

## 贮藏温度对空心菜保鲜效果的影响

### Study on effect of different storage temperatures on *Ipomoea aquatica*

杨冲<sup>1,3</sup> 谢晶<sup>1,2,3</sup>

YANG Chong<sup>1,3</sup> XIE Jing<sup>1,2,3</sup>

(1. 上海海洋大学食品学院, 上海 201306; 2. 农业部冷库及制冷设备质量监督检验测试中心〔上海〕, 上海 201306; 3. 上海冷链装备性能与节能评价专业技术服务平台, 上海 201306; 4. 食品科学与工程国家级实验教学示范中心〔上海海洋大学〕, 上海 201306)

(1. College of Food Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Quality Supervision, Inspection and Testing Center for Cold Storage and Refrigeration Equipment〔Shanghai〕, Ministry of Agriculture, Shanghai 201306, China; 3. Shanghai Professional Technology Service Platform on Cold Chain Equipment Performance and Energy Saving Evaluation, Shanghai 201306, China; 4. National Experimental Teaching Demonstration Center for Food Science and Engineering〔Shanghai Ocean University〕, Shanghai 201306, China)

**摘要:**以空心菜为对象,采用感官评价、V<sub>C</sub>、低场核磁共振分析水分迁移等为指标研究贮藏温度(0,5,10,15℃)对空心菜保鲜效果的影响。研究表明,0℃贮藏,空心菜易发生冷害,15℃贮藏,空心菜衰老加快,均不利于贮藏。5,10℃贮藏,空心菜的感官品质、叶绿素含量、V<sub>C</sub>含量等品质指标维持相对较好,贮藏8d时各指标均保持较好。而且空心菜在5℃贮藏后期(第10天后)也会发生一定的冷害,品质下降较快,在10℃贮藏,对空心菜多数品质指标(除了菌落总数)的维持均优于在5℃贮藏的。

**关键词:**空心菜;贮藏温度;保鲜;冷害;菌落总数

**Abstract:** The preservation effects of different storage temperatures (0,5,10,15℃) on *ipomoea aquatica* was studied on sensory evaluation, vitamin C, water migration by low-field nuclear magnetic resonance (LF-NMR) technique, etc.. The results show that the chilling injury happened easily under 0℃ cold store and senescence accelerated under 15℃. Under 5℃ and 10℃, the sensory quality, the content of chlorophyll, vitamin C and other quality indexes of *ipomoea aquatica* were maintained relatively well, and the quality above all maintained well for 8 d storage. Under 5℃, chilling injury happened at later storage (the tenth days later) and the quality indexes were significantly reduced. During the storage of *ipomoea aquatica* at 10℃, most of the indicators (except the total number

of colonies) maintained better than storage under 5℃.

**Keywords:** *ipomoea aquatica*; storage temperature; keeping fresh; chilling injury; total numbers of colony

空心菜(*Ipomoea aquatica*)又名藤藤菜、蕹菜、通心菜、无心菜等,旋花科番薯属一年或多年蔓性草本植物,生长季节为夏秋两季,分布于亚热带地区<sup>[1]</sup>。空心菜叶片较薄,叶片面积较大,含水量较高,采后流通、销售过程中,品质极易下降,特别是在炎热的夏季。

低温冷藏能抑制采后蔬菜生理生化反应,从而延缓衰老,是维持蔬菜品质的重要方法。研究<sup>[2-3]</sup>表明,对于多数叶菜而言,适宜的冷藏温度为0~5℃,如青菜、菠菜的适宜冷藏温度分别为2,4℃。而有些蔬菜适宜冷藏温度稍高,如番茄、青椒的适宜冷藏温度分别为8,10℃<sup>[4-5]</sup>。目前鲜有研究指出空心菜的适宜冷藏温度,故采用感官评价V<sub>C</sub>、低场核磁共振分析水分迁移等指标比较在4种温度下(0,5,10,15℃)贮藏空心菜的保鲜效果,旨在寻找空心菜的适宜贮藏保鲜温度,为空心菜的贮藏保鲜工艺提供理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料与试剂

空心菜:购于上海市临港古棕桐路菜市场。挑选无病虫害、无机械损伤、无干枯萎蔫、翠绿新鲜、大小一致的空心菜,切去茎基部,保留15~20cm的嫩茎;

抗坏血酸、草酸、丙酮、碳酸钙粉、石英砂、碳酸氢钠、2,6-二氯靛酚盐:分析纯,国药集团化学试剂有限公司; 平板计数培养基(PCA):青岛海博生物技术有限公司。

**基金项目:**上海市绿叶菜产业体系建设项目;上海市科委公共服务平台建设项目(编号:17DZ2293400)

**作者简介:**杨冲,男,上海海洋大学在读硕士研究生。

**通信作者:**谢晶(1968—),女,上海海洋大学教授,博士。

E-mail: jxie@shou.edu.cn

**收稿日期:**2017-12-11

1.2 仪器与设备

恒温恒湿培养箱:LHS-100CA型,上海一恒科学仪器有限公司;

冰箱:BCD-252MHV型,苏州三星电子有限公司;

