

doi:10.11937/bfyy.20170216

变温处理对豇豆采后生理特性的影响

史君彦, 王 清, 高丽朴, 王云香, 郑秋丽, 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,采用变温贮藏(T1:4℃贮藏1 d+室温贮藏;T2:4℃贮藏2 d+室温贮藏;T3:4℃贮藏3 d+室温贮藏,D1:4℃贮藏1 d+10℃贮藏1 d+室温贮藏,D2:4℃贮藏2 d+10℃贮藏1 d+室温贮藏,D3:4℃贮藏3 d+10℃贮藏1 d+室温贮藏;对照:室温贮藏)的方法,研究其对豇豆采后生理特征的影响。结果表明:与对照相比,变温贮藏可有效延长豇豆贮藏的货架期,其中T3和D3处理可有效维持较好的感官品质、可溶性固形物含量和叶绿素含量,抑制丙二醛(MDA)含量的积累。同时,可维持较稳定的过氧化物酶(POD)、多酚氧化酶(PPO)、抗坏血酸过氧化物酶(APX)和过氧化氢酶(CAT)活性,抑制活性氧自由基的产生,减轻过氧化损伤。因此,变温贮藏处理可有效地保持采后豇豆较好的生理特性。

关键词:豇豆;变温贮藏;货架期;叶绿素;多酚氧化酶

中图分类号:S 643.409.13 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)21-0132-06

豇豆(*Vigna sinensis*)属蚕豆目蝶形花科一年生缠绕性草本植物,原产于印度和缅甸,主要分布在热带、亚热带和温带地区,已在我国广泛种植,是夏秋季的大宗蔬菜之一。豇豆含有易于消化吸收的蛋白质、多种维生素和微量元素等,其中所含磷脂可促进胰岛素的分泌,是糖尿病人的理想食品^[1-3],尤其是豇豆的种子富含蛋白质和必需氨基酸,可有效健脾补肾。但豇豆常温不耐贮藏,易出现萎蔫、腐烂、锈斑等现象,低温贮藏是维持

豇豆贮藏品质的一个重要方式。

低温贮藏是果蔬保鲜的最有效方法之一,低温可抑制果蔬采后呼吸作用和内源乙烯的生成,有理由保持果蔬的生理代谢和营养物质的稳定^[4-5]。低温贮藏可有效维持豇豆的贮藏品质,然而豇豆属于冷敏型蔬菜,在低温(<10~12℃)下贮藏,会出现凹陷斑等冷害症状,从而导致货架期缩短和品质劣变现象^[6]。茉莉酸甲酯^[6]、水杨酸^[7]、油菜素内酯^[8]和低温预贮及自发气调^[9]等方式均能有效的延缓豇豆低温冷害的发生,维持较好的贮藏品质和商品价值。但这些处理均采用化学试剂,存在食品安全隐患。变温贮藏是控制果蔬冷害的有效物理方式,具有安全、无毒、易于操作的优势,可通过维持果蔬组织细胞结构,减少活性氧自由基含量,诱导热激蛋白、多胺、多糖等物质达到抑制冷害的效果^[10-11]。目前国内外关于豇豆变温贮藏研究尚鲜见报道,该试验采用变温贮藏处理豇豆,研究变温贮藏对豇豆采后生理特性的影响,以期获得豇豆采后贮藏保鲜的新方法,为豇豆采后贮藏保鲜的进一步研究提供参考依据。

第一作者简介:史君彦(1988-),女,硕士,研究方向为农产品贮藏保鲜。E-mail:shijunyan0130@126.com

责任作者:左进华(1982-),男,博士,副研究员,现主要从事农产品贮藏与加工等研究工作。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);国家重点研发计划资助项目(2016YFD0400901);国家自然科学基金资助项目(31401536);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)。

收稿日期:2017-05-10

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试豇豆品种为“华赣·露地王”，于 2016 年 7 月 17 日采摘于北京天安农业发展有限公司顺义区大孙各庄镇基地，采摘当日运回实验室，挑选无病虫害、无机械伤、完整、八九成熟豇豆备用。

1.2 试验方法

设置以下处理。T1 处理：4℃贮藏 1 d+室温贮藏；T2 处理：4℃贮藏 2 d+室温贮藏；T3 处理：4℃贮藏 3 d+室温贮藏；D1 处理：4℃贮藏 1 d+10℃贮藏 1 d+室温贮藏；D2 处理：4℃贮藏 2 d+10℃贮藏 1 d+室温贮藏；D3 处理：4℃贮藏 3 d+10℃贮藏 1 d+室温贮藏；对照：室温贮藏。每天观察、取样，样品用液氮速冻，于-80℃下放置备用。

