

# 预冷时间对生鲜农产品贮藏品质的影响

丁艳

(广州工商学院物流系, 广东广州 510850)

**摘要:** 为了降低生鲜农产品在流通与销售过程中的数量和质量损失, 本文研究了不同预冷时间对生鲜农产品贮藏品质的影响。将新鲜采摘的西红柿、黄瓜、西葫芦、蒜薹四种生鲜农产品平均分成三组, 分别在实验平台预冷 0 h、10 h 和 20 h, 通过微孔袋包装并扎口, 放入冷藏库中冷藏 18 d, 每 3 d 进行一次取样。研究不同预冷时间对农产品失重率、硬度、呼吸速率与乙烯生成速率、腐烂率、可溶性固形物含量、Vc 含量、感官评分、丙二醛、过氧化物酶活性的影响。结果表明, 在贮藏时间达到 18 d 时, 未经预冷处理的农产品腐烂率与失重率最高, 分别是 21.51%, 63.29%, 可溶性固形物最低, 含量仅为 12.11%, 10 h 预冷时间下腐烂率、失重率与可溶性固形物均控制得较优。针对抗氧化性能, 10 h 与 20 h 预冷时间下抗氧化性能和未预冷相比明显升高, 且 10 h 预冷时间抗氧化性能最高, 农产品外观品质保持较好。说明经预冷处理农产品贮藏品质均优于未经预冷处理, 整体看来 10 h 预冷时间农产品贮藏品质优于 20 h 预冷时间, 可以降低农产品在运输销售途中的损失, 使得农产品的新鲜程度有了保障。

**关键词:** 预冷时间; 生鲜农产品; 贮藏品质; 影响

文章篇号: 1673-9078(2019)05-131-136

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2019.5.019

## Effect of Different Precooling Time on Storage Quality of Fresh Agricultural Products

DING Yan

(Logistics department, Guangzhou College of Technology and Business, Guangzhou 510850, China)

**Abstract:** In order to reduce the quantity and quality loss of fresh agricultural products in circulation and sale, the effect of different precooling time on the storage quality of fresh agricultural products was studied in this work. Four fresh agricultural products, namely tomato, cucumber, zucchini and garlic stalk, were divided into three groups. After 10 hours and 20 hours of precooling, the samples were packed with the microporous bags and then stored in the cold storage for 18 days. The samples were analyzed every 3 days. The effects of different precooling time on the weight loss rate, hardness, respiration rate and ethylene production rate, decay rate, soluble solids content, Vc content, sensory score, malondialdehyde (MDA) and peroxidase activity of agricultural products were investigated. The results showed that when the storage time reached 18 days, the decay rate and weight loss rate of agricultural products without treatment were the highest, which were 21.51% and 63.29%, respectively. The content of soluble solids was the lowest, and the rotting rate was only 12.11%. With 10 h precooling time, the weight loss rate and soluble solids were better controlled. The antioxidant activities of samples with 10 h and 20 h precooling time were significantly higher than that of the control. The highest antioxidant activity was obtained at 10 h precooling time, and the appearance quality of agricultural products was better with this condition. The results showed that the storage quality of agricultural products treated by precooling was better than that of the control. The storage quality of agricultural products after 10 h of precooling was better than that of 20 h of pre-cooling, which could reduce the loss of agricultural products during transportation and sale. The degree of freshness of agricultural products has been guaranteed at this condition.

**Key words:** precooling time; fresh agricultural products; storage quality; impact

预冷是将农产品从采摘到运输至物流中心之前对其采取的仓储措施, 以保证农产品的质量, 延长农产品保鲜期。预冷在整个农产品保鲜中起到了非常关键的作用。生长在温度高地区的夏季采摘农产品, 采摘

收稿日期: 2019-01-15

基金项目: 广州工商学院校级一般项目 (KA201713)

作者简介: 丁艳 (1984-), 女, 讲师, 研究方向: 物流与供应链管理

后含大量田间热, 直接运输会导致品质在短时间内的大幅下降, 大大增加腐烂率。采后 33 °C 流通温度下的草莓在 7 h 内丧失商品性, 青花菜不到 8 h<sup>[1,2]</sup>。预冷是一种最佳快速去除田间热、降低果温的方式, 采取合理的预冷时间能够保持农产品营养、新鲜度和安全性, 降低农产品在流通与销售过程中的数量和质量损失<sup>[3]</sup>。