低温恒温培养箱:MIR-554-PC型,日本三洋电机株式会社;

超净工作台:VS-1300L-U型,苏净集团安泰有限公司;

全自动压力蒸汽灭菌器:YXQ-LS-30SH型,上海博讯实业有限公司;

紫外可见分光光度计:WFZ UV-2100型,上海龙尼柯仪器有限公司;

手持式折光仪:WYT-32型,泉州光学仪器厂;

台式脉冲核磁共振分析仪:PQ 001型,上海纽迈电子科技有限公司。

1.3 方法

1.3.1 空心菜预处理 将刚采收的空心菜用自来水清洗干净,沥干后随机分组装入PE袋中,每袋约重70g,分别在0,5,10,15℃下贮藏。测定空心菜V<sub>C</sub>、叶绿素、水分变化、菌落总数等指标,每组进行3次平行试验,取其平均值。

1.3.2 感官评定 参照文献[6]的评定方法,略作修改,挑选3名经过培训的评定人员对空心菜的外观、色泽、气味等方面进行评定,采用数字化评分(1~9分):9分为颜色光鲜,质地硬挺、平整、无异味;7分为颜色较鲜艳、质地略平整伸展、无异味;5分为颜色略微暗淡,发生一定冷害迹象,质地轻微松软(或者小部分叶片发生黄化,轻微萎蔫、腐化),有轻微异味产生;3分为部分叶片冷害明显,质地松软(或者大部分叶片发生黄化,大部分叶片萎蔫、腐化),有较明显的异味气体产生;1分为整体叶片发生显著冷害,萎蔫,水分损失严重(或者叶片严重黄化、腐化),有大量异味气体产生。

1.3.3 失重率测定 称量贮藏前后样品的质量,按式(1)计算失重率。

$$X = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100\% \quad (1)$$

式中:

X——失重率,%;

m<sub>1</sub>——贮藏前空心菜的质量,g;

m<sub>2</sub>——经过不同温度贮藏后空心菜的质量,g。

1.3.4 水分变化测定 低场核磁共振 T<sub>2</sub> 谱测定:取大小一致的空心菜叶片切成方形(2.5 cm×3.5 cm),放入直径为70 mm的核磁检测管中。测试条件:线圈温度32℃,质子共振频率24 MHz,使用CPMG序列,采样频率SW为100 Hz,模拟增益RG<sub>1</sub>为20,P<sub>1</sub>为20.00 μs,数字增益DRG<sub>1</sub>为3,TD为1 024,PRG<sub>1</sub>为3,重复采样次数TW为15 000 ms,累加次数NS为4,P<sub>2</sub>为35 μs,回波时间T<sub>E</sub>为0.500,回波个数NECH为3 000。用上海纽迈科技有限公司提供的分析软件进行迭代反演得到T<sub>2</sub>图谱<sup>[7]</sup>。

T<sub>2</sub>图谱中每个波峰代表一种成分,峰的横坐标为某种成分的弛豫时间,纵坐标为弛豫信号强度,信号强度间接反

映成分含量,峰面积越大表示某种成分含量越高。

1.3.5 叶绿素含量测定 采用分光光度计测量<sup>[8]</sup>。采用丙酮浸提法提取叶绿素,称取样品1g,加入少量石英砂和碳酸钙粉及2~3 mL 80%丙酮研磨成浆,再加80%的丙酮10 mL,继续研磨至组织变白,静止提取3~5 min,将提取液过滤至50 mL棕色容量瓶中,并用80%的丙酮定容,分别在663,645 nm下测定吸光度,按式(2)计算叶绿素的含量。

$$G = \frac{(20.29 \times A_{645} + 8.05 \times A_{663}) \times V_T \times n}{1\ 000} \times F_W \quad (2)$$

式中:

G——1 g样品中叶绿素的含量,mg/g;

A<sub>645</sub>——在645 nm处测得的提取液的吸光度值;

A<sub>663</sub>——在663 nm处测得的提取液的吸光度值;

V<sub>T</sub>——提取液的总体积,mL;

n——提取液的稀释倍数;

F<sub>W</sub>——空心菜鲜重,g。

1.3.6 V<sub>C</sub>含量测定 用2,6-二氯酚法<sup>[9]</sup>。称取样品5g,加入10 mL浸提剂(2%草酸),迅速捣成浆,充分提取V<sub>C</sub>,然后将提取液注入到50 mL棕色瓶中,并用2%草酸稀释到刻度,提取10 min后过滤(先用纱布,再用滤纸),取10 mL滤液,用已标定的2,6-二氯酚酚钠盐溶液滴定,至淡红色15 s不褪为止,记录染料的用量,按式(3)计算V<sub>C</sub>含量。

$$W = \frac{A \times (V_1 - V_0) \times b}{B \times a} \quad (3)$$

式中:

W——1 g样品中V<sub>C</sub>的含量,mg/g;

A——1 mL染料溶液相当的V<sub>C</sub>的量,mg/mL;

V<sub>1</sub>——滴定样品所用的染料量,mL;

