,2</sup> WANG Li-qun<sup>1,2</sup> ZHANG Xin-yi<sup>1,2</sup> DENG Li-li<sup>1,2</sup> ZENG Kai-fang<sup>1,2</sup>

(1. 西南大学食品科学学院, 重庆 400715; 2. 食品科学与工程国家级实验教学示范中心〔西南大学〕, 重庆 400715)

(1. College of Food Science, Southwest University, Chongqing 400715, China; 2. National Demonstration Center for Experimental Food Science and Technology Education [Southwest University], Chongqing 400715, China)

**摘要:**以二郎苕甘薯为试验材料,研究在 4℃ 贮藏条件下,抗坏血酸钙和  $\epsilon$ -聚赖氨酸 2 种绿色保鲜剂及其复合处理对鲜切甘薯褐变度、菌落总数、总酚含量、苯丙氨酸解氨酶(L-phenylalanin ammonia-lyase, PAL)、多酚氧化酶(polyphenol oxidase, PPO)和过氧化物酶(Peroxidase, POD)活性等的影响。研究表明,与对照相比,5% 抗坏血酸钙+0.03%  $\epsilon$ -聚赖氨酸浸泡 10 min 能够有效降低鲜切甘薯贮藏期间的褐变度和菌落总数,保持鲜切薯块较高的总酚含量,抑制鲜切薯块 PAL、PPO、POD 活性的升高,对提高鲜切甘薯贮藏品质和延长贮藏周期具有一定效果。

**关键词:**鲜切甘薯; 抗坏血酸钙;  $\epsilon$ -聚赖氨酸; 保鲜; 护色

**Abstract:** "Erlang Shao" were used to evaluate the effects of calcium ascorbate and  $\epsilon$ -polylysine on improving the quality of fresh-cut sweet potato during 4℃ storage. To reveal the mechanism, the browning degree, the total number of colonies, the content of total phenol, as well as the activities of polyphenol oxidase (PPO), peroxidase (POD) and phenylalanine ammonia-lyase (PAL) of fresh-cut sweet potato were measured. The results indicated that comparing with control, 5% calcium ascorbate + 0.03% epsilon-polylysine could significantly retard the increase of the browning index, the total number of colonies and maintain a higher levels of total phenol content, inhibit the increases in the activities PPO, POD and PAL, thus improving the storage quality and prolonging the storage life of fresh-cut sweet potato.

**Keywords:** fresh-cut sweet potato; calcium ascorbate;  $\epsilon$ -polylysine; preservation; color protection

甘薯(*Ipomoea batatas* Lam)又名番薯、红薯等,其块根富含淀粉、多酚和纤维素等营养物质,有很高的食用和药用价值<sup>[1-3]</sup>。中国是世界上最大的甘薯生产国,其中四川、重庆地区种植面积较大<sup>[4-5]</sup>。甘薯不易剥皮,随着人们生活水平的提高和生活方式的改变,方便、卫生的鲜切甘薯市场逐步增大<sup>[6-7]</sup>。但由于切割后薯块组织结构受到损害,较大的表面及丰富的营养为微生物提供了有利的生长条件,且组织内的酚类物质与空气中的氧接触,在多酚氧化酶(polyphenol oxidase, PPO)的作用下被氧化成醌类,醌类再进一步聚合形成褐色物质,使鲜切甘薯表面出现点状褐变<sup>[8-9]</sup>。褐变问题和潜在的微生物污染问题极大地降低了鲜切甘薯的营养价值和商品价值,制约了甘薯鲜切加工方式的发展。

目前,鲜切甘薯的传统保鲜手段是用亚硫酸盐和气调包装对其进行保鲜<sup>[10]</sup>,此方法在梨<sup>[11]</sup>和苹果<sup>[12]</sup>上也有广泛应用,但气调包装成本较高,亚硫酸盐的残留对人体健康和环境污染产生严重影响<sup>[13]</sup>。且美国 FDA 已禁止亚硫酸盐类在某些食品中的应用<sup>[10]</sup>。抗坏血酸钙是一种安全有效的果蔬褐变抑制剂,无任何副作用,在鲜切莲藕<sup>[14]</sup>、鲜切苹果<sup>[15]</sup>和鲜切油桃<sup>[16]</sup>等上均有较好的应用效果。 $\epsilon$ -聚赖氨酸是赖氨酸的聚合物,在体内可降解成赖氨酸被人体吸收。研究发现聚赖氨酸对细菌、酵母和霉菌都有抑制作用,对部分菌种有杀灭作用,可以作为一种防腐保鲜剂用于食品中<sup>[17]</sup>,在鲜切猕猴桃<sup>[18]</sup>以及鲜切胡萝卜<sup>[19]</sup>等上均有较好的应用效果。