新鲜农产品被采摘后,其呼吸作用、蒸发作用等很多生理改变会提高农产品老化、萎凋的速度,而低温能够防止农产品劣变,降低病原菌的滋生量,提高保质期<sup>[4]</sup>。预冷位于冷链最前端,在农产品冷链环节中处于首要地位,虽然农产品在运输过程中也会采取相应的冷藏措施,用来保持或者缓慢降低农产品的温度,但是农产品的温度没有办法在较短的时间内降低至需求的温度区间。预冷的主要作用就是消除农产品的田间热,可以直接降低或者抑制农产品的呼吸热,抑制水分的蒸发,保持农产品的新鲜程度;抑制依稀激素的产生,使得后熟衰老速度减慢;抑制会对人体产生伤害的微生物以及病原菌的衍生以及繁殖;抑制生物酶的活性,使得生物酶无法对食用菌进行自行消化;阻止农产品害虫的繁殖,或者直接导致害虫死亡;增加农产品的表皮坚硬程度,防止在运输过程中会产生碰撞破坏农产品形态,导致品质降低;预冷还可降低农产品运输过程中的损耗程度,使得索赔几率降低(如不经预冷的保鲜期为2 d,预冷处理后的保鲜期可长达8 d);在经过遇冷处理后,农产品可以采用冷藏车进行长距离运输,可以运往外地进行交易;对于保质期较短的易腐烂农产品,预冷后出货时间也可相对延长;农产品保质期增长,农户可以选择在商品销售淡季进行出售,会获得较高的交易价格。所以,为了保证农产品的货架期,减轻后续运输作业的制冷负荷,使农产品进入适温状态速度加快,预冷是最必不可少的步骤,可以降低运输成本并且将其功能发挥到最大,使得制冷效果更好。预冷过程最好在产地进行,预冷时间越快效果越好,如果预冷不彻底,农产品质量会大打折扣<sup>[5]</sup>。如黄瓜常温下(20℃)延迟1 h,相当于缩短冷藏条件下(0℃)7~10 h的贮藏寿命。为了保证生鲜农产品贮藏品质,研究不同预冷时间对生鲜农产品贮藏品质的影响,为提高农产品质量提供依据<sup>[6]</sup>。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

2018年6月12日清晨在某农产品种植园采摘了西红柿、黄瓜、西葫芦、蒜薹四种生鲜农产品,采摘的农产品果实成熟、着色充分<sup>[7]</sup>。采摘后马上运回实验室,将伤病农产品去除。为了保证贮藏品质,取7 mL施保克兑8 L水对采摘农产品进行消毒<sup>[8]</sup>。

### 1.2 材料处理

将实验农产品贮藏保鲜实验平台中,实验箱体大小2450 mm×1320 mm×1500 mm,贮藏部分内部大

小1400 mm×1100 mm×1400 mm。实验箱体通过2匹制冷机组完成制冷,利用冷风机完成气流循环,通过超声波雾化振子完成加湿处理。可编程控制器按照设定初始参数与传感器采集信息对贮藏室内保鲜环境进行智能控制<sup>[9]</sup>。

将实验农产品平均分成三组,分别在实验平台预冷0 h、10 h和20 h,通过微孔袋包装并扎口,放入冷藏库中冷藏,每3 d进行一次取样,共贮藏18 d,所有处理均重复5次,同时取均值。

## 1.3 农产品贮藏品质评价指标

### 1.3.1 呼吸速率

通过静置法对呼吸强度进行计算,公式如下:

$$Q = \frac{1.96VM}{mt} \quad (1)$$

其中: $Q$ 用于描述呼吸强度,mg/(kg·h); $M$ 用于描述二氧化碳体积分数,单位为%; $V$ 用于描述容积体积,单位为L; $m$ 用于描述样本质量,单位为kg; $t$ 用于描述放置时间,单位为h;1.96用于描述标况下的二氧化碳摩尔质量和摩尔体积之比<sup>[10]</sup>。

