

文章编号:0253 - 4339(2018) 04 - 0038 - 04

doi:10. 3969/j. issn. 0253 - 4339. 2018. 04. 038

## 不同差压预冷风速对贮藏期蒜薹品质的影响

许茹楠<sup>1</sup> 于晋哲<sup>2</sup> 刘斌<sup>1</sup> 陈爱强<sup>1</sup> 王美霞<sup>1</sup> 阎瑞香<sup>2</sup>

(1 天津商业大学 天津市制冷技术重点实验室 天津 300134; 2 国家农产品保鲜工程技术研究中心 天津 300384)

**摘要** 为研究经过不同差压预冷风速处理后的蒜薹在冰温贮藏弱势差下的生命特征变化,本文以中牟杂交薹为实验材料,预冷风速分别设置为 1.0、1.5、2.0 m/s,并设置一组对照实验,不经预冷处理直接冰温贮藏。研究了贮藏期间 4 组蒜薹的硬度、失重率、呼吸强度及可溶性固形物含量的变化,为蒜薹保鲜选择合适的预冷风速提供参考。结果表明:当预冷风速为 1.5 m/s 时蒜薹的贮藏效果较好,其硬度降低较慢,且贮藏中期硬度较其他三组高约 15%;可溶性固形物分解速度慢,可有效减少养分损耗、抑制衰老,从而延长货架期。

**关键词** 蒜薹;差压预冷;预冷风速;贮藏;生理指标

**中图分类号**:TB61<sup>+</sup>1; TS255.3

**文献标识码**:A

## Effect of Different Differential Pressure Precooling Wind Speed on the Quality of Garlic Sprouts during Storage

Xu Runan<sup>1</sup> Yu Jinzhe<sup>2</sup> Liu Bin<sup>1</sup> Chen Aiqiang<sup>1</sup> Wang Meixia<sup>1</sup> Yan Ruixiang<sup>2</sup>

(1. Tianjin Key Lab of Refrigeration Technology, Tianjin University of Commerce, Tianjin, 300134, China; 2. National Research Center for the Preservation of Agricultural Product, Tianjin, 300384, China)

**Abstract** In order to study the changes of life characteristics of garlic sprouts under different precooling processes, this paper adopts pressure difference precooling, taking Zhong Mou hybrid moss as the experimental material. The precooling wind speeds were set as 1.0, 1.5, and 2.0 m/s, and a case without-precooling treatment was set for comparison. The variation of hardness, weight loss rate, respiration intensity, and soluble solid content of the four groups of Garlic Sprouts during storage were studied to provide reference for the selection of the appropriate precooling wind speed for garlic sprouts. The analysis of the experimental results shows that the storage effect is much better when the precooling air velocity is 1.5 m/s, for which the hardness of garlic sprouts decreases slowly, and the hardness is about 15% higher than that of the other three groups in mid-storage. In addition, the soluble solid is decomposed slowly, which effectively reduces nutrient loss and inhibits aging.

**Keywords** garlic sprouts; pressure difference precooling; precooling air velocity; storage; physiological indexes

农产品的保鲜和流通是农业发展中较为关键的部分。据统计 2014 年我国果蔬产量高达 102 147.72 万吨,位居世界第一,人均蔬菜占有量超过 500 kg<sup>[1]</sup>。而我国每年冷链流通率仅为 19%,果蔬流通腐损率高达 20%~30%,相比发达国家的 6%,我国的冷链物流仍有很大的发展空间<sup>[2-4]</sup>。

冷链物流能延长果蔬贮藏期,保证果蔬品质和减少损耗。预冷是指采摘后的果蔬从初始温度迅速降至预定温度的冷却过程<sup>[5-7]</sup>,该过程能迅速除去产品的田间热,降低农产品呼吸强度。差压预冷技术的原理是利用抽风扇使包装箱两侧产生压力差,强迫冷风

由包装箱一侧通风孔进入包装箱中,冷空气直接与产品接触后由另一侧通风孔排出,并带走箱内热量<sup>[8-9]</sup>。差压预冷技术冷却速度快、预冷均匀、贮藏品质好<sup>[10]</sup>。提高风速不仅可以降低预冷时间,还能提高预冷后的贮藏品质,但风速增加到一定值时,预冷时间及预冷效果改善均不明显。

蒜薹成熟期一般集中在夏季,夏季气温较高,采后不易贮存。如果不进行有效的处理,蒜薹很容易脱水老化,甚至腐烂,失去食用价值,且有研究表明:蒜薹在采后贮藏期间的腐烂主要是因为薹稍的霉变<sup>[11-15]</sup>。

基金项目:"十三五"国家重点研发计划(2017YFD0401305)资助项目。  
(The project was supported by the "13th Five - Year" National Key R&D Program(No. 2017YFD0401305).)