本试验拟以二郎苕甘薯为原料,以抗坏血酸钙和  $\epsilon$ -聚赖氨酸浸泡鲜切甘薯,研究 2 种保鲜剂处理对冷藏期间鲜切甘薯褐变和菌落总数的控制效果,探讨以抗坏血酸钙和  $\epsilon$ -聚赖

**基金项目:**重庆市社会事业与民生保障科技创新主题专项项目(编号:Cstc2015shms-ztxx80010)

**作者简介:**刘硕,女,西南大学在读本科生。

**通信作者:**邓丽莉(1983—),女,西南大学副教授,博士。

E-mail: denglili\_361@163.com

**收稿日期:**2018-02-26

氨酸对鲜切甘薯保鲜处理的可行性,以期为鲜切甘薯生产中的品质控制提供理论依据和实践指导。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

甘薯:二郎苕,购买于重庆市北碚区天生农贸市场,选取大小均匀、无病虫害、外观完整、无机械损伤的甘薯,洗净后去皮。为了方便指标测量和观察,将去皮后的甘薯切成厚度为 0.1 cm 的甘薯片,并用聚乙烯托盘分装,用于后续处理。

### 1.2 仪 器 与 设 备

紫外分光光度计:UV1000 型,天美(中国)科学仪器有限公司;

全自动酶标仪:SYNERGYH1MG 型,美国 BioTek 公司;

赫西高速冷冻离心机:3H16R1 型,湖南赫西仪器装备有限公司;

超低温冷冻存储箱:DW-FL270 型,中科美菱低温科技有限责任公司。

### 1.3 方 法

#### 1.3.1 样 品 处 理 及 取 样

(1) 不同浓度抗坏血酸钙处理:用去离子水配制 1,3,5,7,9 g/100 mL 的抗坏血酸钙溶液,将薯片置于其中浸泡处理 10 min。处理后用聚乙烯托盘盛装,再用保鲜袋包装,贮藏于(4±1)℃,备用。

(2) 不同浓度 ε-聚赖氨酸处理:用去离子水配制 0.01,0.03,0.05,0.07,0.09 g/100 mL 的 ε-聚赖氨酸溶液,将薯片置于其中浸泡处理 10 min。处理后用聚乙烯托盘盛装,再用保鲜袋包装,贮藏于(4±1)℃,备用。

(3) 复合处理:用去离子水配制 5% 抗坏血酸钙+0.03% ε-聚赖氨酸溶液,将薯片置于复合溶液中浸泡处理 10 min,以去离子水浸泡处理薯片 10 min 为对照组。处理后用聚乙烯托盘盛装,再用保鲜袋包装,贮藏于(4±1)℃,备用。

(4) 取样:每 2 d 取薯片迅速切成小块,放入液氮中速冻,再置于-40℃冰箱中保存备用,用于后续指标测定。

1.3.2 鲜切甘薯褐变指数及褐变度测定 鲜切甘薯褐变分级标准见表 1。

薯片褐变指数按式(1)计算。

表 1 鲜切甘薯褐变分级标准

Table 1 Browning grading standards for fresh-cut sweet potato

级数	表现特征
1	褐变面积≤5%
2	褐变面积 5%~15%
3	褐变面积 15%~25%
4	褐变面积 25%~35%
5	褐变面积≥35%

$$BI = \sum_1^5 Bi \times \frac{Ni}{Nt}, \quad (1)$$

式中:

BI——褐变指数;

Bi——褐变级别, $i=1,2,\dots,5$ ;

Ni——褐变片数;

Nt——薯片总片数。

鲜切甘薯褐变度测定:采用消光值法<sup>[20]</sup>。随机取 1.0 g 薯块组织,低温下研磨后加入 10 mL 预冷蒸馏水,离心 10 min(3 500 r/min,4℃),取上清液,于 370 nm 下测定吸光度,以  $A_{370}$  表示褐变度值。

1.3.3 鲜切甘薯菌落总数的测定 按 GB 4789.2—2010《食品微生物学检验 菌落总数测定》执行。

1.3.4 鲜切甘薯酚类物质含量测定 根据 Deng 等<sup>[21]</sup>的方法。

1.3.5 鲜切甘薯 PPO、过氧化物酶(peroxidase,POD)活性测定 根据《果蔬采后生理生化实验指导》<sup>[22]101-104</sup>,以每克鲜切甘薯样品鲜重每分钟吸光度值增加 0.01 为一个酶活单位(U)。

1.3.6 鲜切甘薯苯丙氨酸解氨酶(phenylalanine ammonia-lyase,PAL)活性测定 根据曹建康等<sup>[22]142-144</sup>方法,以每克鲜切甘薯样品鲜重每分钟吸光度值增加 0.01 为一个酶活单位(U)。

### 1.4 数 据 分 析

利用 Excel 2010 统计分析所有数据,计算标准差并制图;应用 SPSS Statistics 19 软件进行方差分析(ANOVA),利用邓肯氏多重比较对差异显著性进行分析。 $P<0.05$  表示有显著性差异, $P<0.01$  表示差异极显著。

