

低温预贮及自发气调对豇豆冷害的控制

范林林, 王 清, 夏春丽, 史君彦, 高丽朴, 左进华

(北京市农林科学院 蔬菜研究中心, 果蔬农产品保鲜与加工北京市重点实验室, 农业部华北地区园艺作物生物学与种质创制重点实验室, 农业部都市农业(北方)重点实验室, 北京 100097)

摘 要:以豇豆为试材,采用低温预贮(low temperature conditioning,LTC)和自发气调(modified atmosphere,MAP)保鲜的方法,研究了 LTC+MAP 处理对豇豆冷害控制的影响。结果表明:LTC+MAP 处理能够较好地维持豇豆的外观品质,延缓其水分、可溶性固形物、抗坏血酸等物质的损失,抑制豇豆的相对电导率和丙二醛(MDA)含量的上升,保护细胞膜的完整性,除此之外还能够提高其过氧化物酶(POD)活性,进而增强自身的抗氧化能力。

关键词:豇豆;自发气调;低温预贮;冷害

中图分类号:S 643.409⁺.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)18-0135-04

豇豆(*Vigna unguiculata* (Linn.) Walp)属蝶形花科一年生缠绕性草本植物,其营养丰富,含有蛋白质、碳水化合物、食物纤维、多种维生素和矿物质元素等物质。因此,豇豆作为食材,不但质地脆嫩、味道鲜美,还具有一定的营养价值。然而,豇豆组织幼嫩、呼吸强度高,极不耐贮,采收后如不尽快进行产地预冷处理,短时间内就会出现萎蔫、褪色、腐烂等现象^[1-3]。

豇豆采后预冷处理主要有冷库预冷和水预冷(冷水预冷、冰水预冷)2种,冰水预冷温度为 0℃,采用冰水预冷和冷水预冷后的豇豆在冷链运输过程中易出现冷害和锈斑等问题,严重的影响了豇豆的感官品质和营养价值,因此急需开发一种豇豆冷链物流过程中冷害的控制

方法^[4-6]。

目前,有研究者提出一些豇豆的保鲜技术措施,例如专利《一种豇豆保鲜液及其对豇豆保鲜的方法》(申请号:201310471259.x)公开了一种先用二氧化氯溶液浸泡,再用 50℃热水浸泡,最后用海藻酸钠、柠檬酸、抗坏血酸和原花青素混合液浸泡保鲜的方法;专利《一种胡椒碱乙醇-水溶液保鲜豇豆的方法》(申请号:201110411927.0)公开了一种用胡椒碱乙醇-水溶液保鲜豇豆的方法;专利《一种豇豆护色保鲜方法》(申请号:201410229439.1)公开了一种苹果多酚水溶液浸泡保鲜豇豆的方法。虽然上述方法对豇豆的保鲜有一定的效果,但是,这些方法多采用浸泡和化学试剂等处理方式,给实际的生产应用带了一定的困难,加上由于人们对化学试剂保鲜而引起

1 材料与方法

1.1 试验材料

豇豆“青豇 80”采自北京天安农业发展有限公司,挑选商业成熟、形状、大小、色泽一致、无锈斑、无病虫害、无

第一作者简介:范林林(1990-),女,硕士研究生,研究方向为农产品贮藏加工与食品资源开发。E-mail:fanlinlin0418@163.com.

责任作者:左进华(1982-),男,博士,助理研究员,研究方向为农产品贮藏与加工。E-mail:zuojinhua@126.com.

基金项目:国家大宗蔬菜产业体系建设资助项目(CARS-25);西北非耕地园艺作物生态高效生产技术与示范资助项目(201203095);北京市农林科学院青年基金资助项目(201404);国家自然科学基金资助项目(31401536)。

收稿日期:2016-05-05

quality and physiological indexes in green pepper were measured,then the feasible film packaging were determined. The results showed that:under the room temperature (20—25℃),the 0.03 mm PVC film treatment had a better preservation effect on green pepper,effectively inhibited the decrease of appearance index,delayed the change red and weight loss increase of fruits,suppressed the decrease of chlorophyll, vitamin C and soluble protein contents, postponed the accumulation of MDA,maintained the integrity of cell membrane structure,meanwhile,enhanced the activities of POD and CAT, reduced the damage of the active oxygen free radicals on cell tissue,maintained the better quality and commodity.