1.3 项目测定

货架期和感官评分采用 HAN 等^[12]和范林林等^[8]的方法稍作修改后测定，由 9 人组成的品评小组对处理后的豇豆的保鲜效果依据萎蔫、新鲜度、色泽、硬度等外观进行整体分级，共分为 9 级 3 等，1~3 分表示不可接受，4~6 分为一般，7~9 分为商品价值乐意接受，其中 5 分为商品最低限，色泽、硬度降低，外观品质下降。

可溶性固形物(TSS)含量采用手持糖度计测定。叶绿素含量采用 WANG 等^[13]的方法测定。丙二醛(MDA)含量以及多酚氧化酶(PPO)、过氧化物酶(POD)、抗坏血酸过氧化物酶(APX)和过氧化氢酶(CAT)活性均采用曹建康等^[14]的方法测定。

1.4 数据分析

采用 Excel 2003 统计分析软件进行基础数据整理，采用 Origin 8.5 分析与作图，采用 IBM SPSS Statistics 19 软件对数据进行差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 低温贮藏时间对豇豆货架期的影响

低温贮藏是延长果蔬货架期的一个有效措

施，可有效降低呼吸作用和微生物的生长，然而热带和亚热带果蔬贮藏于 10~12℃易出现冷害，导致果蔬劣变，失去商品性^[15]。依据豇豆的外观品质变化，不同贮藏时间豇豆的货架期如图 1 所示，豇豆在低温下易出现冷害，以豇豆无冷害现象作为低温贮藏极限，豇豆在 4℃下贮藏 4 d 后出现冷害(数据未显示)，不宜贮藏，T3 和 D3 处理均无冷害发生，货架期可达 5 d 以上。因此，在低温 4℃条件下贮藏不宜超过 3 d。

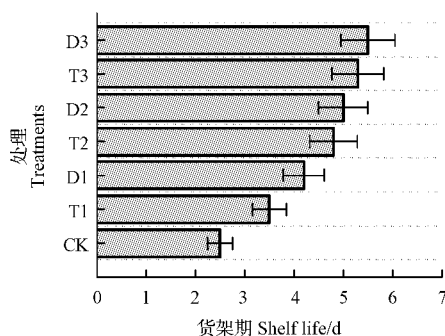


图 1 变温贮藏对豇豆货架期的影响

Fig. 1 Effect of change temperature storage on cowpea shelf life

2.2 变温贮藏对豇豆感官评分的影响

感官评定是以“人”为工具，利用科学客观的方式，借助人的眼睛、鼻子、嘴巴、手及耳朵，并结合心理、生理、物理、化学及统计学等学科，从而得出结论，对食品的色、香味、形、质地、口感等各项指标做出评价的方法，感官评定可以确定商品的价值，甚至它的可接受性。由图 2 可知，豇豆在贮藏过程中感官品质逐渐下降，对照贮藏至 3 d 时，感官评分为 4.8，失去商品价值，T3 和 D3 处理贮藏至 5 d 时，感官评分分别为 5.3 和 5.5，仍具有较好的商品价值。

2.3 变温贮藏对豇豆可溶性固形物含量的影响

可溶性固形物的主要成分是可溶性糖，可参与果蔬的呼吸代谢，因此其含量受代谢活动影响，可作为果蔬成熟衰老的一个指标^[16]。由图 3 可知，在贮藏过程中豇豆可溶性固形物含量呈下降趋势，其中，对照豇豆可溶性固形物含量下降迅速，贮藏至 3 d 时可溶性固形物含量较初始下降了 40.54%，而 T3 和 D3 处理在 4℃低温贮藏前

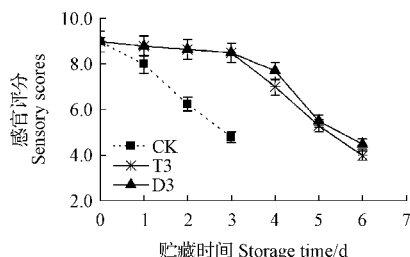


图2 变温贮藏对豇豆感官评分的影响

Fig. 2 Effect of change temperature storage on cowpea sensory scores

3 d,可溶性固形物含量维持稳定,转至室温和 10 °C 1 d+室温条件下,可溶性固形物含量快速下降,贮藏至 6 d 时,2 组处理可溶性固形物含量分别降为初始值的 55.41%和 42.57%,说明高温加速豇豆衰老和营养物质的降解消耗,T3 和 D3 处理可较好地维持其可溶性固形物含量。

