

# Fresh-Keeping Effects of Different Storage Temperature on the Fresh-Cut Cantaloupe

Donghua Xiong, Xueliang Lin, Wanwei Qiu, Dechao Rao, Zejin Wang\*, Ying Huang

College of Food Science, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou Fujian

Email: \*wangzejin863@126.com, 506128393@qq.com

Received: Jun. 24<sup>th</sup>, 2018; accepted: Jul. 4<sup>th</sup>, 2018; published: Jul. 11<sup>th</sup>, 2018

## Abstract

The optimum storage temperature was investigated by measuring the critical frozen point temperature of fresh-cut cantaloupe; the changes in microbial population of fresh-cut cantaloupe was determined by simulated refrigerator sales to have a preliminary knowledge of the shelf life. The results showed that the critical frozen point temperature of fresh-cut cantaloupe was  $-2.3^{\circ}\text{C}$  -  $-2.8^{\circ}\text{C}$ . Compared to the  $3^{\circ}\text{C}$  treatment groups,  $-1^{\circ}\text{C}$  and  $1^{\circ}\text{C}$  treatment group could better inhibit the colony growth and delay the decrease of moisture content, hardness, soluble solids content and POD activity. Meanwhile, the color, titratable acid content and sensory quality were better maintained and the increase of crude fiber content of fresh-cut cantaloupe was delayed in the  $1^{\circ}\text{C}$  storage group than in the  $-1^{\circ}\text{C}$  storage group. Therefore, comprehensive analysis determined that  $(1 \pm 0.5)^{\circ}\text{C}$  was the best storage temperature for fresh-cut cantaloupe. After 8 d of storage, the fresh-cut cantaloupes stored at  $-1^{\circ}\text{C}$ ,  $1^{\circ}\text{C}$ , and  $3^{\circ}\text{C}$  were transferred to the cold room of  $(4 \pm 0.5)^{\circ}\text{C}$  to simulate the refrigerator temperature during the actual sale stage. On the first day of the storage at  $3^{\circ}\text{C}$ , the microbial population of fresh-cut cantaloupes were  $6.2 \lg(\text{CFU}/\text{g})$ , which means that cantaloupe had lost their commodity value. The shelf life of fresh-cut cantaloupes stored at  $-1^{\circ}\text{C}$  and  $1^{\circ}\text{C}$  were approximately 3 d and 5 d respectively. Therefore, the longest shelf life of fresh-cut cantaloupe could be stored for 13 d at  $1^{\circ}\text{C}$ .

## Keywords

Fresh-Cut Cantaloupe, Product Quality, Microbial Population, Storage Temperature, Shelf Life

# 不同贮藏温度对鲜切哈密瓜保鲜效果影响研究

熊冬华, 林学亮, 邱万伟, 饶德超, 王则金\*, 黄莹

福建农林大学食品科学学院, 福建 福州

Email: \*wangzejin863@126.com, 506128393@qq.com

\*通讯作者。

收稿日期：2018年6月24日；录用日期：2018年7月4日；发布日期：2018年7月11日

## 摘要

通过测定鲜切哈密瓜的初始冻结点温度，探究其最佳贮藏温度，并且模拟冷柜销售测定鲜切哈密瓜菌落总数变化，初步了解其货架期。结果表明：鲜切哈密瓜初始冻结点温度为 $-2.3^{\circ}\text{C}\sim-2.8^{\circ}\text{C}$ ，通过 $-1^{\circ}\text{C}$ 、 $1^{\circ}\text{C}$ 、 $3^{\circ}\text{C}$ 贮藏对鲜切哈密瓜贮藏品质影响的研究发现， $-1^{\circ}\text{C}$ 和 $1^{\circ}\text{C}$ 贮藏组比 $3^{\circ}\text{C}$ 贮藏组能更好地抑制鲜切哈密瓜菌落总数增长和延缓其含水率、硬度、可溶性固形物含量、POD活性的降低，同时 $1^{\circ}\text{C}$ 贮藏组比 $-1^{\circ}\text{C}$ 贮藏组能更好地保持鲜切哈密瓜的色泽、可滴定酸含量、感官品质和延缓粗纤维含量的增加。因此，综合分析确定 $(1 \pm 0.5)^{\circ}\text{C}$ 为鲜切哈密瓜最佳贮藏温度。贮藏到第8 d时，3个贮藏组鲜切哈密瓜转移至 $(4 \pm 0.5)^{\circ}\text{C}$ 模拟冷柜销售温度贮藏后，在贮藏1 d时， $3^{\circ}\text{C}$ 贮藏组的鲜切哈密瓜菌落总数达 $6.2 \lg(\text{CFU/g})$ ，即已失去商品价值。 $-1^{\circ}\text{C}$ 、 $1^{\circ}\text{C}$ 下贮藏的鲜切哈密瓜货架期分别约为3 d和5 d。因此，鲜切哈密瓜在 $1^{\circ}\text{C}$ 下贮藏，最长保质期可达到13 d。

