

doi:10.6041/j.issn.1000-1298.2013.01.025

外源精胺脉冲负压渗透处理对采后菜豆品质的影响*

田维娜^{1,2} 缪颖¹ 曹建康¹ 姜微波^{1,2}

(1. 中国农业大学食品科学与营养工程学院, 北京 100083; 2. 中国农业大学国家果蔬加工工程技术研究中心, 北京 100083)

摘要: 通过不同浓度外源精胺脉冲负压渗透处理的方法,研究了外源精胺在保持菜豆贮藏品质方面的作用。结果表明:在温度(20±2)℃,相对湿度80%~85%贮藏条件下,经不同浓度(0、0.02、0.2、0.5、1.0 mmol/L)的外源精胺真空渗透处理后的菜豆,其贮藏品质均得到不同程度的保持。外源精胺不同处理可有效延缓菜豆腐烂和锈斑的发生,而且可以抑制菜豆失重率和豆荚切割力的增加,并使菜豆豆荚的可溶性固形物以及菜豆豆粒硬度和可溶性蛋白含量得以保持。不同浓度外源精胺处理效果比较表明,0.5 mmol/L 精胺处理保持菜豆贮藏品质的效果最好,贮藏至第8天菜豆腐烂指数和锈斑指数分别比对照低68%和23%。

关键词: 菜豆 外源精胺 脉冲负压 贮藏品质

中图分类号: TS201.6; TS255.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2013)01-0131-06

Effects of Vacuum Pulse Infiltration of Exogenous Spermine on Quality of Postharvest Common Bean

Tian Weina^{1,2} Miao Ying¹ Cao Jiankang¹ Jiang Weibo^{1,2}

(1. College of Food Science and Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China

2. National Engineering Research Center for Fruits and Vegetables Processing, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: With the aim to investigate the influence of spermine (SPM) treatment by vacuum pulse infiltration on postharvest quality of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.), common beans were immersed in SPM solutions (0, 0.02, 0.2, 0.5 or 1.0 mmol/L) under vacuum (-20 kPa) for 2 min and then stored at 20℃, 80%~85% relative humidity for 8 days. The results indicated that exogenous SPM treatments could significantly inhibit water loss and cutting-force increasing, and reduce the rust spots forming and decay of bean pod. Exogenous SPM treatments could also remarkably prevent decrease in levels of the soluble protein in the bean seed and the total soluble solids in the bean pod. The treatment with 0.5 mmol/L SPM was more effective than the other treatments. The decay or rust spots index of the bean pod treated with 0.5 mmol/L SPM was about 68% or 23% lower than that of control in the 8th day of storage, respectively. The results could be applicable to improve quality of common bean for commercial purpose.

Key words: Common bean Exogenous spermine Vacuum pulse infiltration Storage quality

引言

精胺(Spermine, SPM)是高等植物代谢过程中产生的一类具有生物活性的低分子量脂肪族含氮碱。近些年的研究表明,精胺对采后果蔬生理生化

变化及保鲜等方面具有很大影响^[1-2],在采后果蔬组织中维持一定水平的精胺含量,有利于延缓衰老、延长贮藏期^[3-4]、增加抗逆性^[5]。因此,精胺延缓果蔬衰老的作用已逐步引起研究者的广泛关注。利用保鲜剂气体熏蒸或液体浸泡是果蔬保鲜常用的方

收稿日期:2012-02-19 修回日期:2012-03-01

* 国家高技术研究发展计划(863计划)资助项目(2008AA100803)和中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(2010JS075)

作者简介:田维娜,博士生,主要从事果蔬贮藏加工研究,E-mail: twn1106@163.com

通讯作者:姜微波,教授,博士生导师,主要从事果蔬贮藏加工研究,E-mail: jwb@cau.edu.cn

法,但是在常压条件下施用保鲜剂,通过果皮渗入到组织内部的效率很低,从而使保鲜剂的保鲜效果受到很大的影响。实际生产中为了获得较好的保鲜效果,需要利用过量的保鲜剂处理较长时间,这样不仅效率低,也会增加果蔬的药剂残留量和对环境的污染。脉冲负压渗透处理能较好地解决这一问题,并已在多种果蔬保鲜中取得较好效果^[6-9]。菜豆与其他果蔬相比,存在着极强的地域性、季节性和易腐性等特点,这极大地限制了鲜食菜豆的贮藏销售^[10]。目前国内外尚缺少有关外源精胺脉冲负压渗透延缓菜豆衰老、保持贮藏品质的相关报道。本文旨在探讨脉冲负压渗透外源精胺对采后菜豆贮藏品质的影响,为寻找安全高效的菜豆保鲜调控措施提供一定理论依据。