Keywords:green pepper;film packaging;chlorophyll;MDA

机械伤的豇豆,40~50条豆荚绑为1扎,采摘当天尽快运抵实验室;自充气调保鲜袋采用普通PE保鲜袋,厚度为0.03 mm,由购自北京华盾雪花塑料集团有限责任公司;聚乙烯保鲜膜按照尺寸封为聚乙烯保鲜袋。

电导率仪(DDSJ-308A 上海精密科学仪器有限公司);手持糖度计(DIGITAL REFRACTOMETER PR-100 MADE IN JAPAN);UV-1800 紫外分光光度计(上海精密科学仪器有限公司);TGL-16G-A 高速冷冻离心机(广州晟龙实验仪器有限公司)。

1.2 试验方法

低温预贮(low temperature conditioning, LTC)+自发空调(modified atmosphere, MAP)处理组:采用普通PE保鲜袋包装新鲜采摘的豇豆,每袋装约2 kg,封口,然后在温度为10℃的冷库中预贮2 d后,将预贮的豇豆转移至4℃的冷库中贮藏,即可有效控制豇豆贮藏过程中冷害的发生。

对照(CK)组:采用上述普通PE保鲜袋包装新鲜采摘的豇豆,每袋装约2 kg,直接置于4℃的冷库中贮藏。

1.3 项目测定

感官评定标准:由6人组成的品评组人员评判各处理的保鲜效果,每个样品按萎蔫、色泽、硬度及外观进行整体分级,共9分,分成3等,1~3分表示不可接受,4~6分表示一般,7~9分表示商品价值乐意接受(表1)。

表1 外观指数评定标准^[7]

Table 1 Appearance index evaluation criteria								
9分	8分	7分	6分	5分	4分	3分	2分	1分
没有变化	稍有变化	变化明显	商品性下降	商品性最低限	失去商品性	食用价值最低限	失去食用价值	腐烂变质

失重率:利用电子秤进行测定。失重率(%)=(贮藏前质量-贮藏后质量)/贮藏前质量×100。

可溶性固形物(TSS)含量:采用手持糖度计(DIGITAL REFRACTOMETER PR-100 MADE IN JAPAN)进行测定。

抗坏血酸含量:参照ROE等^[8]的方法,采用2,6-二氯酚靛酚滴定法测定抗坏血酸。

相对电导率:采用DDSJ-308A型电导率仪测定,相对电导率(%)=(初始电导率-纯水电导率)/(煮沸后的电导率-纯水电导率)×100。

丙二醛(MDA):取2.0 g样品,加入5.0 mL、100 g·L⁻¹的三氯乙酸溶液,研磨匀浆后,于4℃、10 000 r·min⁻¹离心20 min,参照曹建康等^[9]的方法测定。

过氧化物酶(POD)活性:分别称取2.0 g组织样品,置于研钵中,加入10.0 mL磷酸缓冲液,在冰浴条件下研磨成匀浆,于4℃、12 000 r·min⁻¹离心20 min,收集上清液即为酶提取液,均参照曹建康等^[9]

的方法测定。

1.4 数据分析

采用Origin 8.5软件作图,试验数据取3次测定的平均值,以IBM SPSS Statistics 19软件进行显著性分析。

2 结果与分析

2.1 LTC+MAP对豇豆感官评分的影响

由图1可知,随着贮藏时间的延长,各试验组豇豆的感官评分呈现逐渐下降的趋势,其中LTC+MAP处理组豇豆的感官评分始终高于对照组,在贮藏期第12天时,对照组豇豆的感官评分仅为LTC+MAP处理组81.33%,呈现显著性差异($P<0.05$),说明LTC+MAP处理能够较好地维持豇豆的外观品质,提高豇豆的商品性。且在贮藏期第12~15天时,各试验组豇豆的感官评分下降较为迅速,原因可能是豇豆在贮藏末期劣变品质较为突出,综上所述,LTC+MAP处理可较好地维持豇豆的外观品质,对豇豆的保鲜效果极佳。

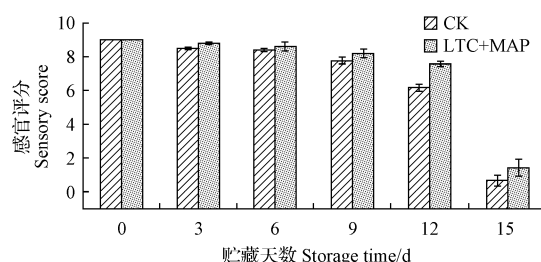


图1 LTC+MAP处理豇豆感官评分的变化

Fig. 1 Sensory score changes in cowpea of LTC+MAP treatment

2.2 LTC+MAP对豇豆失重率的影响

失重率是反映采后果蔬贮藏品质的重要指标之一,由图2可知,随着贮藏时间的延长,各试验组豇豆的失重率呈现逐渐上升的趋势,其中LTC+MAP处理组豇豆的失重率始终低于对照组,在贮藏期第3~9 d时,各试验组豇豆的失重率呈直线型上升,速度非常迅速,而在贮藏期第9~12天,LTC+MAP处理组豇豆的失重率几乎没有变化;在贮藏期第3天时,LTC+MAP处理组