## 2 结 果 与 分 析

### 2.1 抗坏血酸钙和 ε-聚赖氨酸单独使用对鲜切甘薯褐变及菌落总数的影响

#### 2.1.1 不同浓度抗坏血酸钙处理对鲜切甘薯褐变的影响

图 1 表示不同浓度抗坏血酸钙单独处理后,鲜切甘薯在 4℃ 下贮藏过程中褐变指数的变化。随着贮藏时间的延长,对照组和处理组鲜切甘薯褐变指数均呈明显上升趋势。高浓度抗坏血酸钙处理可以有效抑制鲜切甘薯贮藏期间的褐变,而低浓度抗坏血酸钙处理反而加剧鲜切甘薯褐变。贮藏第 10 天时,5% 抗坏血酸钙浸泡处理组鲜切甘薯的褐变指数显著低于对照组( $P<0.05$ )。表明 5% 抗坏血酸钙是鲜切甘薯适宜的防褐变浓度。

#### 2.1.2 不同浓度 ε-聚赖氨酸处理对鲜切甘薯菌落总数的影响

图 2 表示不同浓度 ε-聚赖氨酸单独使用时,鲜切甘薯在 4℃ 下贮藏过程中菌落总数的变化。随贮藏天数的增加,对照组和处理组鲜切甘薯菌落总数均呈上升趋势。但从第 4 天开始,0.03% 及以上浓度的 ε-聚赖氨酸处理组的鲜切甘薯菌落总数上升幅度均显著低于对照组( $P<0.05$ )。贮藏至第 10 天时,对照组鲜切甘薯的菌落数是 0.03% ε-聚赖氨酸处理组的 2.15 倍,是 0.07% ε-聚赖氨酸处理组的 3.26 倍。综

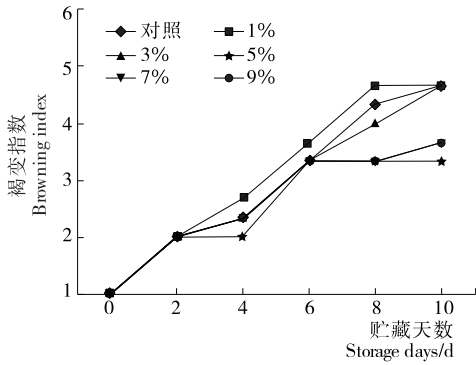


图 1 不同浓度抗坏血酸钙处理对鲜切甘薯褐变指数的影响

Figure 1 Effect of different concentrations of calcium ascorbate on the browning index of fresh-cut sweet potato

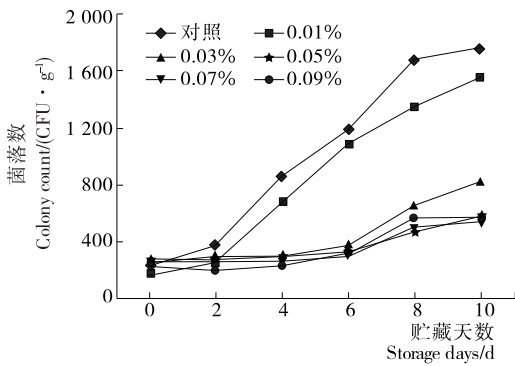


图 2 不同浓度  $\epsilon$ -聚赖氨酸处理对鲜切甘薯菌落总数的影响

Figure 2 Effect of different concentrations of epsilon-polylysine on the total number of colonies of fresh-cut sweet potato

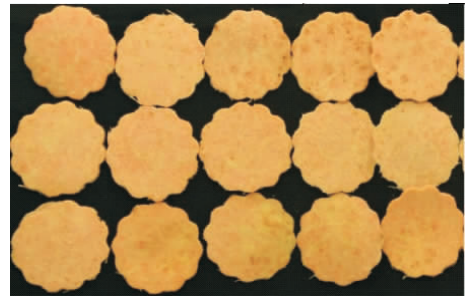
合考虑经济问题,选用 0.03%  $\epsilon$ -聚赖氨酸作为抑菌剂处理浓度为宜。

## 2.2 抗坏血酸钙和 $\epsilon$ -聚赖氨酸复配处理对鲜切甘薯褐变及菌落总数的影响

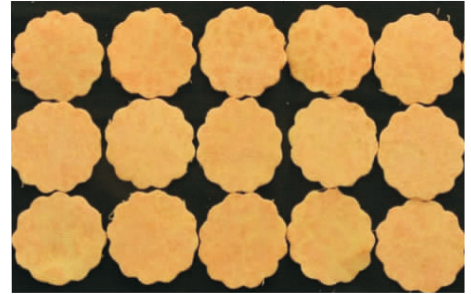
2.2.1 对鲜切甘薯褐变的影响 如图 3 所示,由于酚类物质氧化,使鲜切甘薯切面中间出现点状褐变,与袁洁等<sup>[23]</sup>的研究结果一致。贮藏至第 4 天时,对照组褐变严重,而抗坏血酸钙和  $\epsilon$ -聚赖氨酸复合处理显著延缓了鲜切甘薯褐变的进程。