### 1.3.2 乙烯生成速率

静置2 h,通过玻璃针管抽取30 mL,利用岛津2010气相色谱仪进行测试,通过面积外标法求解:

$$P = \frac{VM_y}{20mt} \quad (2)$$

其中: $P$ 用于描述乙烯的生成速率,单位为 $\mu\text{L}/(\text{kg}\cdot\text{h})$ ; $M_y$ 用于描述乙烯的体积分数,单位为%。

### 1.3.3 失重率

将农产品的初始质量和贮藏后的质量相减,获取的差值和农产品原始质量相除,得到的结果就是失重率<sup>[11]</sup>,其计算公式如下:

$$D = \frac{m_0 - m_e}{m_0} \times 100\% \quad (3)$$

其中: $m_0$ 用于描述农产品原始质量,单位为g; $m_e$ 用于描述贮藏后农产品样本质量,单位为g。

### 1.3.4 可溶性固形物

可溶性固形物含量可通过质量分数进行描述,取新鲜农产品榨汁,榨汁后通过PAL-1手持数显折光仪进行测定<sup>[12]</sup>。

### 1.3.5 硬度

农产品硬度通过TAXT2i型物性测定仪进行测定,对农产品实体进行穿刺,用物性曲线的首个最高峰进行描述<sup>[13]</sup>,反复测定3次,求出均值。

### 1.3.6 腐烂指数

腐烂指数是农产品腐烂严重程度的体现,依据农

产品腐烂面积划分等级。0 级代表农产品没有出现腐烂现象；1 级代表农产品腐烂面积为 0~25%，2 级代表农产品腐烂面积为 25%~50%，3 级代表农产品腐烂面积为 50%~75%，4 级代表农产品腐烂面积为 75%~100%<sup>[14]</sup>。

### 1.3.7 丙二醛含量

取 10 g 样本，添加 20 mL TCA，对其在 420 nm、540 nm、600 nm 处吸光值进行测定，反复进行三次，取均值，丙二醛含量单位为  $\mu\text{mol/g}$ 。

### 1.3.8 过氧化物酶活性

过氧化物酶活性将单位样本单位时间内吸光度改变至增加 1 时，可作为 1 个过氧化物酶活性<sup>[15]</sup>，单位是 U/min/g。

### 1.3.9 感官评价

通过 15 人组成的农产品相关工作者对不同预冷时间下农产品感官变化进行评价，主要划分成四个等级<sup>[16]</sup>。第一个等级的评分为 80~100 分，当前农产品颜色正常，无霉变，无腐烂现象。第二个等级评分为 60~80 分，有轻微霉变，轻微腐烂现象。第三个等级评分为 40~60 分，有明显霉变，明显腐烂现象。第四个等级评分低于 40 分，有严重的霉变和腐烂现象。

## 1.4 数据分析

通过 excel 软件与 SPSS 软件完成数据处理与方差分析，在  $p < 0.05$  的情况下代表差异具有统计学意义。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同预冷时间对生鲜农产品失重率的影响

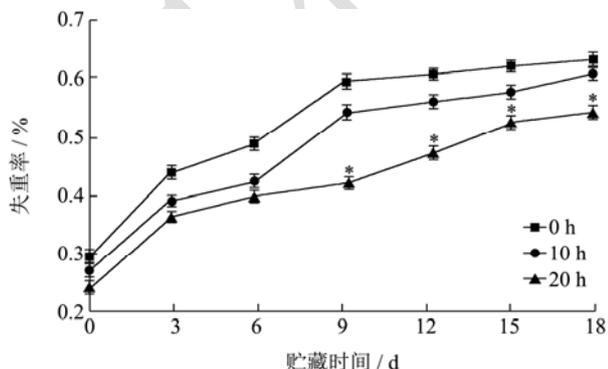


图 1 不同预冷时间对失重率的影响

Fig.1 Effect of different precooling time on weight loss rate

注：图中\*代表和 0 h 预冷相比有显著性差异 ( $p < 0.05$ )，下同均相同。

不同预冷时间对生鲜农产品失重率的影响用图 1

进行描述。

分析图 1 可知，在三种预冷时间下，随着贮藏时间的增加，失重率均越来越高，本实验不同处理组失重率均低于 0.70%，同时 0 h、10 h 和 20 h 在贮藏时间为 6 h 前无显著性差异 ( $p > 0.05$ )，均在 0.49% 以下，三种预冷时间下失重率变换均小于 0.09%。在贮藏时间到第 9 d 的情况下，可见 0 h、20 h 预冷时间下失重率增长速率瞬间加快，10 h 预冷时间下失重率变化速率有所减小，可见 0 h 预冷失重率明显高于 10 h 和 20 h 预冷，差异有显著性意义 ( $p < 0.05$ )，10 h 预冷失重率最低。