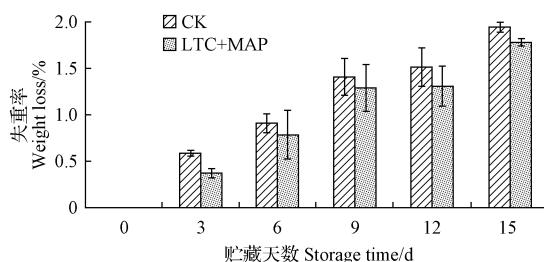


图2 LTC+MAP处理豇豆失重率的变化

Fig. 2 Weight loss changes in cowpea of LTC+MAP treatment

豇豆的失重率是对照组的 63.45%，呈现显著性差异 ($P<0.05$)，说明 LTC+MAP 处理能够有效抑制豇豆的水分损失。综上所述，LTC+MAP 处理能够有效延缓豇豆的质量损失，使其维持脆嫩多汁的状态。

2.3 LTC+MAP 对豇豆可溶性固形物含量的影响

可溶性固形物含量(TSS)主要反映了豇豆的糖含量，也就是豇豆呼吸作用的底物。由图 3 可知，随着贮藏时间的延长，各试验组豇豆的 TSS 含量呈现逐渐下降的趋势，但变化幅度不大，在整个贮藏期间，LTC+MAP 处理组豇豆的 TSS 含量始终高于对照组，且 LTC+MAP 处理组与对照组豇豆的 TSS 含量之间却存在显著性差异 ($P<0.05$)，说明 LTC+MAP 处理能够有效延缓豇豆营养物质的损失。

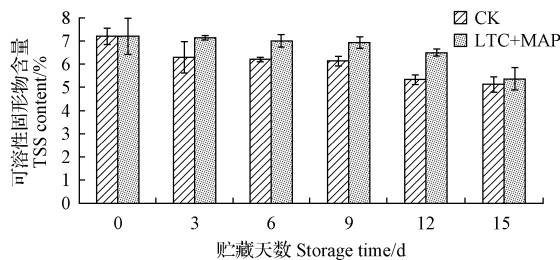


图 3 LTC+MAP 处理豇豆可溶性固形物含量的变化

Fig. 3 TSS content changes in cowpea of LTC+MAP treatment

2.4 LTC+MAP 对豇豆抗坏血酸含量的影响

植物组织的抗氧化系统主要分为酶促系统和非酶促系统，其中酶促系统包括过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)、超氧化物歧化酶(SOD)等，而非酶促系统主要包括类黄酮、抗坏血酸等物质，因此抗坏血酸并不仅是豇豆的重要的营养物质，并且其含量的变化能够反映豇豆的抗氧化能力变化^[10]。由图 4 可知，随着贮藏时间的延长，各试验组豇豆的抗坏血酸含量呈现逐渐下降的趋势，其中 LTC+MAP 处理组豇豆的抗坏血酸含量始终高于对照组，在贮藏期第 15 天时，对照组豇豆的抗坏血酸含量仅为 LTC+MAP 处理组 64.81%，差异性显著 ($P<0.05$)，说明 LTC+MAP 处理能够有效延缓豇豆营