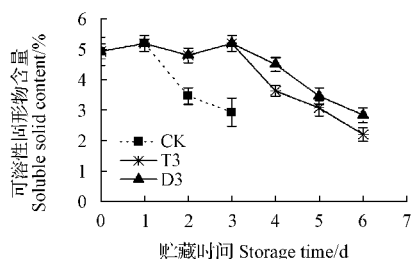


图3 变温贮藏对豇豆可溶性固形物含量的影响

Fig. 3 Effect of change temperature storage on cowpea soluble solid content

2.4 变温贮藏对豇豆叶绿素含量的影响

叶绿素是豇豆贮藏过程中的一个重要营养指标和维持新鲜度的重要物质之一^[17]。豇豆在贮藏过程中会褪绿衰老。由图 4 可知,在贮藏过程中豇豆的叶绿素含量逐渐降低,其中对照叶绿素含量下降迅速,贮藏 3 d 下降为初始的 34.29%,豇豆外观褪绿明显;低温 4 °C 贮藏可延缓叶绿素含量的下降,但转至室温和 10 °C 1 d+室温后,加速下降,出现褪绿现象,至贮藏末期,T3 和 D3 处理叶绿素含量分别降为初始的 39.35%和 56.47%,说明前期低温贮藏可延缓叶绿素含量的下降,维持豇豆较好的营养品质和新鲜度。

2.5 变温贮藏对豇豆 MDA 含量的影响

MDA 是膜质过氧化的产物,可反映过氧化

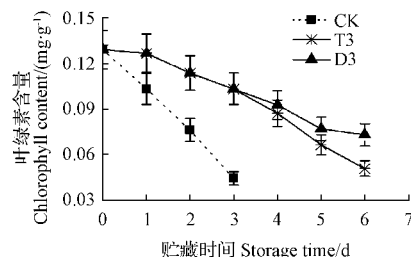


图4 变温贮藏对豇豆叶绿素含量的影响

Fig. 4 Effect of change temperature storage on cowpea chlorophyll content

反应中活性氧自由基对细胞膜的损伤程度^[18]。由图 5 可知,豇豆在贮藏过程中 MDA 逐渐积累,损伤组织细胞膜的选择透性,其中对照 MDA 含量升高迅速,贮藏 3 d MDA 含量从初始值 0.35 nmol · g⁻¹ 升高至 1.38 nmol · g⁻¹,而 T3 和 D3 处理的豇豆 MDA 含量贮藏 6 d 时,分别升高至 1.25 nmol · g⁻¹ 和 1.15 nmol · g⁻¹,2 种方式处理差异不显著($P>0.05$),故 2 组处理均有效的延缓了 MDA 积累。

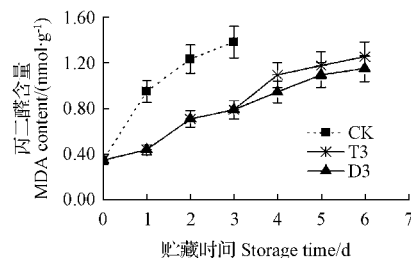


图5 变温贮藏对豇豆 MDA 含量的影响

Fig. 5 Effect of change temperature storage on cowpea MDA content

2.6 变温贮藏对豇豆 POD 和 PPO 活性的影响

POD 和 PPO 活性均可作为果蔬成熟和衰老的一个指标,可通过参与酶促褐变反应和过氧化反应,减轻活性氧自由基对组织的损伤,同时与豇豆锈斑的产生密切相关^[19-20]。由图 6 可知,豇豆在贮藏过程中 POD 和 PPO 活性均逐渐升高,对照 POD 活性升高迅速,说明高温促进衰老过程中活性氧自由基的产生使得 POD 活性升高,同时高温贮藏下锈斑的产生说明与 POD 活性亦密切相关,而 T3 和 D3 处理前期 4 °C 贮藏 3 d POD 活性升高缓慢,因为低温抑制活性氧自由基的产生,延

缓 POD 活性升高。对照 PPO 活性升高迅速,因为高温促进豇豆衰老,组织细胞膜受到损伤,酚类物质与 PPO 活性的区域分布被破坏,使得 PPO 与酚类物质接触,从而引起 PPO 活性的迅速升