V<sub>0</sub>——空白滴定所用的染料量,mL;

b——样品液稀释后总体积,mL;

B——滴定时吸取的样品溶液量,mL;

a——样品的质量,g。

1.3.7 色差变化测定 从每组中随机取出空心菜样品,用手持式折光仪测定各组空心菜叶片表面色度,具体操作为:打开折光仪开关,将测量探头放在白色校正板上校正,校正后将测量探头垂直放在样品上,测量样品的色差,记录色度中的亮度(黑白度)指标L值,红绿指标a值,L值越大表示亮度越大,a值越小表示样品绿度值越大。

1.3.8 总菌含量测定 按GB 4789.2—2016《食品卫生微生物学检验菌落总数测定》执行。

1.3.9 数据分析 所有数据平行测定3次,各项指标均使用Origin 8.5软件进行处理及绘图,使用SPASS 19.0软件进行分析(P<0.05为显著差异)。

2 结果与分析

2.1 对空心菜感官品质的影响

由图1可知,随着贮藏时间的延长,4个处理组空心菜的感官品质都逐渐下降,其中5,10℃处理组感官等级明显高于0,15℃处理组的(P<0.05),且0,15℃下贮藏感官品质

下降较快。0℃下贮藏 4 d 左右空心菜发生部分冷害,第 7 天冷害严重。15℃下贮藏,空心菜叶片萎蔫、黄化、腐败速度较快,贮藏第 7 天时,严重黄化、腐败。5℃贮藏,前 10 d 发生缓慢黄化,后期发现冷害现象,贮藏 12 d 时,冷害严重。10℃贮藏感官品质保存相对最好,贮藏过程中缓慢发生黄化,直至第 12 天才发生明显黄化。可见 5、10℃贮藏能较好地维持空心菜的感官品质,且 10℃贮藏效果更好。

2.2 对空心菜失重率的影响

失重率是衡量果蔬保鲜效果的一个重要指标。蔬菜在采后贮藏期间,仍然进行着呼吸代谢,水分、有机物不断减少,最后萎蔫、腐烂<sup>[10]</sup>。由图 2 可知,随着贮藏时间延长,所有处理组失重率呈逐渐上升趋势,0、15℃处理组失重率上

升的速度显著高于 5、10℃处理组的( $P < 0.05$ ),贮藏 7 d 失重率均超过 10%。0℃冷藏空心菜短期内便受到冷害,组织破坏,造成水分大量损失,而在 15℃下贮藏,由于贮藏温度偏高,造成了水分蒸发较快,叶片萎蔫较快。5℃处理组在贮藏前期,失重率缓慢升高,但后期也会发生冷害现象,特别是在第 10 天后冷害严重,水分损失加快,失重率显著增大,第 12 天失重率达到 13.8%。10℃下贮藏,失重率升高最缓慢,贮藏 12 d 失重率为 9.2%,可见 5、10℃贮藏有利于延缓空心菜失重率上升的速度,且 10℃贮藏效果最好。

2.3 对空心菜叶片水分变化的影响

水分是蔬菜的重要成分,其含量及分布状态与蔬菜的品质密切相关,由图 3 可知,空心菜叶片中的水分主要以 3 种

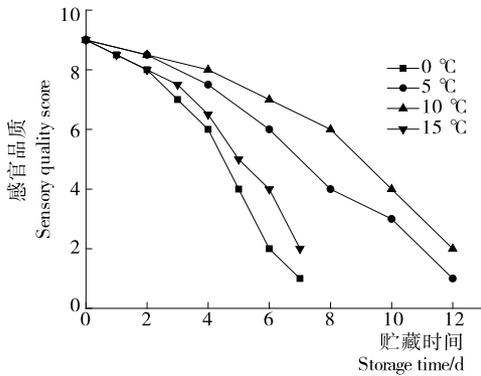


图 1 贮藏温度对空心菜感官品质的影响

Figure 1 Effect of different storage temperatures on sensory quality of *ipomoea aquatica*

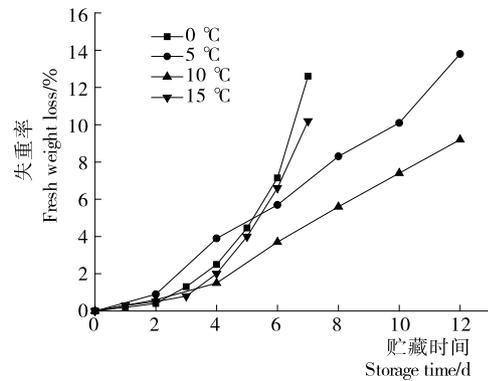


图 2 贮藏温度对空心菜失重率的影响

Figure 2 Effect of different storage temperatures on fresh weight loss of *ipomoea aquatic*