1 材料与方 法

1.1 材料及处理

菜豆 (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Shuangqing) 采自北京市郊区蔬菜生产基地,采收当天转运至实验室,挑选无病虫害、无机械伤,成熟度适中的菜豆为供试材料。精胺购于 Sigma - Aldrich 股份有限公司,溶于蒸馏水中,分别配制成 0 (对照)、0.02、0.2、0.5 和 1.0 mmol/L 溶液待用。将菜豆放入盛有不同浓度精胺溶液的塑料桶 (5 L) 中,再放入 50 L 脉冲负压装置中,用真空泵抽真空,达到 -0.020 MPa 压强后保持 2 min 再恢复到常压,置于常压下浸泡 5 min,进行溶液与菜豆之间的液相和固相的平衡,取出菜豆自然晾干,置于清洁塑料框中,用黑色聚乙烯塑料袋 (厚度 0.03 mm,河北艺佳塑料包装制品有限公司生产,符合 GB/T 21661—2008) 包裹,于温度 (20 ± 2) °C、相对湿度 80% ~ 85% 条件下贮藏^[8-9]。

仪器设备:TGL-16G-A 型高速冷冻离心机,上海安亭科学仪器厂;脉冲负压装置(图 1),实验室自主研制^[11];AR1140/C 型电子精密天平,上海奥豪斯公司;UV-VisT6 型分光光度计,北京普析通用仪器有限责任公司;QL-901 型旋涡混合器,海门市其林贝尔仪器制造有限公司;DL-01 型电热恒温干燥箱,天津市中环实验电炉有限公司;SK8200H 型超声波清洗仪器,北京东南仪诚公司;PAL-α 型数显糖度计,日本 ATAGO 爱宕有限公司。

1.2 试验测定方法

1.2.1 菜豆腐烂率和腐烂指数

将处理后菜豆(每个处理约 3 kg)随机分组,每 2 d 观察其腐烂发生情况并计算腐烂率,每个处理重复 6 次^[12]。

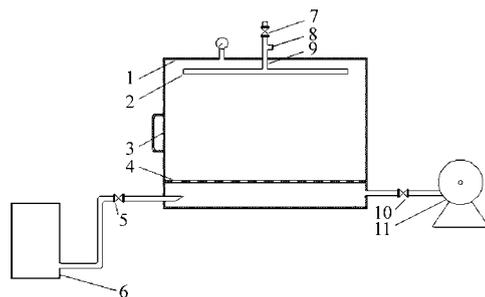


图 1 脉冲负压装置原理图

Fig. 1 Equipment of vacuum pulse infiltration

1. 箱体 2. 气体均流器 3. 入口 4. 支撑板 5、10. 阀门 6. 缓冲罐 7. 进气阀 8. 进样口 9. 进气管 11. 泵

菜豆腐烂分级标准为:0 级,无腐烂;1 级,腐烂面积小于 1 cm²;2 级,腐烂面积小于整个豆荚的 1/10;3 级,腐烂面积小于整个豆荚的 1/2;4 级,腐烂面积大于整个豆荚的 1/2。菜豆的腐烂指数计算公式为

$$I = \frac{\sum SN_i}{S_{\max} N} \times 100 \quad (1)$$

式中 I ——腐烂指数 S ——腐烂分级数

S_{\max} ——腐烂最高级数

N_i ——与腐烂分级数相对应的菜豆数量

N ——菜豆总数量

1.2.2 菜豆锈斑发生率和锈斑指数

将处理后菜豆(每个处理约 3 kg)随机分组,每 2 d 观察其锈斑发生情况并计算锈斑发生率,每个处理重复 6 次^[13]。

菜豆锈斑分级标准为:0 级,无锈斑;1 级,少量微小褐色斑点;2 级,较多褐斑,轻度凹陷;3 级,较大褐斑,明显凹陷;4 级,锈斑连片,直径大于 1.5 cm。菜豆的腐烂指数计算公式为