图 4 表示 5% 抗坏血酸钙和 0.03%  $\epsilon$ -聚赖氨酸复配和单独处理对鲜切甘薯褐变度的影响。由图 4 可知,随贮藏时间的延长,各组鲜切甘薯褐变度整体呈上升趋势,5% 抗坏血酸钙单独处理和 5% 抗坏血酸钙 + 0.03%  $\epsilon$ -聚赖氨酸复配处理均显著延缓其褐变度的增加 ( $P < 0.05$ ),但单独使用 0.03%  $\epsilon$ -聚赖氨酸处理对鲜切甘薯褐变无显著影响 ( $P > 0.05$ )。

2.2.2 对鲜切甘薯菌落总数的影响 图 5 表示 5% 抗坏血酸钙和 0.03%  $\epsilon$ -聚赖氨酸复配和单独处理对鲜切甘薯菌落总数的影响。由图 5 可知,随贮藏时间的延长,各处理组鲜切甘薯菌落总数均增加。0.03%  $\epsilon$ -聚赖氨酸单独处理和 5%



对照



5%抗坏血酸钙+0.03%  $\epsilon$ -聚赖氨酸

图 3 抗坏血酸钙和  $\epsilon$ -聚赖氨酸复合处理对鲜切甘薯褐变情况的影响(4 d)

Figure 3 Effect of calcium ascorbate and epsilon-polylysine on browning of fresh-cut sweet potato stored by day 4

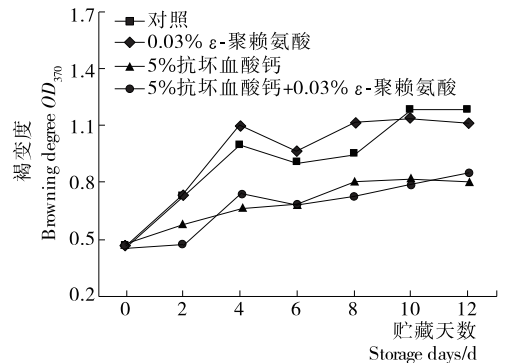


图 4 抗坏血酸钙和  $\epsilon$ -聚赖氨酸处理对鲜切甘薯褐变度的影响

Figure 4 Effect of calcium ascorbate and epsilon-polylysine on browning rate of fresh-cut sweet potato

抗坏血酸钙 + 0.03%  $\epsilon$ -聚赖氨酸复配处理均显著抑制鲜切甘薯菌落总数的增加 ( $P < 0.05$ ),但单独使用 5% 抗坏血酸钙处理对鲜切甘薯菌落总数无显著控制效果 ( $P > 0.05$ )。贮藏第 6 天时,对照组鲜切甘薯的菌落数是复配处理组的 3.47 倍。

## 2.3 抗坏血酸钙和 $\epsilon$ -聚赖氨酸复配处理延缓鲜切甘薯褐变机理的分析

2.3.1 对鲜切甘薯总酚含量和 PAL 活性的影响 酚类物质是酶促褐变的底物,暴露于空气中极易与氧接触在酚酶作用下氧化,引起色泽的改变<sup>[24]</sup>。如图 6 所示,贮藏过程中,各处理组鲜切甘薯总酚含量均呈现先上升后下降的趋势,与程双等<sup>[25]</sup>的研究一致。抗坏血酸钙可以竞争性被氧化,使总酚

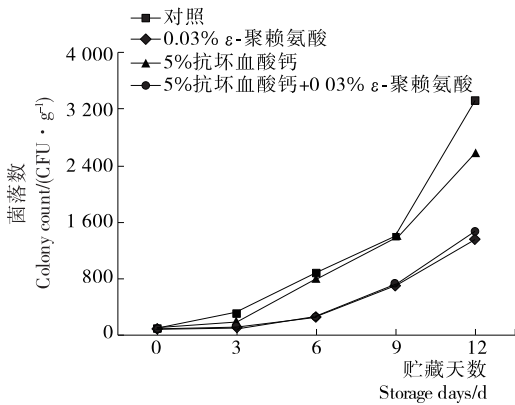


图5 抗坏血酸钙和ε-聚赖氨酸复配及单独处理对鲜切甘薯菌落总数的影响

Figure 5 Effect of calcium ascorbate and epsilon-polylysine on total number of colonies of fresh-cut sweet potato