收稿日期:2018 年 3 月 28 日

本研究经过不同差压预冷风速处理后的蒜薹在冰温贮藏弱势差下的生命特征变化。

## 1 实验及测试指标

### 1.1 实验材料

以河南中牟杂交薹为实验材料,由国家农产品保鲜中心(天津)负责在当地采收,采后 24 h 内运至天津商业大学工程中心差压预冷库,选择质地脆嫩、成熟适度、无病虫害、无损伤、无霉烂、薹茎粗细均匀、薹苞以下长度不小于 35 cm 的蒜薹进行实验。

### 1.2 测试方法

贮藏条件:相对湿度 85%,温度 0 ℃,贮藏期 135 d。实验组 1、2、3 的预冷风速分别设置为 1.0、1.5、2.0 m/s,均预冷至 0 ℃ 进行冰温贮藏;对照组 4 将采后的蒜薹直接进行冰温贮藏不预冷。

### 1.3 测试指标

#### 1) 硬度

硬度是衡量产品成熟度和贮藏品质的重要指标之一。通过测定蒜薹的硬度,了解蒜薹成熟度及软化程度,确定蒜薹品质变化特点。

采用 TA-XTPLUS 型质构仪测定蒜薹的硬度,探头直径为 2 mm,探头下压距离为 3 mm,测试速度为 2 mm/s。每次实验时,各实验组分别选取无机械损伤、大小一致的 8 根蒜薹备用,于每根薹条根部向上 10 cm 处取样进行测定,并计算平均值和标准偏差。

#### 2) 失重率

失重率是评价蒜薹质量优劣的重要指标。

采用称重法测量蒜薹的质量,蒜薹的失重率:

$$\text{失重率} = \frac{m_0 - m_i}{m_i} \times 100\% \quad (1)$$

式中: $m_0$  为蒜薹初始质量,kg; $m_i$  为第  $i$  次测定的蒜薹质量,kg。

为避免蒜薹表面结露对测量结果造成误差,测试应在预冷库或冰温库内进行。

#### 3) 可溶性固形物

果蔬中可溶性固形物含量能够直接反映果蔬的成熟程度和品质,是判断果蔬采收时间和耐贮藏性的重要指标。

每次实验时,各实验组分别选取无机械损伤、大小一致的 15 根蒜薹备用,再以同一实验组的 5 根蒜薹分 3 组,从中榨取蒜薹汁液,双层纱布过滤后直接滴加在手持式折光仪上进行测定,读数用质量分数(%)表示。各实验组重复测定 3 次,计算平均值和标准偏差。

#### 4) 呼吸强度

采用静置法测定蒜薹的呼吸强度,以每小时每千克蒜薹鲜重在呼吸代谢过程中释放的  $\text{CO}_2$  质量( $\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{h})$ )表示:

$$\text{呼吸强度} = \frac{44(\phi_1 - \phi_0)V \times 10^{-3}}{22.4mt} \quad (2)$$

式中: $\phi_1$  为实验样品气体中  $\text{CO}_2$  体积分数,% ; $\phi_0$  为环境气体中  $\text{CO}_2$  体积分数,% ; $V$  为呼吸室密闭空间的体积,L; $m$  为测定蒜薹的质量,kg; $t$  为测定时间,h;标准状况下, $\text{CO}_2$  的摩尔质量为 44 g/mol,摩尔体积为 22.4 L/mol。