$$I' = \frac{\sum S'N'_i}{S'_{\max} N'} \times 100 \quad (2)$$

式中 I' ——锈斑指数 S' ——锈斑分级数

S'_{\max} ——锈斑最高级数

N'_i ——与锈斑分级数相对应的菜豆数量

N' ——菜豆总数量

1.2.3 菜豆失重率和百粒质量

将处理后菜豆(每个处理约 5 kg)随机分组,每 2 d 测定其质量,每个处理重复 3 次^[14]。平均失重率计算公式为

$$L = \frac{m_0 - m_n}{m_0} \times 100\% \quad (3)$$

式中 L ——失重率,%

m_0 ——菜豆贮藏前初始质量

m_n ——菜豆贮藏后质量

将处理后菜豆随机分组,每 2 d 测定 100 粒豆

粒的质量,每个处理重复 3 次,计算平均百粒质量。

1.2.4 菜豆豆荚切割力和豆粒硬度

菜豆豆荚切割力用 FHM-5 型果实硬度计测定(刀片测头),剥去豆粒,在豆荚中部取 3 个点测定。每组处理随机取 6 个豆荚进行测定。

菜豆豆粒硬度采用 FHM-5 型硬度计测定(测头直径 12 mm)。选取不同部位的豆粒,在豆粒中心处纵向垂直测定。每组处理随机取 6 个豆粒进行测定。

1.2.5 菜豆可溶性固形物含量

取 1 g 菜豆豆荚放入搅拌器中磨碎后,经过 12 000g 离心 10 min,取汁液用手持数显糖度计测定读数。取 1 g 菜豆豆粒放入研钵中磨碎后,加入 1 g 水,12 000g 离心 10 min,后取汁液用手持数显糖度计测定读数。每组平行重复测定 6 次^[15]。

1.2.6 菜豆可溶性蛋白质含量

采用考马斯亮蓝 G-250 染色法^[16]。称取 2 g 菜豆豆荚(1 g 菜豆豆荚),加入 5 mL pH 值 7.5 的 Tris-HCl 缓冲液中研磨成匀浆后,于 4℃、12 000g 离心 20 min,收集上清液,低温测定蛋白质含量。取 200 μL 豆荚提取液(25 μL 豆荚提取液),用 pH 值 7.5 的 Tris-HCl 缓冲液稀释至 1 mL,放入具塞试管中,加入 5.0 mL 考马斯亮蓝 G-250 溶液,充分混合,放置 5 min 后在波长 595 nm 处比色,测定其吸光度。每组平行重复测定 3 次。

1.2.7 数据处理和显著性分析

Excel 2003 统计分析数据,计算标准偏差并制图;应用 SPSS 17.0 软件(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)对数据进行方差分析(ANOVA),并利用邓肯氏多重比较对差异显著性进行分析。

2 试验结果与分析

2.1 菜豆腐烂率和腐烂指数

由图 2 可知,经外源精胺处理后的菜豆其腐烂率和腐烂指数始终低于对照,说明脉冲负压渗透外源精胺处理能有效抑制菜豆在贮藏过程中腐烂的发生、发展。其中,0.5 mmol/L 外源精胺对菜豆腐烂抑制效果最为明显。贮藏至第 6 天时,0.5 mmol/L 外源精胺脉冲负压渗透处理的菜豆仍无腐烂发生。贮藏至第 8 天时,经 0.5 mmol/L 外源精胺处理后的菜豆腐烂率和腐烂指数分别比对照低 79% 和 68%。这可能是由于外源精胺处理抑制了菜豆在贮藏期间的乙烯生成,有效延缓了菜豆的衰老,而抑制其腐烂的发生、发展。许多研究报道指出,果蔬采后的衰老与细胞膜脂的过氧化作用有关,而膜脂的过氧化作

用是由活性氧启动的^[17]。精胺可以有效地延缓植物组织中非水溶性蛋白质的降解,维持较高的活性氧清除剂超氧化物歧化酶(SOD)的活性,抑制膜脂过氧化的产物——丙二醛的积累,从而起到延缓组织衰老的作用^[18]。刘会宁和李丛玉的研究也表明,各浓度的精胺处理都可以降低草莓果实的腐烂率,以 0.2 mmol/L 处理浓度防腐效果最佳^[19]。

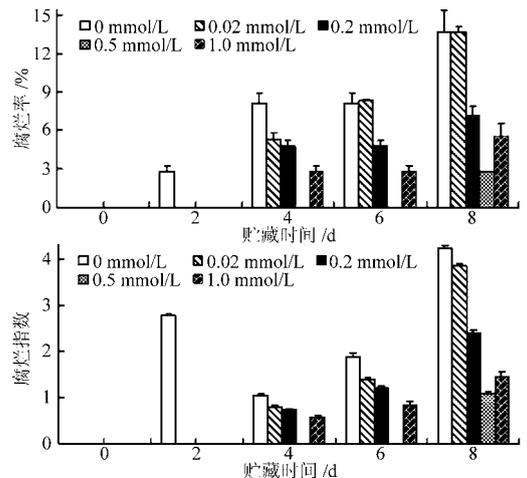


图 2 不同浓度外源精胺处理对采后菜豆腐烂率和腐烂指数的影响

Fig. 2 Effects of exogenous spermine treatment on decay incidence and decay index of postharvest common bean