## 关键词

鲜切哈密瓜，产品品质，菌落总数，贮藏温度，货架期

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

鲜切果蔬作为现代水果流通的重要形式，进入了一个快速发展的阶段，自助“水果捞”新型产品备受大众青睐，但如何延长货架期一直是鲜切水果加工中亟需解决的关键性难点问题[1] [2] [3]。微生物的生长繁殖和代谢作用是导致鲜切水果腐败的主要原因[4]，目前，鲜切果蔬易感染的食源性病原菌主要包括：大肠杆菌 O157:H7 (*E. coli*) [5]、李斯特菌[6]、沙门氏菌[7]、志贺氏杆菌属以及假单胞菌[8]。据报道，在北美和欧洲曾多次因沙门氏菌、大肠杆菌等致病菌感染而发生中毒事件，严重危害了消费者的生命健康[9] [10] [11]，而欧洲在 2007 年~2011 年期间非动物性食源性疾病占到了 90%，其中由鲜切果蔬引起的占到了第 1 位[12]。冷藏保鲜安全环保，但冷藏温度不能低于果蔬的冰点温度，否则会产生冻害。因此在进行低温贮藏时应注意冰点温度。Gomy [13]和 Martinez Romero [14]等人研究出鲜切梨和鲜切桃适宜的贮藏温度分别为 $-1^{\circ}\text{C}$ 和 $2^{\circ}\text{C}$ 。通过查阅相关报道，罗述博[15]等人采用 1-MCP 处理鲜切哈密瓜对其品质变化的影响，张婷[16]、刘同业[17]、杜娟[18]等人研究贮藏温度对哈密瓜果实生理冷害的影响较多，但对贮藏温度对鲜切哈密瓜品质影响的研究还未见报道。

因此，本实验通过对鲜切哈密瓜冰点温度的测定，研究贮藏温度对鲜切哈密瓜贮藏品质的影响，确定鲜切哈密瓜最佳贮藏温度，并且模拟冷柜销售温度测定鲜切哈密瓜的菌落总数变化，初步了解鲜切哈密瓜在出库后的货架期，为保证鲜切哈密瓜的贮藏保鲜品质提供参考，为我国鲜切哈密瓜工业化生产提供理论依据，确保鲜切哈密瓜在超市、飞机、高铁上的销售安全性要求，对促进鲜切哈密瓜产业化生产具有一定意义。

## 2. 材料与方法

### 2.1. 实验材料

哈密瓜(*Cucumis melo* var. *saccharinus*), 产至新疆省哈密市, 选择外观大小一致、成熟度一致、无病虫害和机械损伤的哈密瓜, 购买 3 批不同批次哈密瓜, 购回后立即将其放入 4℃冷库预贮藏, 实验前取出使用。

### 2.2. 实验处理

根据鲜切哈密瓜临界冻结点温度和综合考虑贮藏条件, 研究了(-1 ± 0.5)℃、(1 ± 0.5)℃、(3 ± 0.5)℃三个贮藏温度对鲜切哈密瓜贮藏品质的影响。清洗哈密瓜表面污渍、简单沥干, 正反面分别由紫外线杀菌 20 min, 用事先清洗消毒过的不锈钢工具和砧板将哈密瓜对半切成四份, 将种腔清理干净, 去皮, 切成立体梯形块状(约 5 cm 厚度), 清洗、沥干, 保鲜盒包装, 每个处理共 12 盒, 其中 6 盒样品约 200 g, 用于贮藏温度研究的各项指标测定, 另外 6 盒样品约 50 g, 用于样品出库后货架期指标测定, 分别置于不同温度下贮藏, 每隔 1 d 取样, 不同贮藏温度样品分别随机抽取一盒 200 g 的样品用于测定, 取出后样品立即置于无菌操作台内, 按照无菌操作程序在无菌操作台内完成菌落总数测定、样品的称量和加无菌水操作(1 g:10 mL), 随后按照测定鲜切哈密瓜菌落总数、感官指标、过氧化物酶活性、含水率、色泽、可滴定酸含量、硬度、可溶性固形物含量、粗纤维含量之技术方法依次完成测定, 在实验测定期间将整盒样品置于冰浴中, 每组重复 3 次。

