

低温对采后嫩南瓜贮藏过程中生理特性的影响

史君彦, 王 清, 王 倩, 高 丽 朴

(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“密本”鲜嫩南瓜为试材,研究了 3、5、7、9、11℃低温贮藏对鲜嫩南瓜生理特性的影响。结果表明:鲜嫩南瓜在 3、5、7、9℃低温下贮藏均有冷害发生,贮藏期间冷害指数、失重、细胞膜透性、黄色素及 MDA 含量均逐渐升高;叶绿素、可溶性蛋白质含量逐渐下降;11℃下贮藏未有冷害发生,生理活动受到明显的抑制,有效维持了鲜嫩南瓜的营养品质。

关键词:嫩南瓜;贮藏期间;冷害;生理特征

中图分类号:S 642.109⁺.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)23-0105-04

南瓜(*Cucurbita moschata*)是人们生活中最常见的蔬菜之一,富含淀粉、蛋白质、胡萝卜素、维生素 C 和氨基酸等营养成分^[1-3],不仅具有较高的食用价值,而且还被证明具有多种药理活性成分,是开发各种保健食品和药品的宝贵资源^[4],具有不可忽视的食疗作用,倍受喜爱。鲜嫩南瓜不仅具有成熟南瓜的营养成分和药理作用,而且还可作菜用,具有其独特的价值,市场需求也在

不断扩大,鲜嫩南瓜的运输及贮藏保鲜也日益受到关注。但鲜嫩南瓜在低温下贮藏易发生冷害,导致营养流失、果实腐烂变质^[5],国内外对鲜嫩南瓜低温贮藏的研究尚少。该试验研究了不同温度条件下鲜嫩南瓜的贮藏安全时间,并进一步研究了不同温度下贮藏鲜嫩南瓜的生理生化特性的变化,以期为鲜嫩南瓜的贮藏保鲜提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

鲜嫩南瓜品种“密本”产于北京市郊区,挑选无病虫害、无机械伤、完整、大小均一、成熟度基本一致的为试材。丙酮(北京化工厂),三氯乙酸(Sigma 公司);硫代巴比妥酸(Sigma 公司);其它试剂均为分析纯。仪器设备:KOITO-PCLH 冷库(日本);UV-1800 分光光度计(岛津);EC215 电导率仪(HANNA);SANYO -80℃冰箱

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

责任作者:高丽朴(1954-),女,研究员,研究方向为农产品贮藏保鲜与加工。E-mail:gaolipu@nrcv.org.

基金项目:农业部公益性行业(农业)科研专项资助项目(201203095);国家大宗蔬菜产业体系建设资助项目(CARS-25-E-01);北京市农林科学院创新基金资助项目(cxjj201304)。

收稿日期:2014-09-15

Mutagenesis of *Bacillus subtilis* with High Toxicity and Strong Resilience, and Its Effect of Control of *Botrytis cinerea* of 'Poinsettia'

LI Na, LIU Jin-xia, DU Wen-jing, LI Jing, DING Pin, ZHANG Jian-jun, WU Jian-rong
(Institute of Biology, Gansu Academy of Sciences, Lanzhou, Gansu 730000)

Abstract: Taking the mutagenesis of *Bacillus subtilis* Bs-a by UV and NTG combined with the test of resilience and indoor and outdoor antibacterial activity, filter out two superior strains of bacteria D17 and W03, which had stable inheritance high toxicity, strong resilience. The results showed that the anti-UV ability of the bacterias were strong, the living bacteria concentration of which remained viable up to 10⁸ cfu/mL or more after ultra-violet radiation for 2 hours. The range of withstand temperature and pH were 0-60℃ and pH 3-9, Their control effect of *Botrytis cinerea* of "Poinsettia" were more than 85%. It was significantly different with original strain Bs-a. D17 and W03 were industrial development valuable in microbial biocontrol bacteria.