2.2 菜豆锈斑发生率和锈斑指数

锈斑是豆类蔬菜贮藏保鲜中一个很普遍的问题,如果菜豆表面出现锈斑,那么短期内就会形成腐烂,从而失去商品价值^[20]。由图 3 可知,经 0.02 mmol/L 或 0.5 mmol/L 外源精胺脉冲负压渗透处理后的采后菜豆其锈斑发生率和锈斑指数始终低于对照,说明 0.02 mmol/L 或 0.5 mmol/L 外源精胺处理能有效抑制菜豆在贮藏过程中锈斑的发生和发展。经 0.5 mmol/L 外源精胺处理后的菜豆,贮藏至第 8 天时,其锈斑发生率和锈斑指数分别比对照低 32% 和 23%。大量的研究表明菜豆对 CO₂ 极其敏感,超过 3% 就会诱发菜豆锈斑的发生,同时加快细胞膜过氧化的速度,积累大量的自由基和有毒物质^[21]。因而,0.02 mmol/L 或 0.5 mmol/L 脉冲负压渗透外源精胺处理能有效地抑制菜豆在贮藏过程中锈斑的产生,可能与精胺能有效地减缓菜豆的呼吸作用有关^[22]。不同浓度的外源精胺处理对菜豆锈斑产生的效果不同,这可能与精胺对乙烯的作用有关,精胺对乙烯的作用可能涉及到蛋氨酸(SAM)和 1-氨基环丙烷-1-羧酸(ACC)的中间过程,与植物组织对多胺种类反应专一性和处理浓度有关^[23]。

2.3 菜豆失重率和百粒质量

菜豆在贮藏过程中,由于自身的呼吸作用和蒸

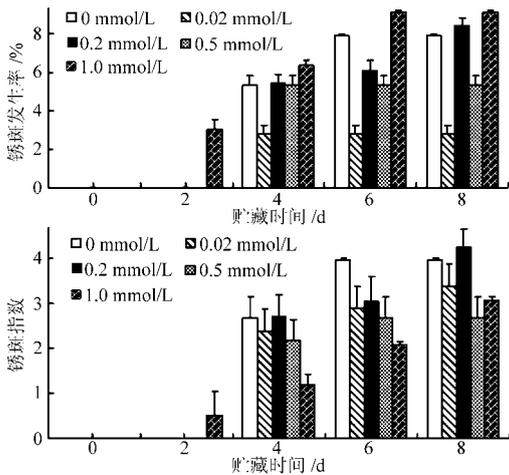


图3 不同浓度外源精胺处理对采后菜豆锈斑发生率 and 锈斑指数的影响

Fig. 3 Effects of exogenous spermine treatment on rust spot incidence and rust spot index of postharvest common bean

腾作用,导致组织中水分和水溶性营养成分的散失,过度的失水则会对菜豆的贮藏产生不利的影响,不仅造成失重,还会引起其品质的下降^[20],所以,在菜豆保鲜中应该尽量抑制蒸腾作用,减少失水。由图4可以看出,在整个贮藏过程中,不同浓度外源精胺脉冲负压渗透处理的菜豆,其失重率均低于对照。其中,0.2 mmol/L的外源精胺对菜豆失重的抑制效果最为明显。贮藏至第8天时,0.2 mmol/L和0.5 mmol/L的外源精胺处理菜豆的失重率分别比对照低42%和29%。这可能是由于外源精胺对贮藏过程中菜豆的水分散失和呼吸作用有一定的抑制作用,从而降低贮藏过程中菜豆的失重率。

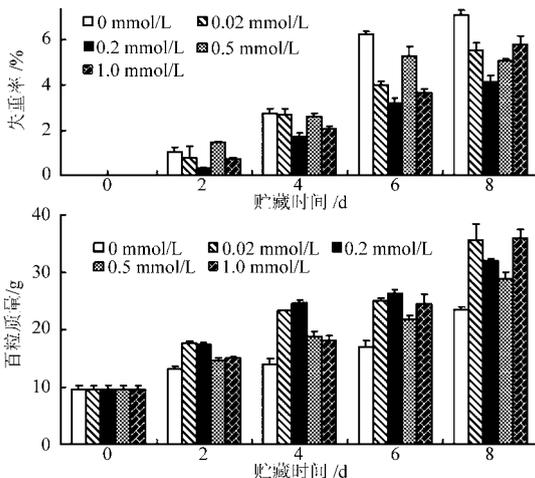


图4 不同浓度外源精胺处理对采后菜豆失重率和百粒质量的影响

Fig. 4 Effects of exogenous spermine treatment on weight loss and hundred-grain weight of postharvest common bean

不同外源精胺处理对采后菜豆百粒质量的影响如图4所示,在整个贮藏过程中,不同浓度外源精胺脉冲负压渗透处理的菜豆,其百粒质量均高于对照。

其中,0.5 mmol/L外源精胺处理的百粒质量增幅最小,贮藏至第8天时,0.5 mmol/L外源精胺处理菜豆的百粒质量比对照高23%。将这一结果与失重率结果相结合,比较分析表明:外源精胺处理可以在一定程度上增加贮藏过程中菜豆的百粒质量,造成菜豆失重的原因主要由菜豆豆荚失重引起。