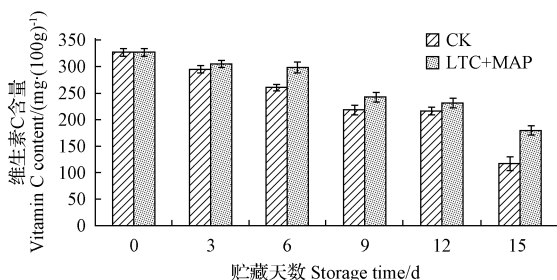


图 4 LTC+MAP 处理豇豆抗坏血酸含量的变化

Fig. 4 Vitamin C content changes in cowpea of LTC+MAP treatment

养物质的损失。

2.5 LTC+MAP 对豇豆相对电导率的影响

相对电导率越大表明植物组织细胞膜的渗透性越大^[11]。由图 5 可知，随着贮藏时间的延长，各试验组豇豆的相对电导率呈现逐渐下降的趋势，其中 LTC+MAP 处理组豇豆的相对电导率始终低于对照组，在贮藏期第 9 天时，LTC+MAP 处理组豇豆的相对电导率仅为对照组的 38.57%，差异性显著 ($P<0.05$)，说明 LTC+MAP 处理能够有效抑制豇豆细胞膜的衰老，较好地维持豇豆细胞膜的完整性。在贮藏期第 0~3 天，各试验组豇豆的相对电导率几乎无显著性变化 ($P>0.05$)，对照组豇豆的相对电导率在贮藏期第 3~15 天上升速度非常迅速，而 LTC+MAP 处理组豇豆的相对电导率在贮藏期第 0~9 天上升速度非常缓慢。综上所述，LTC+MAP 处理可有效抑制豇豆相对电导率的上升速度，维持其细胞膜的完整性。

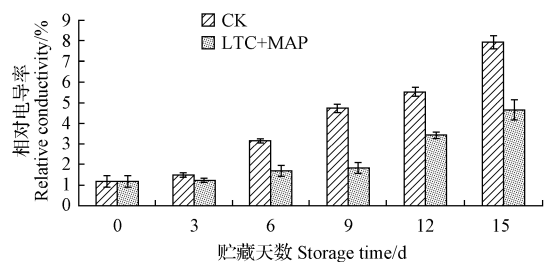


图 5 LTC+MAP 处理豇豆相对电导率的变化

Fig. 5 Relative conductivity changes in cowpea of LTC+MAP treatment

2.6 LTC+MAP 对豇豆丙二醛含量的影响

活性氧的积累将会增强果蔬的膜脂过氧化作用，进而导致细胞膜的损伤，从而引起相对电导率和 MDA 含量的增加；MDA 含量越大表明豇豆细胞膜膜脂过氧化程度越大^[12-13]。由图 6 可知，随着贮藏时间的延长，各试验组豇豆的 MDA 含量呈现先上升后下降的趋势，在贮藏期第 6 天达到最大值，此时，LTC+MAP 处理组豇豆的 MDA 含量仅为对照组的 72.02%，差异性显著 ($P<0.05$)，其中 LTC+MAP 处理组豇豆的 MDA 含量始终

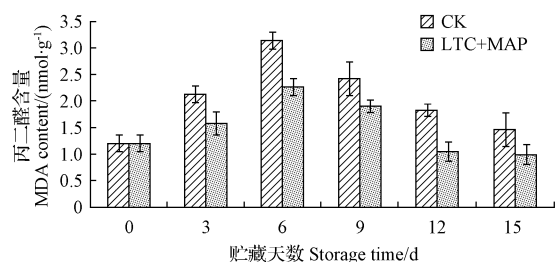


图 6 LTC+MAP 处理豇豆丙二醛含量的变化

Fig. 6 MDA content changes in cowpea of LTC+MAP treatment

低于对照组,说明 LTC+MAP 处理能够有效抑制豇豆细胞膜的膜脂过氧化进程。

2.7 LTC+MAP 对豇豆过氧化物酶活性的影响

过氧化物酶(POD)是广泛存在于植物体内的氧化还原酶,其作用主要是催化氧化还原反应中产生的 H_2O_2 ,使活性氧维持在较低水平,减轻细胞膜质的氧化伤害^[14-15]。由图 7 可知,随着贮藏时间的延长,各试验组豇豆的 POD 活性呈现先上升后下降的趋势,在贮藏期第 6 天时达到最大值,此时对照组豇豆的 POD 活性仅为 LTC+MAP 处理组的 89.03%,差异性显著($P < 0.05$),其中 LTC+MAP 处理组豇豆的 POD 活性始终高于对照组,说明 LTC+MAP 处理能够有效提高豇豆的 POD 活性,增强其抗氧化能力。

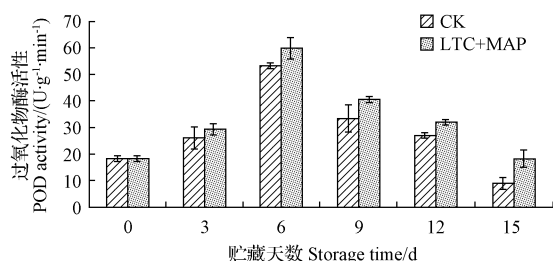


图 7 LTC+MAP 处理豇豆过氧化物酶活性的变化

Fig. 7 POD activity changes in cowpea of LTC+MAP treatment

3 结论

LTC+MAP 处理能够较好地维持豇豆的外观品质,延缓其水分、TSS、抗坏血酸等物质的损失,抑制豇豆的相对电导率和 MDA 含量的上升,保护细胞膜的完整性,除此之外还能够提高其 POD 活性,进而增强自身的抗氧化能力,抑制豇豆的冷害率,相比于对照能够延长货架期 3~4 d,对豇豆的保鲜效果甚佳。

参考文献

[1] 邢淑婕,张宇航,刘开华.含茶多酚的大豆分离蛋白涂膜对豇豆保鲜

效果的影响[J].食品工业,2015(9):50.