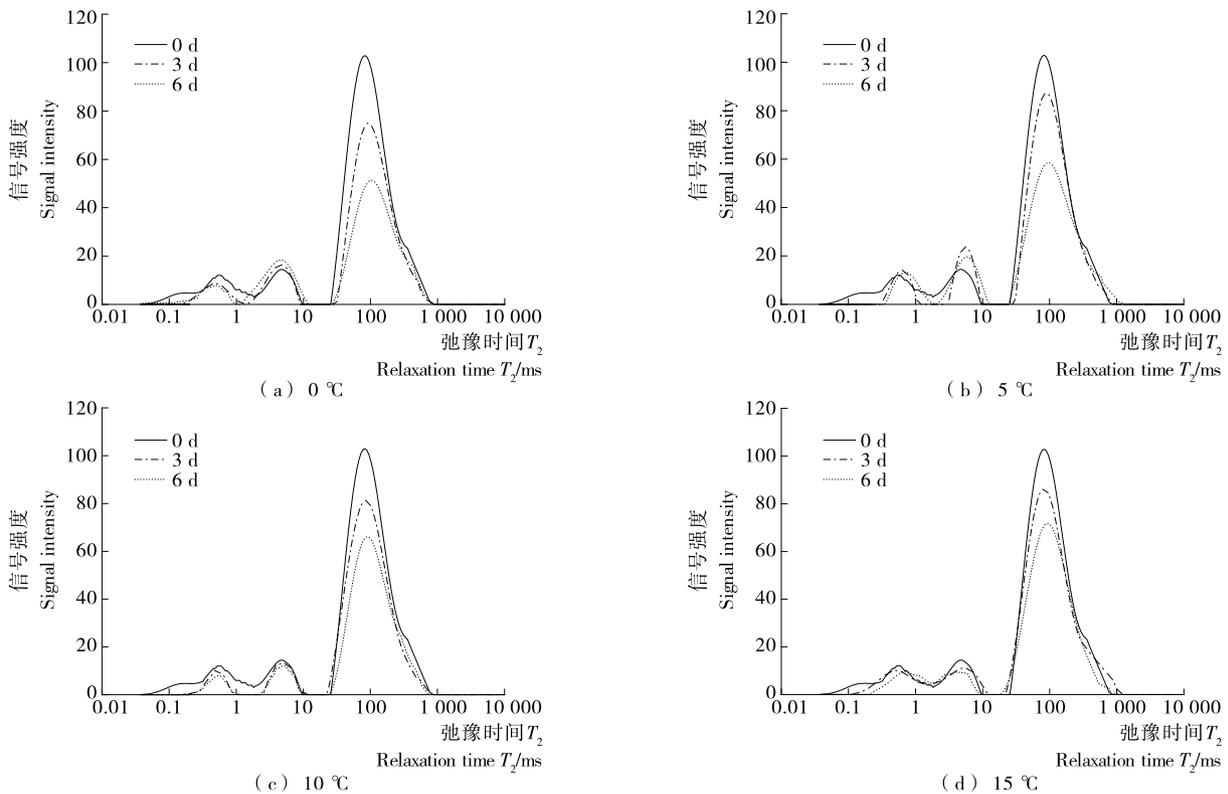


图 3 各贮藏温度下空心菜  $T_2$  图谱

Figure 3 Effect of different storage temperatures on  $T_2$  relaxation spectra of *ipomoea aquatic*

状态存在:通常将弛豫时间最长的定义为自由水,即  $T_{23}$  (20~1 000 ms),弛豫时间较长的定义为不易流动水,即  $T_{22}$  (2~20 ms),弛豫时间最短的定义为结合水,即  $T_{21}$  (0~2 ms)<sup>[11-12]</sup>。测定空心菜在各个温度下贮藏前、中、后3个阶段水分变化的  $T_2$  图谱,可得到空心菜在各个温度下贮藏期间,从新鲜状态到半新鲜状态、腐败状态时对应的水分迁移情况。 $T_2$  图谱中3种状态下的水分对应的波峰面积大小反映水分含量多少。由图3可知,贮藏过程中结合水和不易流动水含量变化缓慢,自由水含量下降明显。0, 15 °C时水分变化较快,贮藏6 d水分含量变化明显。可能是在0 °C下贮藏,空心菜容易发生冷害,组织结构受到破坏,细胞内部结合水流失,不易流动水有所增加,而自由水大量流出。15 °C下贮藏,空心菜水分含量下降较快的原因可能有两点:①空心菜的呼吸代谢较快,代谢损失水分较多;②空心菜叶片较薄,可能发生了蒸腾作用而损失部分水分,而且自由水损失较快,结合水与不易流动水损失缓慢。5, 10 °C时水分变化相对较慢,贮藏12 d才有明显变化。这是因为这2种温度下,空心菜呼吸作用及蒸腾作用较弱,水分散失较慢,但在5 °C贮藏后期,空心菜发生冷害现象,自由水含量下降明显,结合水也有少量流失。与其他温度组相比,10 °C贮藏过程中空心菜叶片中各组分水分含量变化最缓慢。以上分析可知,在5, 10 °C条件下贮藏空心菜各组分水分迁移速度较慢,利于贮藏保鲜,且10 °C贮藏保鲜效果最好。