2.4 菜豆豆荚切割力和豆粒硬度

菜豆豆荚纤维化是菜豆在货架期内品质劣变的因素之一,豆荚纤维化最直观表现就是豆荚切割力增加。经脉冲负压渗透外源精胺处理后,菜豆豆荚的切割力均比对照低(图5)。贮藏至第8天时,经0.5 mmol/L外源精胺处理的菜豆豆荚的切割力比对照低9%。本研究中,经外源精胺处理的菜豆豆荚切割力始终低于对照,说明外源精胺处理能抑制豆荚纤维化的进程。这可能不仅与脉冲负压渗透外源精胺能抑制菜豆失水萎蔫有关,而且可能是由于外源精胺能减少纤维素、半纤维素和木质素含量的增加,从而抑制菜豆豆荚衰老。

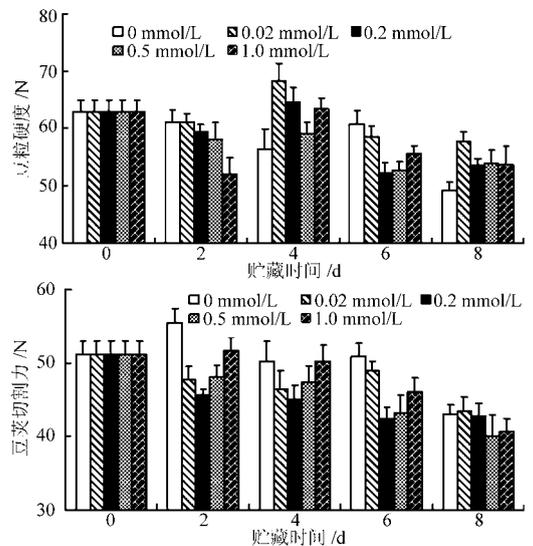


图5 不同浓度外源精胺处理对采后菜豆豆荚切割力和豆粒硬度的影响

Fig. 5 Effects of exogenous spermine treatment on cutting force of bean-pod and firmness of seed of postharvest common bean

菜豆豆粒衰老的主要表现是营养物质代谢所导致的豆粒淀粉化严重,而豆粒的淀粉化的直观表现之一就是豆粒硬度有所下降。对菜豆豆粒的硬度测定结果表明,随着贮藏时间的延长,豆粒的硬度逐渐降低,但降低程度不同(图5)。经脉冲负压渗透外源精胺处理的菜豆豆粒的硬度下降幅度均比对照低。对照处理的菜豆贮藏到第8天时,豆粒的硬度降低28%;而经0.5 mmol/L外源精胺处理的菜豆豆粒的硬度仅降低10%。以上结果说明外源精胺处

理能较好地保持菜豆豆粒的硬度,抑制豆粒淀粉化的进程,延缓豆粒的衰老。

2.5 菜豆可溶性固形物含量

菜豆在贮藏过程中,随着成熟衰老过程的发生,呼吸作用和蒸腾作用强度不断变化,导致组织内部碳水化合物合成和分解代谢的不断转化。这一复杂过程的进行直接影响着菜豆组织内部可溶性固形物的含量。菜豆在贮藏过程中,豆荚和豆粒的可溶性固形物含量变化趋势不同(图6)。

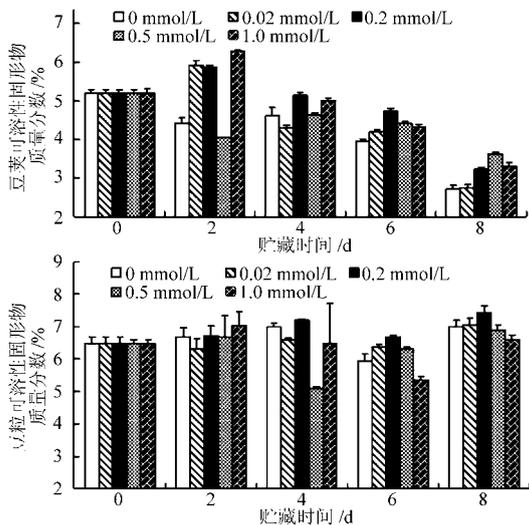


图6 不同浓度外源精胺处理对采后菜豆豆荚和豆粒可溶性固形物含量的影响

Fig. 6 Effects of exogenous spermine treatment on soluble solid content of postharvest common bean pod and seed