## 2 结果分析

### 2.1 硬度

不同预冷风速处理后的蒜薹硬度如图 1 所示。

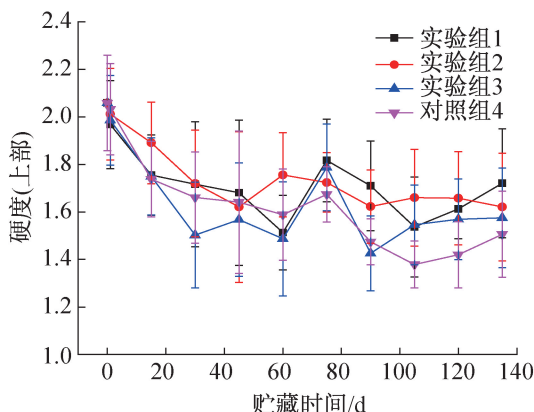


图 1 不同预冷风速下贮藏期间蒜薹的硬度

Fig. 1 The hardness of garlic sprouts under different precooling air velocity during storage

由图 1 可知,在不同预冷风速下,随着贮藏时间的增加,蒜薹的硬度逐渐下降。贮藏前期,各实验组蒜薹硬度下降幅度相差不大,实验组 2 蒜薹硬度下降速度较缓慢,贮藏 15 d 时,硬度比其他 3 组高约 8%,60 d 时高约 15%,100 d 时高约 12%。贮藏后期,即 70 d 后,对照组 4 蒜薹硬度明显下降较快,且硬度低于预冷处理的 3 组;贮藏 100 d 时,对照组 4 硬度比其他 3 组的硬度低约 15%。对比 4 组实验数据,贮藏期间对照组 4 蒜薹硬度最低,实验组 2 蒜薹硬度最高,实验组 1 次之,实验组 3 较低,因此预冷风速不宜过大。

### 2.2 失重率

不同预冷风速处理后的蒜薹失重率如图 2 所示。由图 2 可知,随着贮藏时间的增加,蒜薹失重率先增加,贮藏中期趋于平缓后再增加。贮藏初期,差压预冷处理导致蒜薹水分流失,加上蒜薹呼吸作用的影响导致蒜薹养分分解,失重率增加;贮藏中期,呼吸强度

处于稳定状态,失重率趋于平稳;贮藏后期,蒜薹呼吸强度增加,薹体衰老,养分流失,所以失重率再次增加。相对于实验组 2 和实验组 3,实验组 1 的蒜薹失重率较低,说明预冷风速越大失重率越大。

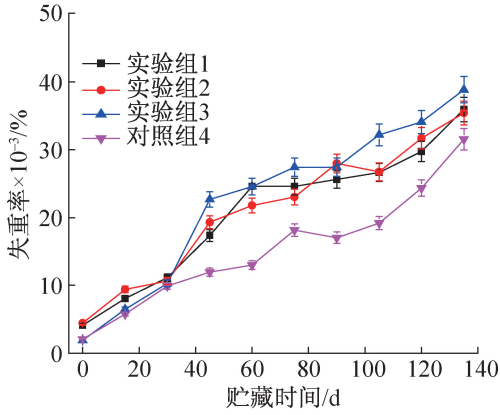


图 2 不同预冷风速下贮藏期间蒜薹的失重率  
Fig. 2 The weight loss rate of garlic sprouts under different precooling air velocity during storage

### 2.3 可溶性固形物

不同预冷风速处理后的蒜薹中可溶性固形物含量如图 3 所示。

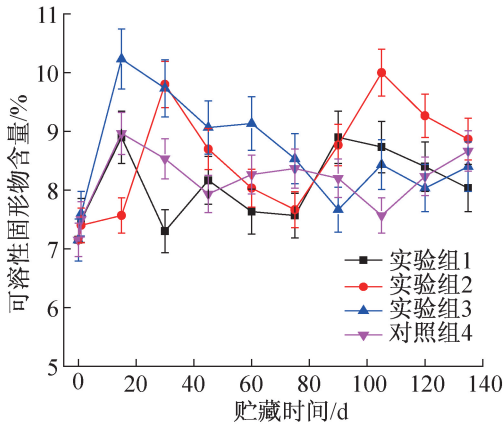


图 3 不同预冷风速下贮藏期间蒜薹的可溶性固形物  
Fig. 3 Soluble solid content of garlic sprouts under different precooling air velocity during storage

由图 3 可知,在不同预冷风速下贮藏期间蒜薹的可溶性固形物含量出现多峰值现象。原因是贮藏初期,蒜薹成熟度较低,随着贮藏时间的增加,蒜薹逐渐成熟,可溶性固形物含量增加;随着呼吸强度的增强,可溶性固形物含量增加量低于消耗量,呈降低趋势。贮藏 80 d 左右时,呼吸强度处于波峰(见图 4),可溶性固形物含量降低较快,贮藏 100 d 左右时,蒜薹呼吸强度减弱,可溶性固形物含量增加速度高于分解速度,因此后期出现增加的趋势。对比 4 组实验,贮藏后期,对照组 4 可溶性固形物分解较快,且蒜薹衰老