高^[21]。而 T3 和 D3 处理可有效地抑制 PPO 活性的增强,延缓豇豆的衰老对组织细胞的破坏,维持较好的外观和营养品质。

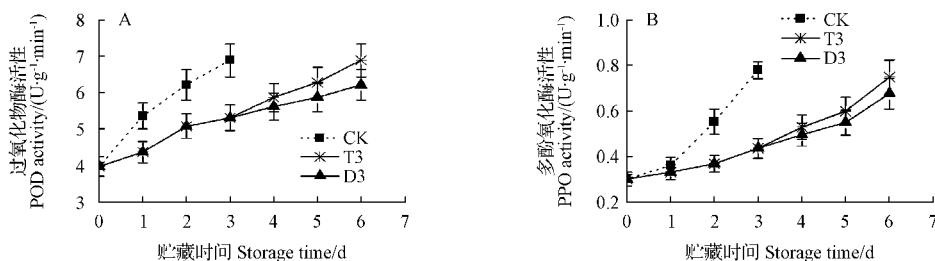


图 6 变温贮藏对豇豆 POD 和 PPO 活性的影响

Fig. 6 Effect of change temperature storage on cowpea POD and PPO activities

2.7 变温贮藏对豇豆 APX 和 CAT 活性的影响

APX 是抗坏血酸-谷胱甘肽循环的关键酶,在此循环中 APX 利用 H_2O_2 使抗坏血酸生成脱氢抗坏血酸和 H_2O ^[22]。CAT 普遍存在于植物体的所有组织中,只能专一性的清除 H_2O_2 ,将 H_2O_2 降解为 H_2O 和 O_2 ^[23]。由图 7 可知,对照 APX 活性升高迅速,这是因为植物在衰老过程中诱发的自由基过多产生^[24],引起 APX 活性增强,而 T3 和 D3 处理在 4 °C 低温贮藏期间,抑制

APX 活性的增加,同时延缓自由基的产生,转至室温和 10 °C 1 d+室温下活性增强。CAT 活性在贮藏期间呈现先降低后升高的趋势,其中对照呈快速下降,然后升高的现象,且比 T3 和 D3 处理 CAT 活性低,可能与 CAT 活性在低温下比较稳定而且作用时间长,能有效的延缓果实的衰老有关^[23],因此,T3 和 D3 处理可有效地稳定 CAT 活性,减轻活性氧自由基对组织的损伤。

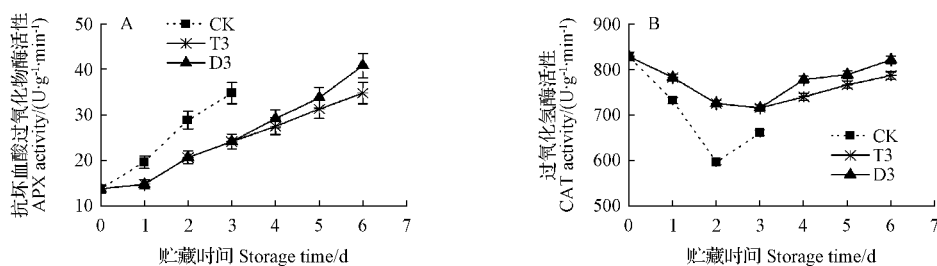


图 7 变温贮藏对豇豆 APX 和 CAT 活性的影响

Fig. 7 Effect of change temperature storage on cowpea APX and CAT activities

3 讨论与结论

变温贮藏可有效保持果蔬的贮藏品质,延缓冷敏型果蔬冷害的发生,延长其货架期^[25-26]。研究发现,变温贮藏可维持绿芦笋的贮藏品质,延长其货架期^[25]。该试验采用变温贮藏处理豇豆,对其生理特性变化影响的研究发现,变温贮藏可有效延长豇豆的货架期,其中 T3 和 D3 处理可有效