随着贮藏时间的延长,菜豆豆荚的可溶性固形物含量逐渐降低。相比对照而言,脉冲负压渗透外源精胺处理能较好地保持菜豆豆荚的可溶性固形物含量(图6)。其中,0.5 mmol/L外源精胺处理的效果最明显,贮藏至第8天时,经0.5 mmol/L外源精胺处理后的菜豆,其豆荚的可溶性固形物含量比对照高32%。菜豆豆粒的可溶性固形物含量随着贮藏时间的延长逐渐升高,经外源精胺处理后的菜豆,其豆粒的可溶性固形物含量增加幅度较对照大(图6)。其中,0.2 mmol/L和0.5 mmol/L外源精胺处理的效果较为明显。贮藏至第8天时,经0.5 mmol/L外源精胺处理后的菜豆,其豆粒的可溶性固形物含量比对照高1.4%。

以上结果表明,在贮藏过程中,菜豆豆荚和豆粒的碳水化合物合成和分解代谢是有区别的,而且,可能存在着豆荚中的碳水化合物供给豆粒碳水化合物的合成。外源精胺处理对豆荚和豆粒碳水化合物合成和分解代谢有调控作用,在抑制菜豆豆荚可溶性固形物含量降低的同时,能促进豆粒的可溶性固形物的增加。不仅菜豆的可溶性固形物含量存在这一

现象,其他一些果蔬也存在同样的变化趋势。刘爱荣等的研究表明,幼苗期和蕾苔期分别喷施不同浓度的外源精胺,油菜中可溶性糖含量均显著提高,且蕾苔期可溶性糖含量明显高于幼苗期^[24]。刘会宁和李丛玉的研究也表明,不同浓度的外源精胺处理均可延缓草莓贮藏过程中可溶性固形物含量减少的速度^[19]。

2.6 菜豆可溶性蛋白质含量

果蔬可溶性蛋白质不仅与其生长发育、成熟衰老过程密切相关,而且还是果蔬品质和营养的重要评价指标之一。菜豆中所含有的可溶性蛋白是菜豆中重要的功能性营养成分之一。试验结果表明,菜豆在贮藏过程中,豆荚和豆粒的可溶性蛋白质含量变化趋势截然相反(图7)。

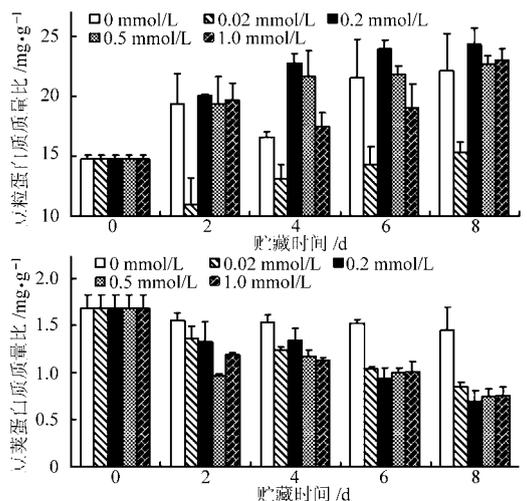


图7 不同浓度外源精胺处理对采后菜豆豆粒和豆荚可溶性蛋白质含量的影响

Fig. 7 Effects of exogenous spermine treatment on soluble protein content of postharvest common bean seed and pod

菜豆豆粒的可溶性蛋白质含量随着贮藏时间的延长逐渐升高,而豆荚的可溶性蛋白质含量随着贮藏时间的延长逐渐降低。其中,经0.2 mmol/L和0.5 mmol/L外源精胺脉冲负压渗透处理后的菜豆,其豆粒的可溶性蛋白质含量较对照大(图7)。贮藏至第8天时,经0.2 mmol/L和0.5 mmol/L外源精胺处理后的菜豆,其豆荚的可溶性蛋白质含量分别比对照高10%和3%。相比对照而言,经外源精胺处理的菜豆豆荚的可溶性蛋白质含量均低于对照(图7)。贮藏至第8天时,经0.2 mmol/L和0.5 mmol/L外源精胺处理后的菜豆,其豆粒的可溶性蛋白质含量分别比对照低52%和49%。

以上结果表明,在贮藏过程中,菜豆豆荚和豆粒的蛋白质合成和分解代谢是有区别的,而且,可能存在着豆荚中的蛋白质分解产物供给豆粒蛋白质的合成。张莉对菜豆种子发育过程中荚壳、籽粒可溶性

蛋白质含量变化的研究结果同本研究相似。在矮生菜豆种子整个发育过程中,籽粒中可溶性蛋白质含量的变化处于上升趋势,即随着菜豆种子的成熟,逐渐上升的菜豆豆荚中的蛋白质含量显著少于籽粒中的含量^[25]。