### 2.2 不同预冷时间对生鲜农产品硬度的影响

不同预冷时间下农产品硬度变换情况用图 2 进行描述。

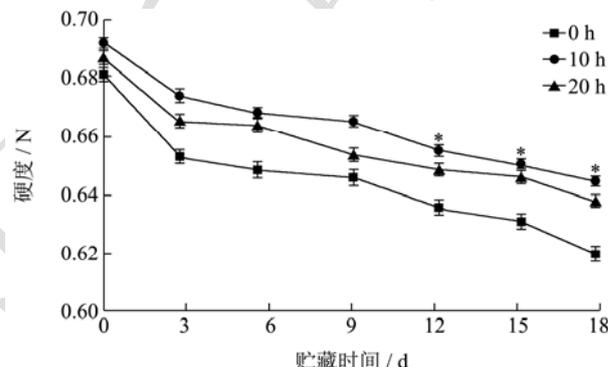


图 2 不同预冷时间对硬度的影响

Fig.2 Effect of different precooling time on hardness

由图 2 可知，不同预冷时间下生鲜农产品样本硬度均逐渐降低，这主要是由于原果胶变成果胶与果胶酸等可溶性果胶，令果实变软。其中 10 h 预冷时间下生鲜农产品样本硬度一直最高，保持在 65.10% 以上，与 20 h 预冷时间无显著性差异 ( $p > 0.05$ )，两种预冷时间硬度最多相差 0.05 N；但贮藏 12 d 后，和 0 h 预冷时间有显著性差异 ( $p < 0.05$ )，在贮藏 18 d 后，0 h 和 10 h 预冷时间硬度相差 0.03 N，说明 10 h 预冷与 20 h 预冷均可很好地抑制呼吸作用，降低质构成分出现损失。