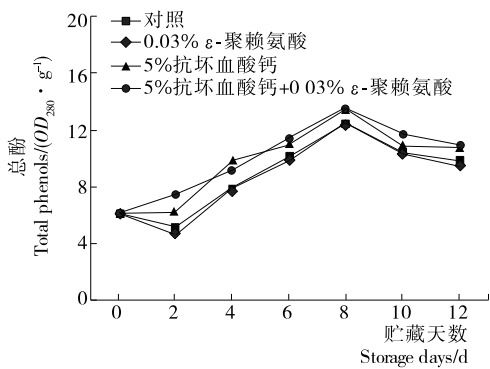


图6 抗坏血酸钙和ε-聚赖氨酸复配及单独处理对鲜切甘薯总酚的影响

Figure 6 Effect of calcium ascorbate and epsilon-polylysine on total phenol content of fresh-cut sweet potato

积累的更多。贮藏0, 6, 8, 12 d时, 5%抗坏血酸钙处理和5%抗坏血酸钙+0.03% ε-聚赖氨酸复配处理组鲜切甘薯的总酚含量均显著高于0.03% ε-聚赖氨酸处理组和对照组 ( $P < 0.05$ ), 表明5%抗坏血酸钙处理后鲜切甘薯消耗的酚类物质更少。

果蔬酶促褐变受到多种酶的调控。PAL是参与苯丙素途径的主要酶, 它在植物酚类化合物的合成中起着重要的作用<sup>[26]</sup>, 因而PAL活力往往作为酚类褐变的标志<sup>[27]</sup>, 且高PAL活性已被证明可加速褐变<sup>[28]</sup>。如图7所示, 在贮藏过程中, 各处理组鲜切甘薯PAL活性均呈现先上升后下降的趋势, 且与总酚含量的变化一致。5%抗坏血酸钙处理和5%抗坏血酸钙+0.03% ε-聚赖氨酸复配处理组鲜切甘薯的PAL活性均显著低于0.03% ε-聚赖氨酸处理组和对照组 ( $P < 0.05$ )。

2.3.2 对鲜切甘薯PPO和POD活性的影响 PPO是果蔬发生酶促褐变的主要酶, 鲜切甘薯褐变的发生和程度都与PPO的活性大小有密切关系<sup>[23, 29]</sup>。根据庞坤等<sup>[30]</sup>在苹果上的研究推测是由于甘薯受到切割伤害后, PPO活性受到激

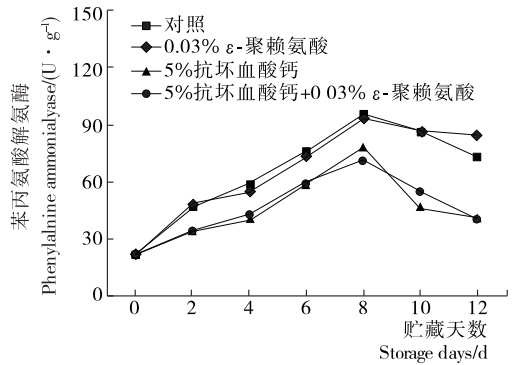


图7 抗坏血酸钙和ε-聚赖氨酸复配及单独处理对鲜切甘薯PAL活性的影响

Figure 7 Effect of calcium ascorbate and epsilon-polylysine on PAL activity of fresh-cut sweet potato

发而增大, 而后甘薯自身修复使PPO活性下降趋于稳定。如图8所示, 贮藏过程中, 各处理组鲜切甘薯PPO活性大体呈现先上升后下降的趋势。贮藏前期, 5%抗坏血酸钙处理组和5%抗坏血酸钙+0.03% ε-聚赖氨酸复配处理组鲜切甘薯PPO活性均显著低于0.03% ε-聚赖氨酸处理组和对照组 ( $P < 0.05$ ), 第6天时复配处理组对PPO的抑制效果最好。

而POD可与PPO协同作用引起鲜切果蔬产品发生酶促褐变<sup>[31]</sup>, 其活性的改变可以明显地影响鲜切产品的品质<sup>[32-33]</sup>, 亦是果蔬组织褐变的关键性酶之一。如图9所示, 贮藏过程中, 由于受外界胁迫, 各组鲜切甘薯POD活性整体呈现上升的趋势。随着时间的推移POD活性下降, 5%抗坏血酸钙处理组和对照组POD活性下降始于第8天, 0.03% ε-聚赖氨酸处理组和5%抗坏血酸钙+0.03% ε-聚赖氨酸处理组POD活性下降始于第6天。贮藏第6天时, 复配处理对POD的抑制效果最好。

### 3 结论

本研究表明, 5%抗坏血酸钙+0.03% ε-聚赖氨酸复配处理降低了鲜切甘薯贮藏期间的褐变度、菌落总数, 维持鲜切甘薯较高的总酚含量, 且有效抑制了鲜切甘薯PAL、PPO和POD的活性, 从而达到延缓鲜切甘薯褐变、延长贮藏期的