3 结 论

(1) 外源精胺脉冲负压渗透处理可以有效保持采后菜豆的贮藏品质。

(2) 脉冲负压渗透外源精胺处理可有效抑制常温条件下菜豆腐烂和锈斑的发生和发展,还可以抑制菜豆失重率和豆荚切割力的增加,使菜豆豆荚的可溶性固形物含量以及菜豆豆粒的硬度和可溶性蛋白含量得以保持。

(3) 不同浓度外源精胺脉冲负压渗透处理之间存在差异,0.5 mmol/L 的外源精胺处理保持菜豆贮藏品质的效果最好。

参 考 文 献

- Mitsuya Y, Takahashi Y, Berberich T, et al. Spermine signaling plays a significant role in the defense response of *Arabidopsis thaliana* to cucumber mosaic virus[J]. *Journal of Plant Physiology*, 2009, 166(6):626~643.
- Galson A W, Sawhney R K. Polyamines in plant physiology[J]. *Plant Physiology*, 1990, 94(2):406~410.
- Smith T A. Putrescine, spermidine and spermine in higher plants[J]. *Phytochemistry*, 1970, 9(7):1479~1486.
- Serrano M, Martinez-Madrid M C, Romojaro F. Ethylene biosynthesis and polyamine and ABA levels in cut carnations treated with aminotriazole[J]. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 1999, 124(1):81~85.
- Marlana F, Sllvla F, Annallsa T, et al. Effects of spermidine synthase over expression on polyamine biosynthetic pathway in tobacco plants[J]. *Journal of Plant Physiology*, 2004, 161(9):989~1001.
- 王秋明, 朱璇, 曹建康, 等. 负压渗钙处理对芒果贮藏品质的影响[J]. *食品工业科技*, 2007, 28(3):200~204.
Wang Qiuming, Zhu Xuan, Cao Jiankang, et al. Effects of calcium infiltration under low pressure on the quality of mango (*Mangifera indica* L. cv. Zihua) fruit during storage[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2007, 28(3):200~204. (in Chinese)
- 曹建康, 谈小芳, 王敏, 等. 1-甲基环丙烯(1-MCP)真空渗透处理对货架期杏果实采后生理和品质的影响[J]. *食品工业科技*, 2008, 29(4):254~257.
Cao Jiankang, Tan Xiaofang, Wang Min, et al. Effects of vacuum-infiltration of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on post-harvest physiology and quality of apricot fruit during shelf life[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2008, 29(4):254~257. (in Chinese)
- 杨林, 田维娜, 姜微波, 等. 脉冲负压处理对黄瓜敌敌畏农药残留脱除效果的研究[J]. *中国农业大学学报*, 2011, 16(4):148~152.
Yang Lin, Tian Weina, Jiang Weibo, et al. Effects of residual dichlorvos removal on cucumber by instantaneous vacuum treatment[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2011, 16(4):148~152. (in Chinese)
- Fu L, Cao J, Li Q, et al. Effect of 1-methylcyclopropene on fruit quality and physiological disorders in Yali pear (*Pyrus bretschneideri* Rehd.) during storage[J]. *Food Science and Technology International*, 2007, 13(1):49~54.
- Armelim J M, Canniatti-Brazaca S G, Spoto M H F, et al. Quantitative descriptive analysis of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under gamma radiation[J]. *Journal of Food Science*, 2006, 71(1):8~12.
- 姜微波, 李建, 曹建康. 一种果蔬负压处理装置: 中国, 200720190050.6[P]. 2008-08-20.
Jiang Weibo, Li Jian, Cao Jiankang. A vacuum pulse infiltration equipment of fruits and vegetables: China, 200720190050.6 [P]. 2008-08-20. (in Chinese)
- Ma W P, Cao J K, Ni Z J, et al. Effect of 1-Methylcyclopropene on storage quality and antioxidant activity of harvested 'Yujinxiang' melon (*Cucumis melo* L.) fruit[J]. *Journal of Food Biochemistry*, 2012, 36(4):413~420.
- Zeng K F, Cao J K, Jiang W B. Enhancing disease resistance in harvested mango (*Mangifera indica* L. cv. 'Matisu') fruit by salicylic acid[J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2006, 86(5):694~698.
- Toğrul H, Arslan N. Extending shelf life of peach and pear by using CMC from sugar beet pulp cellulose as a hydrophilic polymer in emulsions[J]. *Food Hydrocolloids*, 2004, 18(2):215~226.
- 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.
- Bradford M M. A rapid and sensitive method for quantitation of micro quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding[J]. *Analytical Biochemistry*, 1976, 72(1~2):248~258.
- 林植芳. 衰老叶片和叶绿体中 H₂O₂ 的积累与膜脂过氧化化的关系[J]. *植物生理学报*, 1998, 14(1):16~22.
Lin Zhifang. The accumulation of hydrogen peroxide in senescing leaves and chloroplasts in relation to lipid peroxidation[J]. *Acta Phytophysiological Sinica*, 1998, 14(1):16~22. (in Chinese)
- Kramer G F, Wang C Y. Correlation of reduced chilling injury with increased spermine and spermidine levels in zucchini squash[J]. *Physiologia Plantarum*, 1989, 76(4):479~484.