Keywords: *Bacillus subtilis*; high toxicity; resilience; breeding; *Botrytis cinerea* Pers.; 'Poinsettia'

(日本);D-37520 冷冻离心机(德国 Sigma 有限公司)。

1.2 试验方法

将挑选的南瓜放置在 3、5、7、9、11℃ 下贮藏,PE 袋折口包装,每个处理每隔 3 d 取 1 次样,每处理取 3 个果,设 3 次重复,样品用液氮冷冻置于 -80℃ 下保存备用,果皮取样时厚度为 1 mm。每天进行感官调查。

1.3 项目测定

冷害指数的评定按照滕利生等^[5]和袁蒙蒙等^[6]的方法,南瓜瓜面呈现的冷害面积分为 4 级:0 级为无冷害症状;1 级为轻微冷害,冷害面积为 1%~25%;2 级为中度冷害,冷害占果面积的 26%~50%;3 级冷害面积为 51%~75%;4 级冷害面积为 76%~100%。计算公式:冷害指数 = $\sum(\text{冷害级数} \times \text{该级果数}) / \text{最高级数} \times \text{果实总数}$ 。

外观指数评定及分级标准^[7]:9 级为各项指标较好;8 级为各指标正常;7 级为稍有变化;6 级为商品性下降;5 级为商品性下降明显;4 级为失去商品价值;3 级为食用价值降低;2 级为失去食用价值;1 级为腐烂变质。计算公式:外观指数(%) = $\sum(\text{对应级数} \times \text{该级别个数}) / (\text{最高级数} \times \text{调查总数}) \times 100\%$ 。

呼吸强度测定采用 GXH-3051 型便携式 CO₂ 红外线分析仪。

失重测定采用差量法。失重率(%) = $(W_0 - W_x) / W_0 \times 100\%$ 。

细胞膜透性测定采用曹建康等^[8]的方法。叶绿素含量(瓜皮)的测定采用 Nath 等^[9]的方法并稍作修改,采用丙酮:乙醇 = 2:1 溶液提取,测定 645 nm 和 663 nm 处的吸光值计算。黄色素含量的测定采用茅林春等^[10]的方法,测定 450 nm 处吸光度值表示。可溶性蛋白质含量测定采用考马斯亮蓝法^[11];丙二醛(MDA)含量测定采用 Mao 等^[12]的方法并稍作修改,测定 532、450、600 nm 处吸光值计算。

2 结果与分析

2.1 不同贮藏温度对采后嫩南瓜贮藏期间冷害指数的影响

鲜嫩南瓜属冷敏型蔬菜,低温下贮藏易发生冷害^[5]。由图 1 可知,鲜嫩南瓜在 3、5、7、9℃ 贮藏条件下发生冷害的时间分别为 5、5、8、6 d,在低温下贮藏时间不宜超过冷害起始发生时间。11℃ 下贮藏的嫩南瓜未有冷害发生,但有腐烂、霉菌等现象发生。

2.2 不同贮藏温度对嫩南瓜失重的影响

果蔬在贮藏过程中呼吸和代谢都会导致其水分的流失,从而造成失重。由图 2 可知,不同温度下鲜嫩南瓜失重率随贮藏时间的延长而升高,但贮藏末期各温度下南瓜失重变化不大,11℃ 下南瓜的失重率最大,仅为

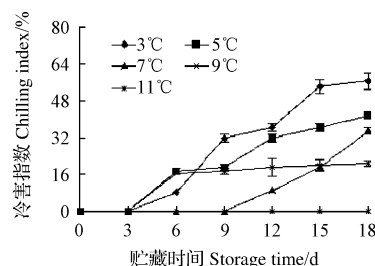


图 1 不同温度贮藏对嫩南瓜冷害指数的影响

Fig. 1 Effect of different storage temperatures on fresh pumpkin chilling index

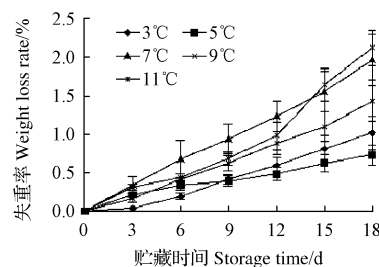


图 2 不同温度贮藏对嫩南瓜失重率的影响

Fig. 2 Effect of different storage temperatures on fresh pumpkin weight loss rate

2.12%,其次是 7℃ 下失重率为 1.96%,5℃ 下嫩南瓜的失重率最小为 0.73%。

2.3 不同贮藏温度对嫩南瓜细胞膜透性的影响

冷害主要使细胞结构受损而影响细胞膜的完整性^[13]。细胞膜透性的大小反映了细胞膜的完整性,膜渗透性增加,说明细胞膜的完整性被破坏^[14]。由图 3 可知,各温度下贮藏的鲜嫩南瓜细胞膜透性随着贮藏时间的延长而不断升高,细胞膜完整性不断被加重破坏,到贮藏末期,3、5、7、9、11℃ 下嫩南瓜的细胞膜透性分别升高为初始的 2.89、2.69、2.47、2.16、1.96 倍,嫩南瓜贮藏期间温度越低,细胞膜透性越大,细胞膜完整性受到低温损伤越严重。冷害低温增加了细胞膜渗透性,破坏了膜的完整性,导致营养物质的流失和品质下降。