2.4 对空心菜叶绿素含量的影响

采后绿叶蔬菜容易黄化,会造成商品性的降低,黄化与叶绿素的降解有关,叶绿素降解是叶片衰老初期最明显的特征<sup>[13-14]</sup>。由图4可知,随着贮藏时间的延长,所有处理组的叶绿素含量均呈下降趋势。0, 15 °C处理组的叶绿素含量下降较快,尤其在第5天后,这2个处理组的叶绿素含量下降速度显著高于5, 10 °C处理组的( $P < 0.05$ )。这是因为在0 °C下贮藏,空心菜发生冷害,叶片组织遭到破坏,叶绿素分解较快;而15 °C下贮藏,贮藏温度偏高,叶片代谢速率加快,衰老加快,叶绿素分解加快。在5, 10 °C下贮藏,空心菜叶片代谢速率较慢,叶绿素保持较好,但在5 °C下贮藏后期(10~12 d),也发生冷害现象,叶绿素降解速度加快。在10 °C下贮藏,空心菜衰老速度较慢,且没有发生冷害现象,叶绿素保

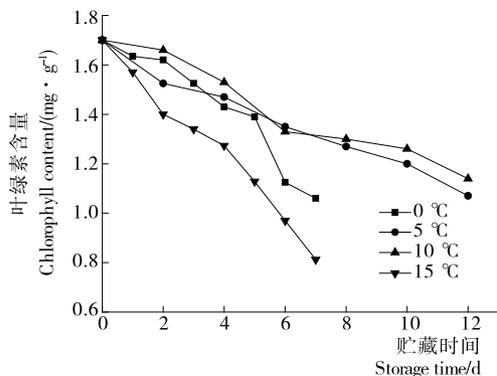


图4 贮藏温度对空心菜叶绿素含量的影响

Figure 4 Effect of different storage temperatures on fresh chlorophyll content of *ipomoea aquatica*

存相对较好。

2.5 对空心菜 Vc 含量的影响

Vc即抗坏血酸,其含量多少是衡量蔬菜营养品质的一个重要指标,也是反映果蔬抗衰老、抗逆境能力的一个指标<sup>[15]</sup>。由图5可知,各个贮藏温度贮藏期间 Vc 含量变化均表现为:在贮藏初期先上升,随着贮藏时间的延长含量不断下降,与芦航等<sup>[16]</sup>的研究结果一致。在0 °C下贮藏, Vc 含量在前2 d不断升高,之后不断下降;在5, 10 °C下贮藏,在前4 d含量不断升高,之后开始下降;在15 °C下贮藏, Vc 含量在第1天内有小幅度的升高,之后下降较快。4个处理组贮藏前期 Vc 含量均上升,可能是空心菜经采后处理,茎基部被剪除,剪切伤害加速了组织新陈代谢,以及组织不断衰老,调动了自身的抗氧化机制,糖类物质不断合成抗坏血酸<sup>[17]</sup>。随着贮藏时间的延长,空心菜衰老加快, Vc 大量消耗,含量迅速降低。5, 10 °C处理组抗坏血酸含量下降的速度显著低于0, 15 °C处理组的( $P < 0.05$ ),表明这2个温度比较利于维持空心菜 Vc 含量,且在贮藏后期(8~12 d), 10 °C贮藏效果要稍好一些。

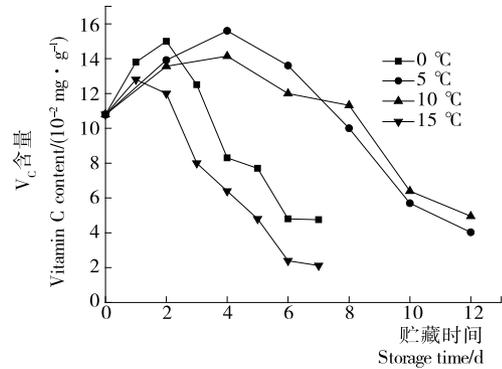


图5 贮藏温度对空心菜 Vc 含量的影响

Figure 5 Effect of different storage temperatures on Vc content of *ipomoea aquatica*

2.6 对空心菜叶片色泽变化的影响

蔬菜的色泽是反映其新鲜度的一个重要指标,贮藏过程中,叶菜色泽的变化会造成其品质的降低。通常用色差反映其色泽变化,色差中的 L 值、a 值分别代表亮度(黑白度)、红绿度。由表1、2可知,10, 15 °C贮藏期间 L 值、a 值不断变大,且15 °C处理组的这2个色度值变大速度较快,即亮度增加、黄化较快;0, 5 °C贮藏前期 L 值不断变大,叶片白度增大,后期发生冷害,叶片亮度下降, L 值变小,且0 °C处理组第4天之后 L 迅速变小,这与冷害较快,亮度下降较快有关,而5 °C贮藏,直到第10天后, L 值才开始变小,发生冷害,且在这2个温度贮藏期间, a 值是不断变大的,均在冷害期间 a 变大较快,绿度下降较快。不同处理组贮藏过程 L 值不断变大(除了0, 5 °C贮藏后期因冷害 L 值变小)及 a 值不断变大,与古荣鑫等<sup>[18]</sup>的研究结果一致。由以上分析可知,在5, 10 °C条件下贮藏空心菜,其色泽变化较慢,利于贮藏保鲜,且10 °C贮藏空心菜色泽变化是最缓慢的,最有利于维持空心菜的色泽品质。