贮藏到第 8 d 时, 将不同处理组在不同温度下贮藏的样品转移至模拟冷柜销售温度(4 ± 0.5)℃的冷库中贮藏, 各处理组每天随机抽取一盒 50 g 的样品, 按照之前的无菌操作程序称量, 测定其菌落总数, 初步确定鲜切哈密瓜的货架期。

### 2.3. 主要仪器与设备

LDZX-50KBS 立式压力蒸汽灭菌锅(上海申安医疗器械厂); CF15RN 日立高速冷冻离心机(Hitachi Koki Company); MINI8-UV 超纯水机(湖南科尔顿水务有限公司); HWS26 数显恒温水浴锅(上海一恒科技有限公司)。

### 2.4. 消毒处理

不锈钢刀具、漏斗: 清洗-沸水热烫-保鲜膜覆盖后, 报纸包裹于 121℃, 20 min 高压灭菌;

砧板: 清洗-沸水热烫 75%酒精消毒, 并在砧板表面覆盖一层事先经紫外线杀菌的保鲜膜, 80℃烘干, 紫外线杀菌 30 min。用完清洗、热烫, 竖直放置晾干, 待用;

无菌水: 121℃, 20 min 高压灭菌;

无菌室: 用 75%酒精消毒, 再紫外灯照射 30 min, 使用过程中全程打开排气扇;

保鲜盒、口罩、手套: 紫外灯照射 30 min;

实验服: 将洗净好的实验服用报纸包裹, 于 121℃, 20 min 高压灭菌, 烘干, 待用;

### 2.5. 检测指标与方法

#### 1) 冰点温度测定

鲜切哈密瓜置入-40℃的冰柜内, 将 Testo 数显温度计探头刺进哈密瓜的中部, 每 30 s 记录 1 次, 根据哈密瓜温度变化动态, 作出冰点温度曲线。根据果蔬组织冰点随果蔬含水率增加而增大, 随可溶性固形物含量增加而减小的特点[19], 取 3 批次不同哈密瓜, 同时测定每一批次哈密瓜含水率和可溶性固形物

含量。

### 2) 菌落总数的测定

参照 GB4789.2-2010《食品微生物学检验菌落总数测定》[20]的平板计数法并稍作改进,将 100  $\mu\text{L}$  稀释液接种至平板中,为避免稀释液在平板中滑落至边缘,在接种时将 100  $\mu\text{L}$  稀释液分多次放出,涂布,置于  $(36 \pm 1)^\circ\text{C}$  隔水式恒温培养箱中倒置培养 48 h 左右,计算菌落总数。

### 3) 含水率

水分含量测定参照 GB/T 5009.3-2010 105 $^\circ\text{C}$  烘干恒重法[21]。

### 4) 硬度

参照 Zhou Ran 等[22]的方法,略作修改,果实削皮后分别在靠近果顶、果蒂、果中的 3 个部位,测表皮到内腔中点附近果肉硬度,以  $\text{kg}/\text{cm}^2$  为单位,重复测定 3 次。

### 5) 色泽

色泽采用自动色差计测定,测定 CIE-Lab 表色系中的  $L^*$ 、 $a$ 、 $b$  值。

$$\Delta E^* = \sqrt{(L^*)^2 + (a)^2 + (b)^2}$$

式中:

$\Delta E^*$ ——总色差;

$L^*$ ——表示亮度;

$a$ ——表示红绿方向颜色变化;

$b$ ——黄蓝方向变化。

### 6) 可溶性固形物含量

取适量哈密瓜打浆后,过滤,取滤液,用糖度计测定哈密瓜可溶性固形物含量,重复测定 3 次。

### 7) 可滴定酸含量

参考曹建康[23]的氢氧化钠滴定法,取 10 g 匀浆用蒸馏水定容至 100 mL,真空抽滤收集滤液,用已标定的 NaOH 溶液滴定,以苹果酸的折算系数计算。

### 8) 粗纤维含量

粗纤维含量测定参照 GB/T 5009.10-2003 中重量法[24]。

### 9) 过氧化物酶活性

参考曹建康的过氧化物酶活性测定方法[23]。

### 10) 感官评价

参照于晓霞[25]等人的鲜切哈密瓜的感官要求,并根据鲜切哈密瓜热处理后可能会出现现象,对感官指标略作了修改。感官品质采用五十分制评定哈密瓜感官品质(见表 1),感官评分低于 25 分则认为失去商品价值。