### 2.3 不同预冷时间对呼吸速率与乙烯生成速率的影响

农产品被采摘后，呼吸作用成为主要的生理活动，其强度越高，生鲜农产品内部营养物质消耗越多，品质降低速度越快<sup>[17]</sup>。

在不同预冷时间下，生鲜农产品样本呼吸速率与乙烯生成速率变化情况用图 3 和图 4 进行描述。

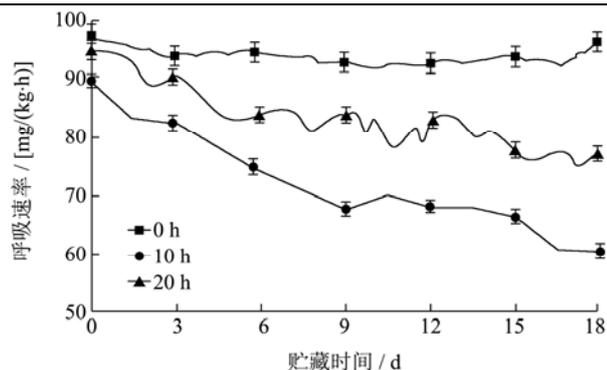


图3 不同预冷时间对呼吸速率影响

Fig.3 Effect of different precooling time on respiration rate

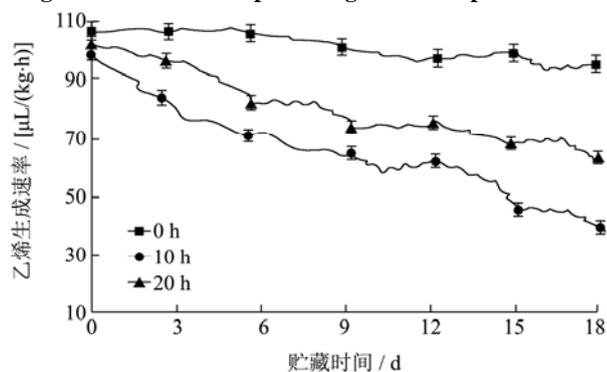


图4 不同预冷时间对乙烯生成速率影响

Fig.4 Effect of different precooling time on ethylene production rate

由图3可知,0 h 预冷时间下呼吸强度未出现很大的改变,10 h 与 20 h 预冷时间下呼吸强度逐渐降低,且 10 h 预冷时间呼吸速率下降幅度较大,在贮藏时间为 9 d 时,10 h 预冷时间呼吸速率为 68.14 mg/(kg·h),20 h 预冷时间呼吸速率高达 84.15 mg/(kg·h),其中在 10 h 预冷时间下贮藏 18 d 后,和 0 h 预冷时间有非常显著性差异( $p < 0.01$ ),呼吸速率相差高达 37.12 mg/(kg·h),20 h 预冷时间在贮藏 9 d 后,和 0 h 预冷时间有显著性差异( $p < 0.05$ ),二者相差 17.11 mg/(kg·h)。分析图 4 可知,与呼吸速率相应,10 h 预冷时间下农产品乙烯生成速率降低,可以看出抑制呼吸强度有助于抑制乙烯形成,延缓衰老。

上述分析说明不同预冷时间能够有效抑制农产品呼吸,且 0 h 预冷时间较 20 h 预冷时间对农产品呼吸的抑制性能更好,且农产品衰老最慢。

#### 2.4 不同预冷时间对腐烂率的影响

腐烂率为判断农产品采摘后商品价值最直观的因素,能够体现贮藏效果。不同预冷时间下,生鲜农产品贮藏腐烂率改变情况用表 1 进行描述。

从表 1 可知,在贮藏时间逐渐升高的情况下,农产品腐烂率均逐渐增加,且 0 h 预冷时间增加最显著,

农产品样本在 10 h 预冷时间下对腐烂率的控制效果最好,当贮藏时间为 18 d 时,与 0 h 预冷时间与 20 h 预冷时间相比,分别相差 8.89% 和 4.29% ( $p < 0.05$ )。说明预冷能够降低腐烂率。

表 1 不同预冷时间对生鲜农产品腐烂率的影响

Table 1 Effect of different precooling time on rotting rate of fresh agricultural products

预冷时间/h	贮藏时间/d						
	0	3	6	9	12	15	18
0	0	6.91	12.41	13.24	15.65	19.22	21.51
10	0	2.15	5.62	7.52	9.14	10.34	12.62
20	0	4.23	8.13	9.95	12.25	13.12	16.91

#### 2.5 不同预冷时间对可溶性固形物含量的影响

可溶性固形物即能够和水相溶的糖、蛋白、酸等,在贮藏过程中,农产品因代谢消耗在很大程度上会导致可溶性固形物含量降低,导致农产品营养价值大大降低,对农产品货架期产生很大的影响<sup>[18]</sup>。

图 5 是不同预冷时间下生鲜农产品可溶性固形物含量变化情况。

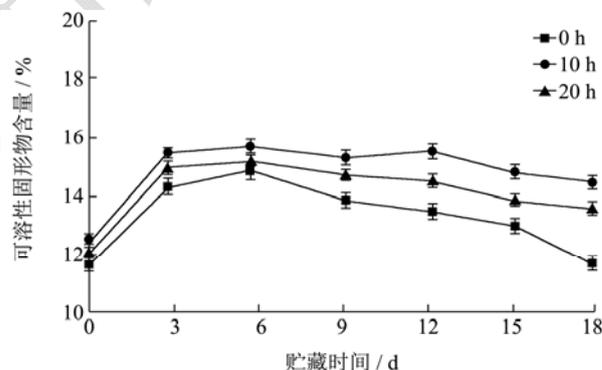


图5 不同预冷时间对农产品可溶性固形物含量的影响

Fig.5 Effect of different precooling time on soluble solids content of agricultural products