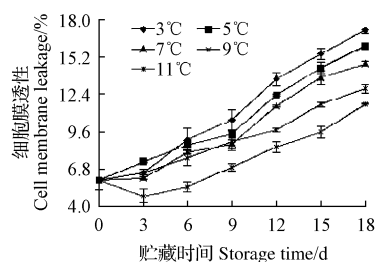


图 3 不同温度贮藏对嫩南瓜细胞膜透性的影响

Fig. 3 Effect of different storage temperatures on fresh pumpkin cell membrane leakage

2.4 不同贮藏温度对嫩南瓜叶绿素含量的影响

果蔬颜色的变化与叶绿素含量有关^[15]。由图4可以看出,嫩南瓜在贮藏过程中叶绿素含量不断降低,贮藏到18 d时,3、5、7、9、11℃下叶绿素含量分别降为初始的31.03%、32.94%、34.40%、44.58%、53.15%,3、5、7、9℃低温下叶绿素降解速率较快,低温加速叶绿素的降解,11℃下叶绿素降解缓慢,嫩南瓜果皮颜色变浅。

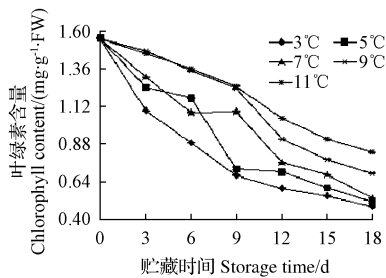


图4 不同温度贮藏对嫩南瓜叶绿素含量的影响

Fig. 4 Effect of different storage temperatures on fresh pumpkin chlorophyll content

2.5 不同贮藏温度对嫩南瓜黄色素含量的影响

南瓜黄色素的主要成分为类胡萝卜素,嫩南瓜在成熟过程中叶绿素降解,类胡萝卜素增加。由图5可知,嫩南瓜在贮藏过程中黄色素含量随着贮藏时间的延长而升高,贮藏到18 d时,3、5、7、9、11℃下黄色素含量分别为初始的2.20、2.48、2.46、2.58、2.75倍,11℃下嫩南瓜黄色素含量升高倍数较其它温度高,3℃下黄色素含量升高倍数最低,可能是低温抑制了黄色素的生成速率。

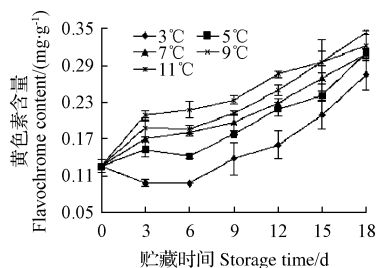


图5 不同温度贮藏对嫩南瓜黄色素含量的影响

Fig. 5 Effect of different storage temperatures on fresh pumpkin flavochrome content

2.6 不同贮藏温度对嫩南瓜可溶性蛋白质含量的影响

在冷胁迫下,对冷害敏感的果蔬组织细胞中蛋白质降解速率大大超过了合成速率。由图6可知,鲜嫩南瓜在贮藏过程中可溶性蛋白质含量随贮藏时间的延长呈现降低的趋势,到贮藏末期,3、5、7、9、11℃下可溶性蛋白质含量分别降低了50.82%、47.96%、40.93%、43.03%、32.90%,在11℃下贮藏的嫩南瓜在贮藏3 d时可溶性蛋白质含量升高,这可能是由于低温下应激蛋白量增加,随着贮藏时间的延长而流失。低温冷害导致嫩南瓜营

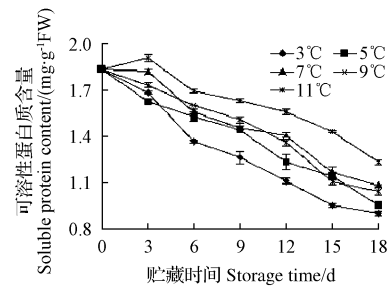


图6 不同温度贮藏对嫩南瓜可溶性蛋白质含量的影响

Fig. 6 Effect of different storage temperatures on fresh pumpkin soluble protein content