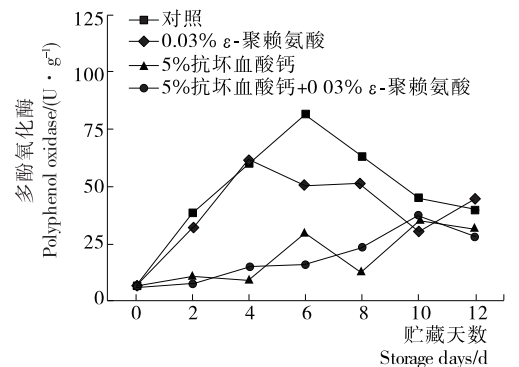


图8 抗坏血酸钙和ε-聚赖氨酸复配及单独处理对鲜切甘薯PPO活性的影响

Figure 8 Effect of calcium ascorbate and epsilon-polylysine on PPO activity of fresh-cut sweet potato



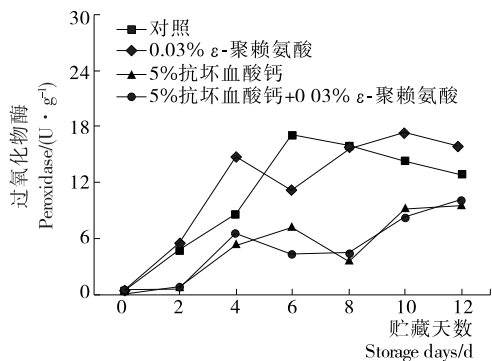


图9 抗坏血酸钙和ε-聚赖氨酸复配及单独处理对鲜切甘薯 POD 活性的影响

Figure 9 Effect of calcium ascorbate and epsilon-polylysine on POD activity of fresh-cut sweet potato

目的,适用于鲜切甘薯保鲜的复合绿色保鲜剂。

### 参考文献

- [1] 周郑坤, 郑元林. 甘薯营养价值与保健功能的再认识[J]. 江苏师范大学: 自然科学版, 2016, 34(4): 16-19.
- [2] GRACE M H, YOUSEF U U, GUSTAFSON S J, et al. Phytochemical changes in phenolics, anthocyanins, ascorbic acid, and carotenoids associated with sweet potato storage and impacts on bioactive properties[J]. Food Chemistry, 2014, 145(4): 717.
- [3] OKE M O, WORKNEH T S. A review on sweet potato postharvest processing and preservation technology[J]. African Journal of Agricultural Research, 2013, 8(40): 4 990-5 003.
- [4] 中国统计出版社. 中国农村统计年鉴[Z]. 北京: 中国统计出版社, 2014: 87-89.
- [5] 联合国粮农组织 (FAO) 数据库 [DB/OL]. [2017-01-02]. <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>.
- [6] 沈元凯. 鲜切果蔬类产业的技术发展及展望[J]. 山西农经, 2014(6): 89-90.
- [7] OMS-OLIU G, SOLIVA-FORTUNY R, MARTIN-BELLOSO O. Effect of ripeness on the shelf-life of fresh-cut melon preserved by modified atmosphere packaging[J]. European Food Research and Technology, 2007, 225: 301-311.
- [8] SIROLI L, PATRIGNANI F, SERRAZANETTI D I, et al. Innovative strategies based on the use of bio-control agents to improve the safety, shelf-life and quality of minimally processed fruits and vegetables[J]. Trends in Food Science & Technology, 2015, 46(2): 302-310.
- [9] HE Qiang, LUO Ya-guang. Enzymatic browning and its control in fresh-cut produce[J]. Stewart Postharvest Review, 2007, 3(6): 1-7.
- [10] 郁志芳, 夏志华, 陆兆新, 等. 鲜切甘薯高效化学褐变抑制剂组合的筛选[J]. 食品科学, 2003, 24(11): 31-34.
- [11] WANG Yan, SUGAR D. Internal browning disorder and fruit quality in modified atmosphere packaged 'Bartlett' pears during storage and transit[J]. Postharvest Biology and Technology, 2013, 83: 72-82.
- [12] CHUNGA H S, MOON K D. Browning characteristics of

fresh-cut 'Tsugaru' apples as affected by pre-slicing storage atmospheres[J]. Food Chemistry, 2009, 114(4): 1 433-1 437.