表 1 0, 15 °C 温度对空心菜叶片色泽的影响<sup>†</sup>

Table 1 Effect of 0, 15 °C storage temperatures on color of *ipomoea aquatica*

参数	贮藏时间/d	0 °C	15 °C
L	0	40.67±0.09 <sup>c</sup>	40.67±0.09 <sup>f</sup>
	1	41.15±0.30 <sup>bc</sup>	41.33±0.24 <sup>e</sup>
	2	41.52±0.25 <sup>b</sup>	42.35±0.42 <sup>d</sup>
	3	42.47±0.21 <sup>a</sup>	43.66±0.26 <sup>c</sup>
	4	42.71±0.40 <sup>a</sup>	43.87±0.25 <sup>bc</sup>
	5	43.14±0.59 <sup>a</sup>	44.12±0.14 <sup>b</sup>
	6	38.72±0.47 <sup>d</sup>	44.56±0.17 <sup>a</sup>
a	7	36.13±0.68 <sup>e</sup>	44.83±0.07 <sup>a</sup>
	0	-19.98±0.10 <sup>g</sup>	-19.98±0.10 <sup>a</sup>
	1	-19.53±0.04 <sup>f</sup>	-18.26±0.12 <sup>b</sup>
	2	-19.22±0.05 <sup>e</sup>	-18.12±0.11 <sup>b</sup>
	3	-18.71±0.05 <sup>d</sup>	-17.89±0.06 <sup>c</sup>
	4	-18.59±0.05 <sup>d</sup>	-17.81±0.16 <sup>c</sup>
	5	-17.66±0.03 <sup>c</sup>	-17.40±0.15 <sup>d</sup>
	6	-16.44±0.08 <sup>b</sup>	-16.40±0.07 <sup>e</sup>
	7	-16.06±0.07 <sup>a</sup>	-16.16±0.11 <sup>f</sup>

† 同列不同字母表示差异显著(P<0.05)。

表 2 5, 10 °C 贮藏温度对空心菜叶片色泽的影响<sup>†</sup>

Table 2 Effect of 5, 10 °C storage temperatures on color of *ipomoea aquatica*

参数	贮藏时间/d	0 °C	15 °C
L	0	40.67±0.09 <sup>c</sup>	40.67±0.09 <sup>d</sup>
	2	41.23±0.15 <sup>cd</sup>	40.91±0.24 <sup>d</sup>
	4	41.67±0.35 <sup>c</sup>	41.02±0.18 <sup>d</sup>
	6	42.71±0.23 <sup>a</sup>	41.90±0.30 <sup>c</sup>
	8	42.77±0.12 <sup>a</sup>	42.46±0.77 <sup>b</sup>
	10	37.80±0.70 <sup>d</sup>	42.86±0.11 <sup>b</sup>
a	12	36.43±0.23 <sup>e</sup>	43.87±0.23 <sup>a</sup>
	0	-19.98±0.10 <sup>a</sup>	-19.98±0.07 <sup>a</sup>
	2	-19.91±0.03 <sup>a</sup>	-19.11±0.14 <sup>b</sup>
	4	-19.43±0.11 <sup>b</sup>	-18.81±0.27 <sup>c</sup>
	6	-18.87±0.08 <sup>c</sup>	-18.37±0.26 <sup>c</sup>
	8	-18.25±0.18 <sup>d</sup>	-18.18±0.11 <sup>d</sup>
	10	-17.42±0.17 <sup>e</sup>	-17.20±0.07 <sup>e</sup>
	12	-16.24±0.08 <sup>f</sup>	-16.19±0.10 <sup>f</sup>

† 同列不同字母表示差异显著(P<0.05)。

2.7 对空心菜菌落总数变化的影响

根据张立奎等<sup>[19]</sup>的研究结果,菌落总数低于 6 lg CFU/g, 叶菜组织不会发生腐败。由图 6 可知,空心菜在贮藏过程中菌落总数呈不断上升趋势。在 0 °C 下贮藏,前 4 d 菌落总数较低,可能低温具有抑制菌落生长繁殖的作用,第 4 天后菌落总数已超过 6 lg CFU/g,且菌落数高于同期 5, 10 °C 下贮藏的,可能是空心菜在该温度下贮藏后期(4~7 d),抗菌落

感染能力降低,及发生冷害后组织损伤,组织内营养物质流出,利于菌落生长繁殖。5 °C 贮藏 5 d 左右菌落总数开始超过 6 lg CFU/g, 10 °C 贮藏第 4 天菌落总数超过 6 lg CFU/g, 15 °C 贮藏,菌落总数显著高于其他处理组的(P<0.05),菌落总数在第 2 天便超过 6 lg CFU/g。可见 5 °C 贮藏对空心菜菌落生长抑制效果最佳,可以更有效地防止叶菜组织腐烂。