养物质的流失。

2.7 不同贮藏温度对嫩南瓜丙二醛含量的影响

丙二醛(MDA)含量的增加是膜脂过氧化加剧和膜损伤而加剧衰老的表现,其含量高低可反映细胞膜脂过氧化的程度^[16]。由图7可知,鲜嫩南瓜在贮藏期间MDA含量随着贮藏时间的延长不断积累,3、5、7℃下贮藏到3 d,嫩南瓜MDA含量迅速升高,9、11℃下贮藏6 d时MDA含量迅速升高,到贮藏末期,3、5、7、9、11℃下MDA含量积累为初始的2.64、2.49、2.13、2.01、1.65倍,低温冷害加剧了MDA的积累,膜脂过氧化和膜损伤促进营养物质的流失,影响嫩南瓜贮藏过程中的品质。

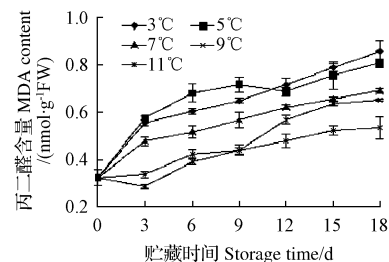


图7 不同温度贮藏对嫩南瓜MDA含量的影响

Fig. 7 Effect of different storage temperatures on fresh pumpkin MDA content

3 讨论

低温贮藏可抑制果蔬呼吸作用和病菌的生长而延长其货架期,热带和亚热带果蔬对低温敏感且易受冷害影响^[17]。在低温贮藏期间,冷害的发生易引起果蔬发病率升高、MDA含量的积累、抑制抗氧化酶活性的升高^[18];同时冷害的发生也可抑制磷脂酶D、LOX活性的增加^[19-20]、破坏细胞结构的完整性^[21]等生理变化,导致营养物质的流失。菜豆角在5℃下贮藏会有水渍状凹陷级锈斑的冷害现象出现,低温导致细胞膜半透性损伤,膜脂过氧化产物MDA积累^[22]。水蜜桃在(3±1)℃下贮藏果实发生了冷害,MDA含量、多酚氧化酶(PPO)活性升高,导致低温褐变^[23]。研究发现,嫩南瓜属冷敏型瓜菜,在低温下易受冷害影响,菜用南瓜在4~5℃下贮

藏 4 d 遭冷害,贮藏期间冷害严重,10~12℃下贮藏的菜用南瓜未有冷害发生,可鲜贮 6 个月^[5]。该试验研究了嫩南瓜在低温下贮藏期间生理特征的影响,结果表明,鲜嫩南瓜在 3、5、7、9℃低温下贮藏均有冷害发生,各低温下的冷害发生时间分别为 5、5、8、6 d,11℃下贮藏未有冷害发生,但在贮藏末期会有病腐的发生,低温贮藏期间冷害指数、失重、细胞膜透性、黄色素及 MDA 含量均逐渐升高,叶绿素、可溶性蛋白质含量逐渐下降,11℃下贮藏生理活动受到明显的抑制,有效维持鲜嫩南瓜的营养品质。