- [13] REIST M, JENNER P, HALLIWELL B. Sulphite enhances peroxynitrite-dependent alpha1-antiproteinase inactivation: A mechanism of lung injury by sulphur dioxide[J]. FEBS Letters, 1998, 423(2): 231-234.
- [14] GAO Jia, LUO Ya-guang, TUMER E, et al. Mild concentration of ethanol in combination with ascorbic acid inhibits browning and maintains quality of fresh-cut lotus root[J]. Postharvest Biology and Technology, 2017, 128: 169-177.
- [15] PUTNOIK P, KOVACEVIC D B, HERCEG K, et al. Influence of cultivar, anti-browning solutions, packaging gasses, and advanced technology on browning in fresh-cut apples during storage[J]. Journal of Food Process Engineering, 2017, 40(2): 1-11.
- [16] FALAGAN N, ARTES F, AGUAYO E. Natural additives to preserve quality and improve nutritional value of fresh-cut nectarine[J]. Food Science and Technology International, 2016, 22(5): 429-439.
- [17] 秦芸桦, 周涛. 聚赖氨酸在鲜切竹笋保鲜中的应用研究[J]. 食品科学, 2006(11): 520-522.
- [18] LI Shun-feng, ZHANG Li-hua, LIU Meng-pei, et al. Effect of poly-epsilon-lysine incorporated into alginate-based edible coatings on microbial and physicochemical properties of fresh-cut kiwifruit[J]. Postharvest Biology and Technology, 2017(134): 114-121.
- [19] SONG Zun-yang, LI Feng, GUAN Hui, et al. Combination of nisin and epsilon-polylysine with chitosan coating inhibits the white blush of fresh-cut carrots[J]. Food Control, 2017(74): 34-44.
- [20] 王清章, 刘怀超, 孙颀. 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.
- [21] DENG Li-li, ZENG Kai-fang, ZHOU Ya-han, et al. Effects of postharvest oligochitosan treatment on anthracnose disease in citrus (*Citrus sinensis* L. Osbeck) fruit[J]. European Food Research and Technology, 2015, 240(4): 795-804.
- [22] 曹建康, 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.
- [23] 袁洁, 霍垲, 唐玉婷, 等. 不同甘薯品种鲜切薯块褐变度的筛选及其聚类分析[J]. 分子植物育种, 2014, 12(5): 929-936.
- [24] 杜传来. 鲜切慈姑贮藏中褐变的相关生理生化变化及酶促褐变机理的研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2006.
- [25] 程双, 胡文忠, 刘程慧, 等. 鲜切甘薯酶促褐变调控的研究[J]. 食品工业科技, 2011, 32(6): 157-160.
- [26] PINA A, ERREA P. Differential induction of phenylalanine ammonia-lyase gene expression in response to in vitro callus unions of *Prunus spp* [J]. Plant Physiology, 2008, 165: 705-714.
- [27] MATEOS M, KE D, CANTWELL M, et al. Phenolic metabolism and ethanolic fermentation of intact and cut lettuce exposed to CO<sub>2</sub>-enrich atmospheres[J]. Postharvest Biology and Technology, 1993, 3: 225-233.

(下转第 142 页)

苯酚、2,3-二氢苯并呋喃这一系列醇类、酯类、醛类、杂环类等物质,这赋予了青梅特殊的香气成分<sup>[23]</sup>。综合看来,10%、15% PM 试验组的感官评分显著高于对照组( $P < 0.05$ ),且与添加 0.02% BHT 的相当。

### 3 结论

青梅不仅能有效抑制牛肉饼的脂肪氧化和蛋白质氧化,而且具有良好的抑菌作用,添加 20%青梅对肉饼的抗氧化和抑菌效果与 0.02% BHT 相当。此外,青梅还能对肉饼赋予酚类物质,提升肉饼的鲜艳度和多汁性,降低油腻感,赋予清爽的果香味,在一定程度上改善其色泽和感官品质,延长肉饼的货架期。青梅具有安全无毒、应用范围广等优点,且相比于一般天然防腐剂价格低,因此,对于天然防腐剂的需求日益增长的今天,青梅作为肉制品天然防腐剂具有十分重要的意义。由于青梅本身水分含量较高,添加量过大会给牛肉饼感官带来不利影响,因此,今后将以脱水后的青梅或青梅提取物作为对象,在排除水分干扰的基础上,研究其对肉制品品质的改良作用。

#### 参考文献

[1] UEMATSU C, SASAKUMA T, OGIHARA Y. Phylogenetic relationships in the stone fruit group of *Prunus* as revealed by restriction fragment analysis of chloroplast DNA[J]. *The Japanese Journal of Genetics*, 1991, 66(1): 59-69.

[2] 褚孟嫒. 中国果树志: 梅卷[M]. 北京: 中国林业出版社, 1999: 1-47.

[3] 陈坤鑫, 王伟斌. 天然青梅 SOD 降糖保健液: 中国, 101485451[P]. 2012-04-25.

[4] 马嫒, 罗鸣, 古小露, 等. 果梅的化学成分及应用研究进展[J]. *食品工业科技*, 2018, 39(4): 337-341.

[5] 张慧敏, 李远志. 青梅汁抗氧化特性的研究[J]. *食品工业*, 2016(4): 104-108.

[6] 韩明, 曾庆孝, 肖更生, 等. 青梅提取物对油脂抗氧化性能的研究[J]. *食品研究与开发*, 2005, 26(2): 143-146.