[2] 梁晓明,李天略,李娟娟,等.胡椒碱对豇豆的保鲜作用研究[J].安徽农业科学,2012,40(2):1017-1019.

[3] 张苏敏,李天略,刘艺洁,等.牛大力氯仿提取物保鲜豇豆研究[J].安徽农业科学,2013,40(36):17714-17715.

[4] FALADE K O, KOLAWOLE T A. Effect of irradiation dose on physical, functional and pasting properties of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) cultivars[J]. Journal of Food Process Engineering, 2013, 36(2):147-159.

[5] FREIRE F F R, RIBEIRO V Q, de MOURA R M, et al. Production, breeding and potential of cowpea crop in Brazil[J/OL]. Embrapa Mid-North, 2012, DOI:10.13140/2.1.3681.6166.

[6] MARQUES M R, FREITAS R A M S, CARLOS A C C, et al. Peptides from cowpea present antioxidant activity, inhibit cholesterol synthesis and its solubilisation into micelles[J]. Food Chemistry, 2015, 168:288-293.

[7] HAN C, ZUO J H, WANG Q, et al. Effects of chitosan coating on post-harvest quality and shelf life of sponge gourd (*Luffa cylindrica*) during storage[J]. Scientia Horticulturae, 2014, 166:1-8.

[8] ROE H J, OSTERLING M J. The determination of dehydroascorbic acid and ascorbic acid in plant tissues by the 2,4-dinitrophenylhydrazine method[J]. Journal of Biological Chemistry, 1943, 35:511-517.

[9] 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.

[10] CHUNG H S, MOON K D. Browning characteristics of fresh-cut 'Tsugaru' apples as affected by pre-slicing storage atmospheres[J]. Food Chemistry, 2009, 114:1433-1437.

[11] KWON S Y, JEONG Y J, LEE H S, et al. Enhanced tolerances of transgenic tobacco plants expressing both superoxide dismutase and ascorbate peroxidase in chloroplasts against methyl viologen-mediated oxidative stress[J]. Plant, Cell and Environment, 2002, 25(7):873-882.

[12] 曹明明,闫瑞香,冯叙桥,等.热处理对鲜切玫瑰香葡萄抗氧化活性及生理生化品质的影响[J].食品科学,2012,33(8):279-284.

[13] XIE Z, DUAN L, TIAN X, et al. Coronatine alleviates salinity stress in cotton by improving the antioxidative defense system and radical-scavenging activity[J]. Journal of Plant Physiology, 2008, 165(4):375-384.

[14] 金鹏,吕慕雯,郑永华,等. MeJA 与低温预贮对枇杷冷害和活性氧代谢的影响[J].园艺学报,2012,39(2):461-468.

[15] 媛媛,朱璇,王英,等.水杨酸处理对杏果实冷害及活性氧代谢的影响[J].食品科学,2014,35(4):195-199.

Effect of Low Temperature Conditioning and Modified Atmosphere on Chilling Injury of Postharvest Cowpea

FAN Linlin, WANG Qing, XIA Chunli, SHI Junyan, GAO Lipu, ZUO Jinhua

(Vegetable Research Center, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences/Beijing Key Laboratory of Fruits and Vegetable Storage and Processing/Key Laboratory of Biology and Genetic Improvement of Horticultural Crops (North China), Ministry of Agriculture/Key Laboratory of Urban Agriculture (North), Ministry of Agriculture, Beijing 100097)

Abstract: Cowpea was used as test materials, and were treated with LTC+MAP to determine the effect of LTC+MAP on chilling injury of cowpea by low temperature conditioning (LTC) and modified atmosphere (MAP). The results indicated that LTC+MAP kept higher sensory score, inhibited increase of MDA content and weight loss, and enhanced TSS content, vitamin C content, POD activity. LTC+MAP exerted the best preservation.

Keywords: cowpea; modified atmosphere; low temperature conditioning; chilling injury