## 2.6. 实验数据处理

采用 DPS V3.01 进行显著性分析,采用 origin8.5 软件绘制图表。

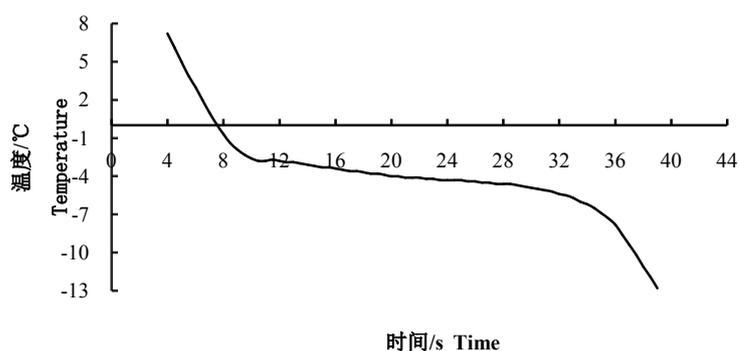
## 3. 结果与讨论

### 3.1. 哈密瓜冻结曲线的测定

从图 1 可以看出,将鲜切哈密瓜置于  $-40^\circ\text{C}$  冰箱后,哈密瓜组织温度下降非常迅速,在过冷点之前果实温度随时间呈良好的线性下降趋势。当温度降低到某一温度时,突然出现一个小幅迅速上升,持续短后果实温度再次缓慢下降,这个持续过程点温度即为果实的冻结点温度[26]。通过实验研究得到 3 个

**Table 1.** Sensory and quality evaluation of fresh-cut cantaloupe**表 1.** 鲜切哈密瓜感官评定标准

感官指标	项目得分				
	10	7.0	5.0	3.0	1.0
色泽(10)	切面色泽鲜艳, 无病菌斑	切面色泽微暗淡, 无病菌斑	切面色泽一般, 无明显病菌	切面色泽暗淡, 肉眼可见病菌斑	切面色泽差, 病菌斑较多
气味(10)	香甜	香甜味略淡	丧失香气	略微有发酵酸腐味	发酵酸腐味浓烈
质地(10)	新鲜、脆	脆度较好	脆度下降	触摸有腻滑感	完全不可食用
熟化感(10)	无熟化感、正常瓜色	轻微熟化, 熟化面积约为 5%以内	部分熟化, 熟化面积约为 6%~20%	熟化较严重熟化面积约为 21%~50%	熟化严重熟化面积在 50%以上
表面湿度(10)	湿润	较湿润	出现干膜	干膜、皱缩	完全皱缩

**Figure 1.** Frozen curves of fresh-cut cantaloupe**图 1.** 鲜切哈密瓜冻结曲线

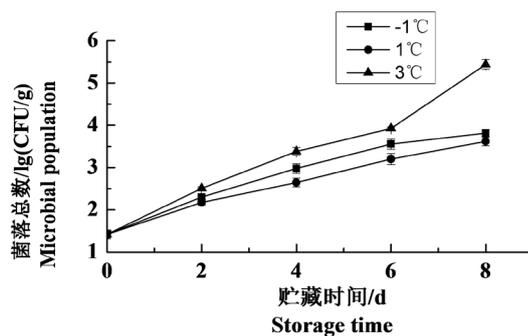
批次中鲜切哈密瓜含水率在 91.21%~92.53%之间, 可溶性固形物含量在 8.8%~9.1%之间, 并测得其鲜切哈密瓜临界冻结点温度范围是-2.3℃~-2.8℃。