- membrane distillation[J]. *Desalination*, 1998, 117(1~3): 233~245.
- 5 (日)林弘通. 乳粉制造工程[M]. 北京:轻工业出版社,1987.
- 6 Paul EMinton. *Heat handbook of evaporation technology*[M]. New Jersey: Noyes Publications,1986:9~38.
- 7 刘素英. 味精生产废水处理与味精行业的清洁生产[J]. *环境保护*,2002(10):20~22.
- 8 杨琦,杨殿海,周群英. 味精废水处理方法[J]. *环境污染与防治*,1996,9(3):171~173.
- 9 费丽明,张锦屏,赵建武. 味精废水处理及综合利用[J]. *河南化工*,1997(11):26~27.
- 10 李红光. 发酵工业的生态工业模式及其特征—以味精、酒精工业废弃物生产发酵蛋白饲料[J]. *发酵科技通讯*,2001,30(2):14~18.
- 11 尹昕新. 龙虾头的酶解及 Maillard 反应制备海鲜味香精[D]. 南京:南京林业大学,2008.
Yin Xinxin. Research on enzymatic hydrolysis of waste lobster heads for preparation of seafood flavor[D]. Nanjing: Nanjing Forestry University, 2008. (in Chinese)
- 12 周庆,刘学文,张欣. 酶解猪血制备血球蛋白粉的脱色工艺研究[J]. *食品与机械*,2009,25(4):89~81.
- 13 郑桂富,徐振相. 鲢鱼蛋白水解液脱色效果的研究[J]. *食品工业科技*,2002,23(9):25~27.
- 14 章绍兵,甘晓露,龚琴. 花生蛋白酶解液的活性炭脱色工艺研究[J]. *河南工业大学学报*,2011,32(2):10~13.
Zhang Shaobing, Gan Xiaolu, Gong Qin. Study on decoloration of enzymatic hydrolysate of peanut protein by activated[J]. *Journal of Henan University of Technology: Natural Science Edition*, 2011,32(2): 10~13. (in Chinese)
- 15 詹永,陆天健,谭红军,等. 芦荟凝胶汁脱色工艺研究[J]. *食品与机械*,2004,20(3):17~19.

~~~~~

(上接第 136 页)

- 19 刘会宁,李丛玉. 精胺对草莓贮藏保鲜的效应[J]. *特产研究*,2006(2):50~52.  
Liu Huining, Li Congyu. Effects of spermine treatment on quality of postharvest strawberry[J]. *Special Wild Economic Animal and Plant Research*, 2006(2):50~52. (in Chinese)
- 20 陈曦. 贮冰蓄冷油豆角保鲜试验研究[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2010.  
Chen Xi. Experimental study on preservation snap beans based on ice storage[D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2010. (in Chinese)
- 21 钱敏,白卫东,于新,等. CO<sub>2</sub>对果蔬采后生理的作用[J]. *食品工业科技*,2009(10):350~354.  
Qian Min, Bai Weidong, Yu Xin, et al. Effects of CO<sub>2</sub> on post-harvest physiology in fruits and vegetables[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2009(10):350~354. (in Chinese)
- 22 王颀,李里特,丹阳,等. 多胺处理对鸭梨采后生理的影响[J]. *食品科学*,2003,24(7):141~145.  
Wang Jie, Li Lite, Dan Yang, et al. Effects of polyamines treatment on physiological of postharvest 'Yali' pears[J]. *Food Science*, 2003, 24(7):141~145. (in Chinese)
- 23 蒋跃明,张东林,李月标,等. 多胺对香蕉果实乙烯发生的影响[J]. *植物学通报*,1995,12(4):50~52.  
Jiang Yueming, Zhang Donglin, Li Yuebiao, et al. Effects of polyamines on the ethylene evolution of banana fruits[J]. *Chinese Bulletin of Botany*,1995, 12(4):50~52. (in Chinese)
- 24 刘爱荣,张远兵,凌娜. 精胺和亚精胺对油菜几个生理指标的影响[J]. *植物生理学通讯*,2002,38(4):349~351.  
Liu Airong, Zhang Yuanbing, Ling Na. Effects of spermine and spermidine on several physiological indexes of rape[J]. *Plant Physiology Communications*, 2002, 38(4):349~351. (in Chinese)
- 25 张莉. 菜豆种子胎萌特性的研究[D]. 杭州:浙江大学,2007.  
Zhang Li. Study on the seed vivipary characteristics of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2007. (in Chinese)