参考文献

- [1] Carvalho L M J de, Gomes P B, Godoy R L de O, et al. Total carotenoid content, α -carotene and β -carotene, of landrace pumpkins (*Cucurbita moschata* Duch): A preliminary study[J]. Food Research International, 2012, 47: 337-340.
- [2] Goncalves E M, Pinheiro J, Abreu M, et al. Modelling the kinetics of peroxidase inactivation, colour and texture changes of pumpkin (*Cucurbita maxima* L.) during blanching[J]. Journal of Food Engineering, 2007, 81: 693-701.
- [3] Roura S I, Del Valle C B, Aguero L, et al. Changes in apparent viscosity and vitamin C retention during thermal treatment of butternut squash (*Cucurbita moschata* Duch) pulp: effect of ripening stage[J]. Journal of Food Quality, 2007, 30: 538-551.
- [4] 张丹丹, 杨绍兰, 吴昊, 等. 不同保鲜膜处理对低温贮藏下鲜切南瓜保鲜效果的影响[J]. 食品科学, 2012, 33(20): 313-317.
- [5] 滕利生, 金海刚, 徐玉良, 等. 菜用南瓜涂膜保鲜试验[J]. 上海蔬菜, 1998(4): 44-45.
- [6] 袁蒙蒙, 高丽朴, 王清, 等. 壳聚糖涂膜减轻黄瓜冷害的研究[J]. 湖北农业科学, 2012, 51(10): 2016-2020.
- [7] 史君彦, 王清, 高丽朴, 等. L-精氨酸处理对青花菜贮藏过程中品质的影响[J]. 湖北农业科学, 2013, 52(22): 5550-5553.
- [8] 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: 152-154.
- [9] Nath A, Bagchi B, Misra L K, et al. Changes in post-harvest phytochemical qualities of broccoli florets during ambient and refrigerated storage[J]. Food Chemistry, 2011, 127: 1510-1514.
- [10] 茅林春, 吴涛, 方雪花. 氯化钙和热处理对鲜切南瓜的保鲜作用[J]. 中国食品学报, 2007, 7(1): 115-119.
- [11] 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: 68-70.
- [12] Mao L C, Pang H Q, Wang G Z, et al. Phospholipase D and lipoxygenase activity of cucumber fruit in response to chilling stress[J]. Postharvest Biology and Technology, 2007, 44: 42-47.
- [13] Rui H, Cao S, Shang H, et al. Effects of heat treatment on internal browning and membrane fatty acid in loquat fruit in response to chilling stress[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2010, 90: 1557-1561.
- [14] 王云莉, 王成荣, 王然, 等. 细胞分裂素类生长调节剂对青花菜采后衰老的影响[J]. 园艺学报, 2009, 36(11): 1619-1626.
- [15] Schouten R E, Tijssens L M M, Van Kooten O. Predicting keeping quality of batches of cucumber fruit based on a physiological mechanism[J]. Postharvest Biology and Technology, 2002, 26: 209-220.
- [16] 徐福乐. 外源一氧化氮熏蒸处理对番茄采后活性氧代谢的影响[J]. 食品科技, 2010, 35(1): 66-71.
- [17] Aghdam M S, Bodbodak 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.
- [18] 裴倩如. PVDC 包膜处理对黄瓜低温贮藏冷害的影响[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(18): 7936-7938.
- [19] Aghdam M, Asghar M, Khorsandi O, et al. Alleviation of postharvest chilling injury of tomato fruit by salicylic acid treatment[J]. Journal of Food Science and Technology, 2012(20): 1-16.
- [20] Mao L C, Wang G Z, Zhu C G, et al. Involvement of phospholipase D and lipoxygenase in response to chilling stress in postharvest cucumber fruits[J]. Plant Science, 2007, 172: 400-405.
- [21] 侯媛媛, 朱璇, 韩江, 等. 水杨酸处理对杏果实冷害及组织结构的影响[J]. 食品科技, 2013, 38(10): 51-55.
- [22] 张刚, 李里特, 丹阳, 等. 高压静电场对菜豆角冷害的影响[J]. 食品科技, 2005(11): 73-75.
- [23] 陈奕兆, 刚成诚, 王亦佳, 等. UV-C 处理对水蜜桃果实冷害及贮藏品质的影响[J]. 中国南方果树, 2013, 42(1): 16-21.

Effect of Low Temperature on Physiology in Postharvest Fresh Pumpkin During the Storage

SHI Jun-yan, WANG Qing, WANG Qian, GAO Li-pu

(Vegetable Research Center, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Key Lab. of Beijing, Agricultural Products of Fruit and Vegetable Postharvest and Process, Key Lab. of Ministry Agriculture, North China of Horticulture Corp Biology and Germplasm, Key Lab. of Urban Agriculture (North) Ministry of Agriculture, Beijing 100097)

Abstract: Taking fresh pumpkin as material, the effect of different low temperatures with 3, 5, 7, 9, 11℃ on physiology in postharvest during safe storage period were studied. The results showed that the fresh pumpkin chilling injury occurred at 3, 5, 7, 9℃. The index of chilling injury, weight loss, cell membrane leakage, flavochrome and MDA content in fresh pumpkin were increased gradually, chlorophyll content and soluble protein content were decreased in the whole storage. There were no chilling injury in fresh pumpkin at 11℃ and the physiological metabolism of fresh pumpkin was obviously inhibited, the nutritional quality was effectively maintained.

Keywords: fresh pumpkin; storage time; chilling; physiology