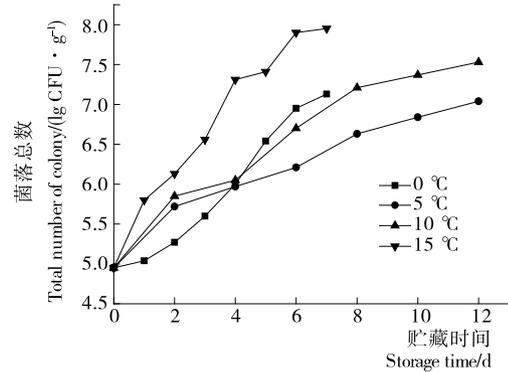


图 6 贮藏温度对空心菜菌落总数的影响

Figure 6 Effect of different storage temperatures on total bacteria count of *ipomoea aquatica*

3 结论

本试验研究发现,0 °C 低温贮藏的空心菜在短时间内(4~7 d)发生冷害现象,组织受到破坏,感官品质、叶绿素含量、Vc 含量等下降较快,水分损失较快,货架期较短,不利于贮藏保鲜。15 °C 贮藏,空心菜的感官、叶绿素含量、Vc 含量等指标下降较快,水分迁移较快,组织黄化、萎蔫较快,并且菌落生长繁殖较快,组织腐败加快,贮藏 7 d 左右,各项品质指标显著降低,不利于贮藏保鲜。空心菜在 5, 10 °C 贮藏的保鲜效果与 0, 15 °C 贮藏的相比,多数品质指标都保存较好,贮藏期较长,贮藏 8 d 左右,感官、水分含量、叶绿素含量、Vc 含量等指标仍保存较好,不过在 5 °C 贮藏后期(8~12 d),由于抗冻能力下降,空心菜也会发生一定的冷害现象,各项品质指标开始显著下降,空心菜在 10 °C 贮藏期间,除了菌落总数增长速度略高于 5 °C 贮藏的,其他品质指标均下降缓慢,表明 10 °C 冷藏新鲜空心菜更适合维持其多数品质指标,后续研究可以通过引入一些抑菌措施来控制菌落的生长繁殖。

参考文献

[1] ZHANG Q, ACHAL V, XU Y, et al. Aquaculture wastewater quality improvement by water spinach (*Ipomoea aquatica* Forsskal) floating bed and ecological benefit assessment in ecological agriculture district[J]. Aquacultural Engineering, 2014, 60(3): 48-55.  
 [2] 曾志雄, 吕恩利, 陆华忠, 等. 叶菜保鲜环境参数的研究现状与分析[J]. 广东农业科学, 2012(23): 75-77.  
 [3] 朱军伟, 谢晶, 林永艳, 等. 贮藏温度和包装方法对两种叶菜采后品质的影响[J]. 食品与机械, 2012, 28(4): 175-178.  
 [4] 许娟妮. 不同贮藏温度对番茄感官及品质的影响[J]. 农产品加工, 2016(6): 52-53.

(下转第 190 页)