维持豇豆较好的感官品质、可溶性固形物含量和叶绿素含量,维持其营养品质。

抗氧化酶是果蔬贮藏过程中与衰老相关的酶类,变温贮藏可增强沙糖桔果实抗氧化酶活性水平,显著提高果实的好果率^[27]。该试验结果表明,变温贮藏 T3 和 D3 处理,可有效抑制 MDA 积累,维持较稳定的 POD、PPO、APX 和 CAT 活性,抑制活性氧自由基的产生,减轻过氧化损伤,保持豇豆的贮藏品质。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 陈刚, 马晓. 1-甲基环丙烯处理对豇豆贮藏效果的影响[J]. 食品工业科技, 2016, 37(18): 340-343, 366.
- [3] 王利斌, 姜丽, 石韵, 等. 气调对豇豆贮藏期效果的影响[J]. 食品科学, 2013, 3(10): 313-316.
- [4] 王艳颖, 胡文忠, 刘程惠, 等. 低温贮藏引起果蔬冷害的研究进展[J]. 食品科技, 2010, 35(1): 72-75, 80.
- [5] PAN Y G, YUAN M Q, ZHANG W M, et al. Effect of low temperatures on chilling injury in relation to energy status in papaya fruit during storage[J]. Postharvest Biology and Technology, 2017, 125: 181-187.
- [6] FAN L L, WANG Q, LV J Y, et al. Amelioration of post-harvest chilling injury in cowpea (*Vigna sinensis*) by methyl jasmonate (MeJA) treatment[J]. Scientia Horticulturae, 2016 (203): 95-101.
- [7] 丁天, 王清, 杨娜, 等. 外源水杨酸处理对采后豇豆抗冷性的影响[J]. 湖北农业科学, 2012, 51(12): 2505-2508.
- [8] 范林林, 高丽朴, 王清, 等. 油菜素内酯对豇豆冷害的控制[J]. 食品工业科技, 2015, 37(15): 339-343.
- [9] 范林林, 王清, 夏春丽, 等. 低温预贮及自发气调对豇豆冷害的控制[J]. 北方园艺, 2016(18): 135-138.
- [10] 孙秀兰, 刘兴华, 张华云. 果蔬变温贮藏控制冷害研究进展[J]. 北方园艺, 2000(17): 31-33.
- [11] 韩聪, 高丽朴, 王兆升, 等. 蔬菜冷害控制的研究进展[J]. 中国蔬菜, 2013(12): 1-8.
- [12] HAN C, ZUO J H, WANG Q, et al. Effects of chitosan coating on postharvest quality and shelf life of sponge gourd (*Luffa cylindrica*) during storage[J]. Scientia Horticulturae, 2014, 166: 1-8.
- [13] WANG Q, DING T, ZUO J H, et al. Amelioration of post-harvest chilling injury in sweet pepper by glycine betaine[J]. Postharvest Biology and Technology, 2016, 112: 114-120.
- [14] 曹建康, 姜微波, 赵玉梅. 果蔬采后生理生化实验指导[M]. 2版. 北京: 中国轻工业出版社, 2011.
- [15] AGHDAM M S, BODDAK S. Physiological and biochemical mechanisms regulating chilling tolerance in fruits and vegetables under postharvest salicylates and jasmonates treatments[J]. Scientia Horticulturae, 2013, 156: 73-85.
- [16] TOPCU Y, DOGAN A, KASIMOGLU Z, et al. The effect of UV radiation during the vegetative period on antioxidant compounds and postharvest quality of broccoli (*Brassica oleracea* L.) [J]. Plant Physiology and Biochemistry, 2015, 93: 56-65.
- [17] 欧阳杰, 程裕东, 吴敏敏, 等. 不同清洗方法对鲜切豇豆贮藏期间品质及安全性的影响[J]. 食品科学, 2007, 28(10): 548-553.
- [18] ZOU P, TIAN X Y, DONG B, et al. Size effects of chitoooligomers with certain degrees of polymerization on the chilling tolerance of wheat seedlings [J]. Carbohydrate Polymers, 2017, 160: 194-202.
- [19] 史君彦, 高丽朴, 王清, 等. 不同保鲜膜包装处理对豇豆的保鲜效果[J]. 北方园艺, 2016(16): 125-128.
- [20] 陈瑞琴, 刘保华, 王果, 等. 不同荔枝品种采后果皮褐变与多酚氧化酶关系的研究[J]. 热带作物学报, 2012, 33(7): 1261-1266.
- [21] 刘琦, 任雷厉, 唐文娟, 等. 库尔勒香梨表皮休班形成相关酶活性的研究[J]. 食品科技, 2010, 3(7): 52-54, 58.
- [22] 王艳颖, 胡文忠, 庞坤. 机械损伤对富士苹果抗氧化酶活性的影响[J]. 食品与机械, 2007, 23(5): 26-30.
- [23] 张微微, 黄晓林, 赵霞, 等. 棉花酶促抗氧化系统对逆境胁迫生理响应的研究进展[J]. 中国农学通报, 2009, 25(19): 108-112.
- [24] 郑小林, 陈燕, 敬国兴, 等. 草酸处理对芒果采后果实 AsA-GSH 循环系统的影响[J]. 园艺学报, 2011, 38(9): 1633-1640.
- [25] 宋秀香, 鲁晓翔, 陈绍慧, 等. 不同变温方式对绿芦笋贮藏品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2012, 38(9): 174-178.
- [26] 梁颖. 变温贮藏和外源乙烯处理对柑橘果实采后品质及乙烯代谢相关基因表达的影响[D]. 武汉: 华中农业大学, 2011.
- [27] 耿红兰. 壳聚糖和变温处理对砂糖橘冷害的控制及其近红外光谱检测[D]. 太谷: 山西农业大学, 2015.