时间比预冷处理的 3 个实验组提前约 25 d,可见对蒜薹进行预冷处理延缓衰老的效果明显。其中,实验组 2 延缓衰老效果较好,贮藏后期可溶性固形物含量高于其他三组约 18%。

### 2.4 呼吸强度

不同预冷风速处理后的蒜薹的呼吸强度如图 4 所示。

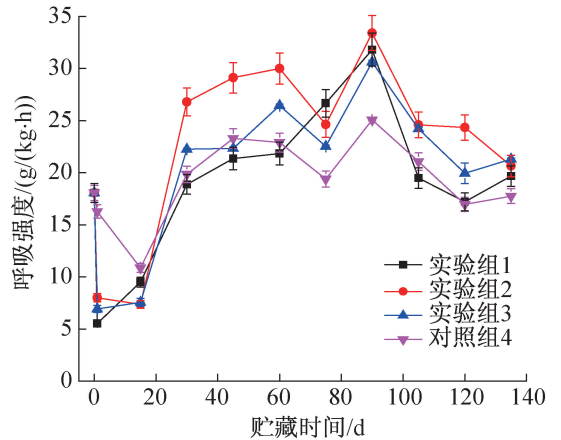


图 4 不同预冷风速下贮藏期间蒜薹的呼吸强度  
Fig. 4 The respiration intensity of garlic sprouts under different precooling air velocity during storage

蒜薹属于多呼吸峰型蔬菜,由图 4 可知 4 组蒜薹在贮藏前期呼吸强度先降低后缓慢升高继而处于稳定。贮藏期 75 ~ 90 d 呼吸强度快速升高,出现呼吸高峰,随后呼吸强度降低。相比对照组 4,贮藏前期和贮藏中期,预冷后的蒜薹呼吸强度大大降低,降低蒜薹内营养成分的分解,起到保鲜的作用。贮藏后期,预冷后的蒜薹呼吸强度均远高于对照组 4,进一步说明了预冷使蒜薹呼吸强度降低、延缓衰老、贮存大量养分,使贮藏后期生命力旺盛,呼吸强度较高。4 组实验中,实验组 1 蒜薹贮藏中期呼吸强度降低明显,呼吸高峰的出现较为迟缓,延缓蒜薹衰老,达到保鲜的目的。

### 3 结论

本文研究了差压预冷 3 种预冷风速处理后的蒜薹在冰温贮藏下的生命特征变化,并设置了未经预冷处理直接放入冰温库贮藏的对照组。以硬度、失重率、可溶性固形物含量及呼吸强度 4 个指标进行评估,结果表明,实验组 2 预冷风速为 1.5 m/s 时硬度降低较慢,贮藏后期硬度较高,品质保持较好。整个贮藏期间 4 组失重率均出现增加的趋势,实验组 1 预冷风速为 1.0 m/s 时,失重率增速较慢,随着预冷风速的增加失重率增大。由于蒜薹采收未完全成熟,贮

藏期间可溶性固形物含量出现先增加后减少,随后又增加再降低的趋势。实验组2的贮藏效果较好,可溶性固形物分解速度慢,有效延缓衰老。蒜薹是呼吸越变型产品,实验组1贮藏期间呼吸强度降低较缓慢,且后呼吸高峰出现较迟缓,贮藏效果较好,有效延迟衰老。综合分析各指标可知,实验组2能够有效延缓衰老,减少养分损耗,延长货架期。

本文受天津市高等学校科技发展基金项目(2017KJ177),天津商业大学新进人员科研启动项目(R160117)和武清区科技发展项目(WQKJ201633)资助。(The project was supported by the Science and Technology Development Fund of Tianjin University (No. 2017KJ177), the Start-up Project for New Recruits of Tianjin University of Commerce (No. R160117) and the Science and Technology Development in Wuqing District, Tianjin (No. WQKJ201633).)

### 参考文献

[1] 王达. 果蔬压差通风预冷研究及对其品质影响分析[D]. 济南:山东建筑大学, 2016. (WANG Da. Forced-air precooling research of fruit and vegetable and analysis of effects on its quality[D]. Jinan: Shandong Jianzhu University, 2016.)