从图 5 可以看出,不同预冷时间下农产品可溶性固形物呈先升高后降低的趋势,但整体看来改变不大,都在 10%~20% 范围内,0 h 预冷时间在贮藏过程中可溶性固形物含量下降最大,在贮藏后期,也就是 18 d 时,0 h 预冷时间农产品可溶性固形物含量低至 12.09%,10 h 预冷时间与 20 h 预冷时间农产品可溶性固形物含量显著更高( $p < 0.05$ ),均在 14.12% 以上。说明 10 h 预冷时间与 20 h 预冷时间能够令农产品代谢活动变得缓慢,大分子物质与淀粉转换成糖的速度与进程变缓。

## 2.6 不同预冷时间对 Vc 含量的影响

Vc 在农产品中广泛存在, 有很强的还原性, 具备清理自由基与抗氧化的作用, 起到延缓衰老的作用。

图 6 是不同预冷时间下农产品 Vc 含量变化情况。

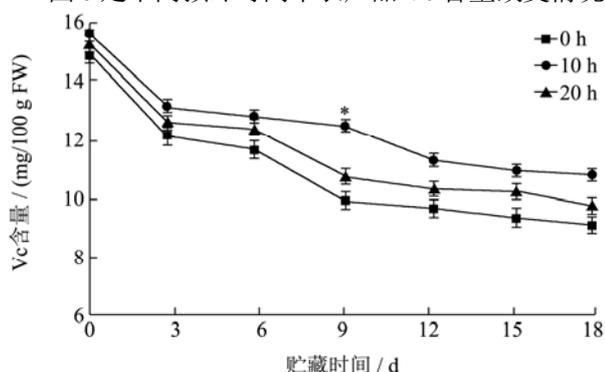


图 6 不同预冷时间下农产品 Vc 含量变化情况

Fig.6 Changes of Vc content in Agricultural products under different Pre-cooling time

随着贮藏时间的增加, 不同预冷时间下农产品 Vc 含量均逐渐降低, 贮藏 9 d 时, 10 h 贮藏时间 Vc 含量为 13.12%, 明显比其它时间更高, 差异有统计学意义 ( $p < 0.05$ )。贮藏 12 d 时, 不同预冷时间下农产品 Vc 含量差异不显著 ( $p > 0.05$ ), 0 h 与 20 h, 20 h 与 10 h 预冷时间 Vc 含量均相差为 1.01%, 但 10 h 贮藏时间下 Vc 含量为 11.81%, 依旧是最高的。

## 2.7 不同预冷时间对感官评分的影响

感官评价总分为 100 分, 分数越高, 则认为农产品价值和可接受度越高。图 7 是不同预冷时间下农产品感官评分变化情况。

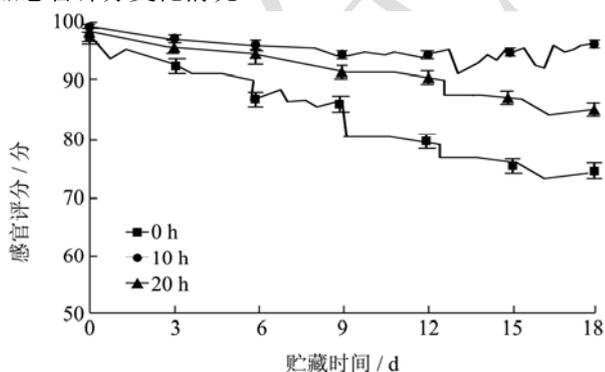


图 7 不同预冷时间下农产品感官评分变化情况

Fig.7 Changes of sensory score of Agricultural products under different Pre-cooling time

由图 7 可以看出, 随着贮藏时间的逐渐增加, 不同预冷时间下感官评分逐渐降低, 在贮藏 9 d 的情况下, 感官评分差异开始变得更加显著, 0 h 预冷时间和 20 h 预冷时间感官评分显著降低, 分别为 80.01 分以

及 91.15 分, 可知此时 20 h 预冷时间感官评分降低程度较小, 在贮藏时间为 18 d 时, 10 h 预冷时间感官评分与其它两种时间相比有显著性差异 ( $p < 0.05$ ), 分别为 10.01 分与 20.25 分。在整个贮藏过程中, 10 h 预冷时间与 20 h 预冷时间一直保持在较高水平, 0 h 预冷时间感官评分最低。说明 10 h 预冷时间贮藏品质最优。