Effects of Change Temperature Treatment on Cowpea Physiological Property

SHI Junyan, WANG Qing, GAO Lipu, WANG Yunxiang, ZHENG Qiuli, ZUO Jinhua

(Beijing 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: Taking cowpea as test material, the effect of change temperature storage (T1: 4 °C 1 d + indoor temperature, T2: 4 °C 2 d + indoor temperature, T3: 4 °C 3 d + indoor temperature, D1: 4 °C 1 d + 10 °C 1 d + indoor temperature, D2: 4 °C 2 d + 10 °C 1 d + indoor temperature, D3: 4 °C 3 d + 10 °C

doi:10.11937/bfyy.20170922

电子感官结合化学计量学对 苹果贮藏期鉴别的研究

刘志洋, 刘 岩

(长春科技学院 生物食品学院, 吉林 长春 130600)

摘 要:以苹果为试材,采用电子感官与化学计量学相结合的方法,采用偏最小二乘法(PLS)进行回归,建立贮藏期有机酸、固形物含量的数学模型,并对回归方法进行统计分析,以找到快速测定苹果贮藏期和贮藏期间总酸和固形物含量的方法。结果表明:电子鼻第1、2主成分贡献率总计达到了90.616%,区分效果良好;苹果中总酸验证集的决定系数(R^2)为0.9063,预测均方根误差(RMSEP)为0.8881,RPD为2.75;固形物含量验证集的决定系数(R^2)为0.9170,预测均方根误差(RMSEP)为0.747,RPD为2.69,均达到了较好的预测结果,表明该方法对快速检测苹果贮藏期和贮藏期总酸和固形物含量是可行的。

关键词:苹果;贮藏期;总酸;固形物含量;偏最小二乘法(PLS)

中图分类号:S 661.109⁺.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)22-0137-05

苹果作为世界上种植最广、产量最多、品种丰富、气候适应性最强的果品之一,在满足消费者对果品的周年需求方面发挥了重要作用,可是在贮藏过程中由于不断成熟衰老,品质也会随之降

低^[1]。研究表明在不同的贮藏条件和方法下会表现出不同的衰老速率,即表现出不同的贮藏寿命^[2-5]。苹果在不同的贮藏寿命期间会有不同的品质,而品质是决定其商品价值的重要因素,新鲜收获或者经过充分后熟的苹果食用品质最佳,但随着贮藏期的延长苹果的固形物、总酸含量发现变化,导致苹果品质下降^[6]。

史卫娜等^[3]研究了苹果在温度响应规律下的贮藏期,陈磊等^[7]研究了温度和气调对苹果贮藏的品质影响,KNEE等^[8]研究了在贮藏期品质变化,MDLER等^[9]研究了在厌氧环境下苹果的保

第一作者简介:刘志洋(1983-),女,硕士,讲师,研究方向为园艺植物与植物生理。E-mail:zhiyangliucc@126.com.

责任作者:刘岩(1982-),男,硕士,讲师,研究方向为药用植物栽培。E-mail:93140428@qq.com.

基金项目:吉林省教育厅科学技术研究“十二五”规划资助项目(吉教科验字[2013]447)。

收稿日期:2017-03-30

1 d+indoor temperature,CK;indoor temperature) on postharvest cowpea physiological property was investigated. The results showed that compared with room temperature storage, the shelf life was prolonged by change temperature storage treatment. The sensory quality, total soluble solid content and chlorophyll content were better and the MDA content was suppressed among the storage of T3 and D3 treatments. Meanwhile, the stability of POD, PPO, APX and CAT activities were maintained that inhibited the generation of reactive oxygen free radicals under change temperature storage, which reduced the peroxidation damage. Thus, change temperature storage treatments were effectively maintained better physiological and biochemical properties of post-harvest cowpea.

Keywords: cowpea; change temperature storage; shelf life; chlorophyll; polyphenol oxidase (PPO)