[7] LEE H A, NAM E S, PARK S I. Effect of maesil (*Prunus mume*) juice on antimicrobial activity and shelf-life of wet noodle[J]. *Journal of the Korean Society of Food Culture*, 2003, 18(5): 428-436.

[8] LEE E J, AHN D U. Quality characteristics of irradiated turkey breast rolls formulated with plum extract [J]. *Meat Science*,

2005, 71(2): 300-305.

[9] RIPOLL G, JOY M, MUÑOZ F. Use of dietary vitamin E and selenium (Se) to increase the shelf life of modified atmosphere packaged light lamb meat [J]. *Meat Science*, 2011, 87(1): 88-93.

[10] ZHANG Xin-xiao, WANG Hu-hu, LI Ming, et al. Near-freezing temperature storage ( $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) for extension of shelf life of chilled yellow-feather broiler meat: a special breed in asia[J]. *Journal of Food Processing & Preservation*, 2016, 40(2): 340-347.

[11] XIA Dao-zong, SHI Jia-yi, GONG Jin-yan, et al. Antioxidant activity of Chinese mei (*Prunus mume*) and its active phytochemicals[J]. *Journal of Medicinal Plants Research*, 2010, 4(12): 1 156-1 160.

[12] 鸣谦, 刘春泉, 李大婧. 不同干燥方式对莲子品质的影响[J]. *食品科学*, 2016, 37(9): 98-104.

[13] GÜLEN Y T, MELTEM S. Effects of using plum puree on some properties of low fat beef patties[J]. *Meat Science*, 2010, 86(4): 896.

[14] 穆同娜, 张惠, 景全荣. 油脂的氧化机理及天然抗氧化物的简介[J]. *食品科学*, 2004, 25(S1): 241-244.

[15] 陈玉香, 刘阳, 周道玮. 茶多酚对豆油及猪油的抗氧化作用[J]. *食品科学*, 2001, 22(11): 27-29.

[16] 王天佑, 王玉娟, 秦文. 猪肉挥发性盐基氮值指标与其感官指标的差异研究[J]. *食品工业科技*, 2007(12): 124-126.

[17] 陈虹, 王晓芳, 陈鑫, 等. 青梅抑菌作用及其抑菌成分的分鉴定[J]. *食品科技*, 2008, 33(12): 223-228.

[18] 周水根, 吕建林, 徐晓峰, 等. 青梅萃取液有效成分提取及其对肾细胞的毒性作用[J]. *医学研究生学报*, 2013, 26(6): 568-572.

[19] 靳志飞, 陈红. 响应面法优化超声辅助提取果梅果实有机酸工艺[J]. *湖北农业科学*, 2016, 55(7): 1 782-1 787.

[20] 唐艳, 邓尚贵, 张宾, 等. 乌梅提取物脱色工艺及其抑菌机理的初步研究[J]. *中国食品学报*, 2012, 12(5): 102-109.

[21] DONG G L, KIM J J, KANG S S, et al. Effect of natural antioxidant extracted from *Citrus junos* seib. or *Prunus mume*. on the quality traits of sun-dried Hanwoo beef jerky [J]. *CNU Journal of Agricultural Science*, 2012, 39(2): 243-253.

[22] 李阿娜, 盛侠, 刘素果, 等. 青梅果皮色素的提取工艺[J]. *经济林研究*, 2010, 28(2): 29-34.

[23] 刘兴艳. 果梅(*Prunus mume*)果实、发酵梅酒香气成分及变化规律研究[D]. 成都: 四川农业大学, 2005: 24-29.

(上接第 136 页)

[28] LUO Zi-sheng, WANG Yan-sheng, JIANG Lei, et al. Effect of nano-CaCO<sub>3</sub>-LDPE packaging on quality and browning of fresh-cut yam [J]. *LWT-Food Science Technology*, 2015, 60(2): 1 155-1 161.

[29] 郁志芳, 夏志华, 陆兆新. 鲜切甘薯酶促褐变机理的研究[J]. *食品科学*, 2005, 26(5): 54-59.

[30] 庞坤, 胡文忠, 王艳颖, 等. 切割伤害对苹果营养成分及褐变相关酶活性变化的影响[J]. *食品科技*, 2008(4): 37-41.

[31] AQUINO-BOLANOS E N, SILVAE M. Effects of polyphenol

oxidase and peroxidase activity, phenolics and lignin content on the browning of cut jicama [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2004, 33: 275-283.

[32] CANO M P, LOBO M G, DE ANCOS B. Peroxidase and polyphenol oxidase in long-term frozen stored papaya slices. Differences among hermaphrodite and female papaya fruits [J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 1998, 76(1): 135-141.

[33] LAMIKANRA O, WATSON M A. Effects of ascorbic acid on peroxidase and polyphenoloxidase activities in fresh-cut cantaloupe melon [J]. *Food Science*, 2001, 66: 1 283-1 286.