- 单糖和低聚糖的含量[J]. 四川大学学报: 医学版, 2007, 38(6): 1 040-1 042.
- [32] 刘潇潇, 戴慧贤, 刘学华, 等. HPLC 示差折光检测法同时测定参芪扶正注射液中单糖和寡糖的含量[J]. 中国药房, 2012(12): 1 139-1 141.
- [33] 郭秀春, 郭小白, 张苗苗, 等. 莱茵-埃农氏法和高效液相色谱-示差折光法检测奶粉中乳糖和蔗糖的比较研究[J]. 食品科学, 2016, 37(12): 139-143.
- [34] 张进杰, 顾伟钢, 闫永芳, 等. HPLC 示差折光法测定水产品中还原糖、磷酸化单糖和蔗糖[J]. 食品与生物技术学报, 2011, 30(4): 576-582.
- [35] LIN Chun-hua, LEI Zhi-wei, LIU De-yong, et al. Determination of four kinds of monosaccharides and disaccharides in honey by ultra performance convergence chromatography with evaporative light scattering detector[J]. Chinese Journal of Analytical Chemistry, 2016, 44(12): 1 912-1 918.
- [36] 王巧娥, 丁明玉. 蒸发光散射检测技术研究进展[J]. 分析测试学报, 2006, 25(6): 126-132.
- [37] 姜辉, 王斌, 高家荣. 高效液相色谱法-蒸发光散射检测器同时测定肝乐颗粒中黄芪甲苷和芍药苷的含量[J]. 安徽中医药大学学报, 2015, 34(3): 86-89.
- [38] 杨俊, 刘江生, 蔡继宝, 等. 高效液相色谱-蒸发光散射检测法测定烟草中的水溶性糖[J]. 分析化学, 2005, 33(11): 1 596-1 598.
- [39] DING Hong-liu, LI Can, JIN Peng, et al. Simultaneous determination of monosaccharides, disaccharides, oligosaccharides and sugar alcohols in foods by high performance liquid chromatography with evaporative light-scattering detection[J]. Chinese Journal of Chromatography, 2013, 31(8): 804.
- [40] 沈少林, 陆文琪, 张惠雄. 高效液相色谱-蒸发光散射法同时测定蜂蜜中果糖、葡萄糖、蔗糖和麦芽糖[J]. 理化检验: 化学分册, 2015, 51(9): 1 330-1 332.
- [41] 尚妹, 冯有龙. 高效液相色谱蒸发光散射检测器测定保健食品中果糖、葡萄糖、蔗糖、麦芽糖、乳糖和木糖[J]. 西北药学杂志, 2014(1): 27-31.
- [42] LIU Qian, LUCIANA C Nogueira, FILIPE Silva, et al. Separation and quantification of carbohydrate compounds in beer using high performance liquid chromatography-evaporative light scattering detector[J]. Bee Tech, 2016(5): 65-68.
- [43] STEFANSSON M, WESTERLUND D. Ligand-exchange chromatography of carbohydrates and glycoconjugates[J]. Journal of Chromatography A, 1996, 720(1/2): 127-136.
- [44] CHURMS S C. Recent progress in carbohydrate separation by high-performance liquid chromatography based on size exclusion[J]. Journal of Chromatography A, 1996, 720(1/2): 151-166.
- [45] ALPERT A J, SHUKLA M, SHUKLA A K, et al. Hydrophilic-interaction chromatography of complex carbohydrates[J]. Journal of Chromatography A, 1994, 676(1): 191-122.
- [46] KLEIN A, CARNOY C, LO-GUIDICE J M, et al. Separation of mucin oligosaccharide-alditols by high performance liquid chromatography on alkylamine-bonded silica columns. Effects of structural parameters[J]. Carbohydr Res, 1992, 236(26): 9-16.
- [47] LIU Ying, URGANONKAR S, VERKADE J G, et al. Separation and characterization of underivatized oligosaccharides using liquid chromatography and liquid chromatography-electrospray ionization mass spectrometry[J]. Journal of Chromatography A, 2005, 1 079(1/2): 146.
- [48] GHAFAR A A, WABAIDUR S M, AHMED A Y, et al. Simultaneous determination of monosaccharides and oligosaccharides in dates using liquid chromatography-electrospray ionization mass spectrometry[J]. Food Chemistry, 2015, 176: 487-492.

(上接第 142 页)

- [5] 张洪磊, 谢晶, 林永艳, 等. 贮藏温度对打孔保鲜袋包装青椒品质的影响[J]. 食品与机械, 2012, 28(4): 179-181.
- [6] 林永艳, 谢晶, 朱军伟, 等. 真空预冷对青菜贮藏品质的影响[J]. 食品工业科技, 2012, 33(21): 314-317.
- [7] 任小青, 于弘慧, 马佃珍. 利用 LF-NMR 研究猪肉糜冷藏过程中品质的变化[J]. 食品研究与开发, 2015(15): 120-123.
- [8] 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: 31.
- [9] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001: 164-248.
- [10] 朱军伟, 谢晶, 林永艳, 等. 贮藏温度对薄膜包装菠菜品质的影响[J]. 食品与机械, 2011, 27(6): 219-221.
- [11] KEBITSAMANG J M, MIN Z, ARUN S M, et al. Effects of ultrasound and microwave pretreatments of apple before spouted bed drying on rate of dehydration and physical properties[J]. Drying Technology, 2014, 32(15): 1 848-1 856.
- [12] XU C, LI Y, YU H. Effect of far-infrared drying on the water state and glass transition temperature in carrots[J]. Journal of Food Engineering, 2014, 136(6): 42-47.
- [13] 隋媛媛, 于海业, 张蕾, 等. 温室黄瓜病虫害的叶绿素荧光光谱分析[J]. 光谱学与光谱分析, 2012, 32(5): 1 292-1 295.
- [14] SAKURABA Y, SCHELBERT S, PARK S Y, et al. STAY-GREEN and chlorophyll catabolic enzymes interact at light-harvesting complex ii for chlorophyll detoxification during leaf senescence in arabidopsis[J]. Plant Cell, 2012, 24(2): 507.
- [15] SHIN Y, LIU R H, NOCK J F, et al. Temperature and relative humidity effects on quality, total ascorbic acid, phenolics and flavonoid concentrations, and antioxidant activity of strawberry[J]. Postharvest Biology & Technology, 2007, 45(3): 349-357.
- [16] 芦航, 高建晓, 胡花丽, 等. 6-苄氨基嘌呤对采后空心菜品质及其活性氧代谢的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(4): 266-271.
- [17] 王艳颖, 胡文忠, 金黎明. 茉莉酸甲酯对鲜切水晶梨营养品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2012, 38(6): 209-212.
- [18] 古荣鑫, 胡花丽, 曹宏, 等. 不同薄膜包装对冷藏空心菜采后品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2014, 40(3): 237-243.
- [19] 张立奎, 陆兆新, 郁志芳. 臭氧水处理鲜切生菜贮藏期间的品质变化[J]. 食品与发酵工业, 2004, 30(3): 128-131.