## 2.8 不同预冷时间对丙二醛的影响

丙二醛含量即膜脂氧化的最终产物, 其含量是农产品细胞膜受损程度的体现和农产品衰老程度的体现。

图 8 是不同预冷时间下农产品丙二醛变化情况。

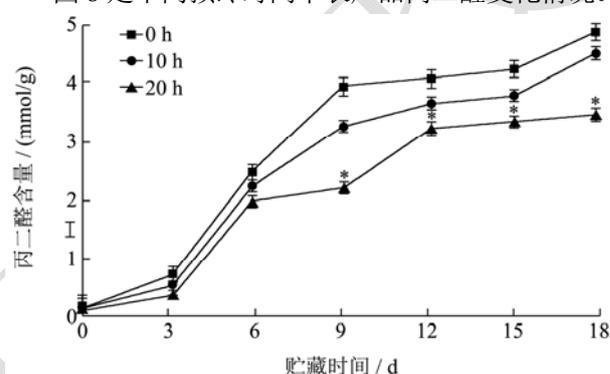


图 8 不同预冷时间下农产品丙二醛变化情况

Fig.8 Changes of malondialdehyde in Agricultural products under different Pre-cooling time

从图 8 可以看出, 在贮藏时间逐渐增加的情况下, 丙二醛呈上升趋势。在贮藏中后期, 10 h 预冷时间下农产品丙二醛含量为 3.12 nmol/g 左右, 是三个预冷时间中最低的, 在贮藏 9 d 后, 10 h 预冷时间和其它两种预冷时间相比, 丙二醛含量分别相差 1.10 nmol/g、2.12 nmol/g, 差异显著 ( $p < 0.05$ ), 在贮藏 18 d 后, 10 h 预冷时间下农产品丙二醛含量与 0 h 预冷时间有非常显著性意义 ( $p < 0.01$ )。说明 10 h 预冷时间丙二醛积累略低。

## 2.9 不同预冷时间对过氧化物酶活性的影响

过氧化物酶活性是农产品衰老的体现, 和褐变相关, 可用于酚类底物氧化果实, 导致出现褐变病理反应。

图 9 是不同预冷时间下农产品过氧化物酶活性变化情况。

从图 9 可以看出, 农产品贮藏后过氧化物酶活性均逐渐上升, 0 h 预冷时间、10 h 预冷时间和 20 h 预冷时间的过氧化物酶活性有较大差异。贮藏 18 d 后, 10 h 预冷时间和 20 h 预冷时间过氧化物酶活性均低于 0 h 预冷时间酶活性, 10 h 预冷时间过氧化物酶活性为

31.12 U/g/min, 差异有统计学意义( $p < 0.05$ )。说明农产品腐烂严重会导致抗氧化能力降低, 造成过氧化物酶活性升高。

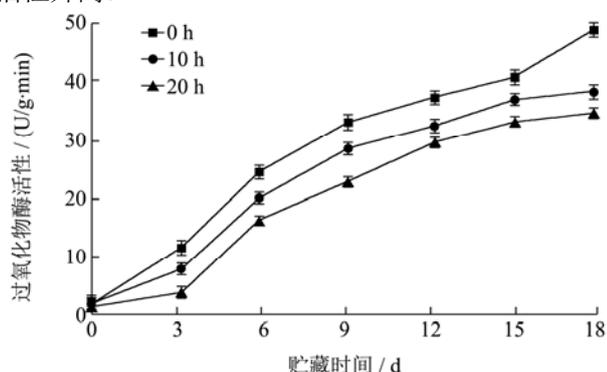


图9 不同预冷时间下农产品过氧化物酶变化情况

Fig.9 Changes of peroxidase in agricultural products under different precooling time

### 3 结论

研究不同预冷时间对生鲜农产品贮藏品质的影响, 得出以下结论:

生鲜农产品贮藏前经预冷能够很好的保持农产品果实的品质, 可降低农产品呼吸速率与乙烯生成速率, 在一定程度上防止包装农产品物质内壁有大量雾气聚集, 在生鲜农产品表面形成露珠, 从而增加贮藏时间。结果表明, 经过 10 h 预冷时间下失重率、农产品呼吸速率以及乙烯生成速率均最低, 且在 10 h 预冷时间下对腐烂率的控制效果最好, 对决定农产品营养价值的可溶性固形物均控制的较优, 此时农产品代谢活动变得缓慢。10 h 贮藏时间下 Vc 含量最高且贮藏品质最优, 0 h 预冷时间下丙二醛、过氧化物酶活性含量较高, 说明而 10 h 与 20 h 预冷时间下农产品腐烂较为缓慢。除此之外, 10 h 预冷时间下生鲜农产品外观品质保持较好, 可延缓衰老进程。整体看来, 预冷时间 10 h 农产品贮藏品质优于 20 h, 这两种预冷时间均优于未经预冷处理的农产品贮藏品质, 说明 10 h 预冷时间能够很好的保持农产品贮藏品质。

### 参考文献

[1] 段亩位, 谢辉, 王世萍, 等. 真空预冷澳芒及其对贮藏品质的影响[J]. 食品工业科技, 2017, 38(3): 326-330  
DUAN Zhou-wei, XIE Hui, WANG Shi-ping, et al. Effect of vacuum pre-cooling treatment on storage quality of Australia mango [J]. Science and Technology of Food Industry, 2017, 38(3): 326-330

[2] Dijkstra-Tiekstra M J, Setroikromo A C, Kraan M, et al. Optimization of the freezing process for hematopoietic progenitor cells: effect of precooling, initial dimethyl sulfoxide concentration, freezing program, and storage in vapor-phase or liquid nitrogen on in vitro white blood cell quality [J]. Transfusion, 2015, 54(12): 3155-3163

[3] Choi J H, Yim S H, Cho K S, et al. Fruit quality and core breakdown of 'Wonhwang' pears in relation to harvest date and pre-storage cooling [J]. Scientia Horticulturae, 2015, 188(1): 1-5

[4] 鄂晓雪, 柳建华, 王融, 等. 真空预冷处理提高草莓与蟠桃的冷藏品质[J]. 上海理工大学学报, 2014, 36(1): 75-80  
E Xiao-xue, LIU Jian-hua, WANG Rong, et al. Vacuum pre-cooling treatment for improving cold storage quality of strawberries and flat peaches [J]. Journal of University of Shanghai for Science and Technology, 2014, 36(1): 75-80

[5] 刘坤, 李文彬, 陈锋军. 果实检验中灵武长枣成熟度图像分级仿真[J]. 计算机仿真, 2017, 34(8): 273-276  
LIU Kun, LI Wen-bin, CHEN Feng-jun. The simulation of image grading test of Lingwu long jujube mature fruit [J]. Computer Simulation, 2017, 34(8): 273-276

[6] Cebolla R O, Acosta B, Miguel N D, et al. Effect of precooled inlet gas temperature and mass flow rate on final state of charge during hydrogen vehicle refueling [J]. International Journal of Hydrogen Energy, 2015, 40(13): 4698-4706

[7] 谢国芳, 王佳佳, 谭景富, 等. 贮藏温度对金刺梨综合品质的影响[J]. 江苏农业学报, 2017, 33(5): 1143-1149  
XIE Guo-fang, WANG Jia-jia, TAN Jing-fu, et al. Quality of *Rosa sterilis* influenced by storage temperature [J]. Jiangsu Journal of Agricultural Sciences, 2017, 33(5): 1143-1149

[8] Sharafeddin F, Motamedi M, Fattah Z. Effect of preheating and precooling on the flexural strength and modulus of elasticity of nanohybrid and silorane-based composite [J]. Journal of Dentistry, 2015, 16(3 Suppl): 224-229

[9] 张海伟, 张晓晴, 张雨露, 等. 前处理方式对蓝莓贮藏品质的影响[J]. 食品与机械, 2016, 32(9): 105-108  
ZHANG Hai-wei, ZHANG Xiao-qing, ZHANG Yu-lu, et al. Effects of pre-treatments on storage quality of blueberry [J]. Food & Machinery, 2016, 32(9): 105-108

[10] Tsai H H, Tsai C H, Wu W T, et al. Numerical investigation into thermal effects of pre-cooling zone in vitrification-based cryopreservation process [J]. Cryobiology, 2015, 70(1): 32-37

(下转第 243 页)