[2] CHANG Lina, HAN Xing. Present situation and suggestions of cold chain logistics of fruits and vegetables in China[J]. China Fruit Vegetable, 2015(2):1-4.

[3] GAO Min. An empirical study of factors affecting China's fruit and vegetable cold chain circulation in wholesale market—base on field survey of market merchants[J]. China Business & Market, 2016, 30(3):10-17.

[4] YI Bing. Study on cold chain logistics of fruit and vegetable[J]. Logistics Engineering & Management, 2013, 35(12):84-85.

[5] 王强,刘晓东. 实施蔬菜产地预冷,完善低温冷藏链[J]. 制冷, 2001, 20(1):40-44. (WANG Qiang, LIU Xiaodong. Implement precooling of vegetable in producing area and perfect low temperature cold-chain[J]. Refrigeration, 2001, 20(1):40-44.)

[6] SHANG Haitao, LING Jiangang, ZHU Lin, et al. Precooling of fruits and vegetables and the development of Chinese cold chain logistics[J]. Academic Periodical of Farm Products Processing, 2013(3):52-56.

[7] TAN J Y, JIN D, WANG Q. Study on the forced-air precooling process of torispherecial fruits and vegetables in cooling bed[J]. Intelligent Automation & Soft Computing, 2010, 16(6):1187-1195.

[8] PENG Miao, CHEN Hua, DU Jiantong, et al. Precooling technique under differential pressure for fruit and vegetable

[J]. Storage & Process, 2000(1):15-17.

[9] LI Shuai. Experimental study on the different opening ways of differential pressure precooling turnover box for common head cabbage[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2011, 39(35):21772-21774,21808.

[10] WANG Wensheng, CHEN Cunkun, YU Jinze, et al. The precooling concept and analysis of several problems on post-harvest fruit and vegetable[J]. China Fruit Vegetable, 2014,34(12):1-4.

[11] 王修俊. 蒜苔采收后生理变化和贮藏保鲜的研究[J]. 贵州工业大学学报(自然科学版), 2000, 29(5):28-31. (WANG XiuJun. A study on the physiologic variation and storage of fresh garlic[J]. Journal of Guizhou University of Technology (Natural Science Edition), 2000,29(5):28-31.)

[12] 唐丽丽. 蒜薹贮藏保鲜工艺及常见问题[J]. 农产品加工(学刊), 2010(6):84-85,93. (TANG Lili. Technology and questions of keeping garlic bolt storage fresh[J]. Academic Periodical of Farm Products Processing, 2010(6):84-85,93.)

[13] 周晓琳,牟文良,王庆国. 切除薹苞处理对蒜薹货架期品质的影响[J]. 保鲜与加工, 2012, 12(2):20-23. (ZHOU Xiaolin, MOU Wenliang, WANG Qingguo. Effect of removing the garlic involucre on quality of garlic stem during shelf-life[J]. Storage and Process, 2012, 12(2):20-23.)

[14] 宋茂树,阎瑞香,杜孟学,等. 蒜薹贮藏过程中“烂窝病”发生的原因与对策[J]. 保鲜与加工, 2010, 10(4):37-40. (SONG Maoshu, YAN Ruixiang, DU Mengxue, et al. The occurrence reason and preventive measures for "nest decay" of garlic stem during cold storage[J]. Storage and Process, 2010, 10(4):37-40.)

[15] 李喜宏,王秀丽,张利,等. 鲜切蒜薹货架期 MAP 保鲜效果研究[J]. 食品科技, 2010,35(8):79-83. (LI Xihong, WANG Xiuli, ZHANG Li. Study on MAP preservation effect of fresh-cut garlic sprouts shelf life[J]. Food Science and Technology, 2010,35(8):79-83.)

### 通信作者简介

刘斌,男,教授,天津商业大学,天津市制冷技术实验室,(022)06667502,E-mail:lbtjcu@tjcu.edu.cn。研究方向:食品冷链技术。

### About the corresponding author

Liu Bin, male, professor, Tianjin Key Lab of Refrigeration Technology, Tianjin University of Commerce, +86 22-26667502, E-mail: lbtjcu@tjcu.edu.cn. Research fields: food cold-chain technology.