### 3.2. 贮藏温度对鲜切哈密瓜菌落总数的影响

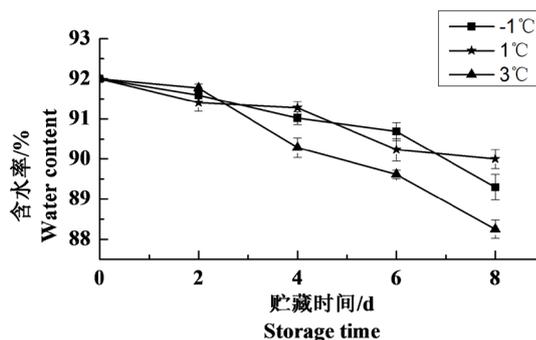
如图 2 所示, 鲜切哈密瓜菌落总数在贮藏期间随着时间的延长而增加, 贮藏过程中 3℃处理组鲜切哈密瓜菌落总数最高, 增长速率最快, 第 8 d 时该组鲜切哈密瓜的菌落总数达 5.44 lg(CFU/g), 相比于 1℃鲜切哈密瓜菌落总数高 1.82 lg(CFU/g)。-1℃和 1℃处理组鲜切哈密瓜菌落总数相近, 在贮藏到 8 d 时-1℃和 1℃鲜切哈密瓜菌落总数分别为 3.81 lg(CFU/g)和 3.62 lg(CFU/g), -1℃和 1℃贮藏组相较于 3℃贮藏组对抑制鲜切哈密瓜菌落总数的增长具有显著性( $p < 0.05$ )效果。

### 3.3. 贮藏温度对鲜切哈密瓜含水率的影响

研究认为, 失水萎缩不仅破坏了鲜切水果的感官品质, 也与鲜切水果内在的生理代谢如呼吸速率、乙烯生成以及膜结构等密切相关[27] [28]。含水率是影响鲜切水果商品价值的一个重要因素, 鲜切哈密瓜失水程度以及腐败程度与含水率密切相关。由图 3 可知, 鲜切哈密瓜含水率在贮藏期间都逐渐下降, 贮藏到第 8 d 时-1℃处理组鲜切哈密瓜含水率为 89.31%, 1℃处理组为 90.70%, -1℃、1℃处理组鲜切哈密瓜含水率分别下降了 2.93%和 1.41%, 3℃处理组在贮藏至 2 d 后含水率下降速率加快, 第 8 d 时其含水率为 88.25%, 鲜切哈密瓜含水率下降了 4.07%, 这可能与微生物数量急剧增长, 消耗了大量营养物质, 使哈密瓜细胞空间结构遭到破坏, 导致汁液流失含水率下降有关。



**Figure 2.** Effect of storage temperature on microbial population of fresh-cut cantaloupe  
**图 2.** 贮藏温度对鲜切哈密瓜菌落总数的影响



**Figure 3.** Effect of storage temperature on moisture content of fresh-cut cantaloupe  
**图 3.** 贮藏温度对鲜切哈密瓜含水率的影响

### 3.4. 贮藏温度对鲜切哈密瓜硬度的影响

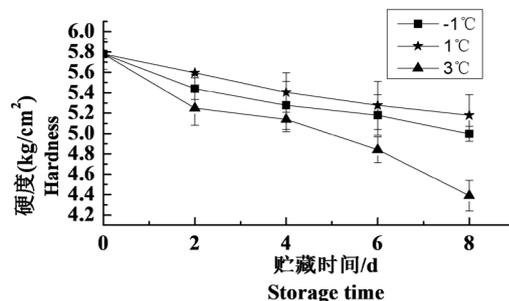
硬度是体现哈密瓜口感和新鲜程度的重要指标之一。由图 4 可知, 鲜切哈密瓜果肉硬度在贮藏期间总体呈现下降趋势。贮藏到第 8 d 时,  $-1^{\circ}\text{C}$ 、 $1^{\circ}\text{C}$  组鲜切哈密瓜硬度分别下降至  $5.00\text{ kg/cm}^2$ 、 $5.18\text{ kg/cm}^2$ , 比初始值分别下降了 13.50% 和 10.38%,  $3^{\circ}\text{C}$  组鲜切哈密瓜硬度急剧下降至  $4.39\text{ kg/cm}^2$ , 比初始值下降了 24.05%, 相较于  $3^{\circ}\text{C}$  贮藏组,  $-1^{\circ}\text{C}$ 、 $1^{\circ}\text{C}$  贮藏组鲜切哈密瓜硬度维持较好 ( $p < 0.01$ )。  $3^{\circ}\text{C}$  贮藏组在贮藏后期硬度急剧下降, 可能是由于贮藏过程中微生物数量急剧增长, 消耗了大量营养物质, 使部分淀粉转化为可溶性糖, 原果胶和果胶都转化为果胶酸, 使哈密瓜细胞空间结构遭到破坏, 失水率增加, 致使瓜体表面软化, 硬度下降。

### 3.5. 贮藏温度对鲜切哈密瓜色泽的影响

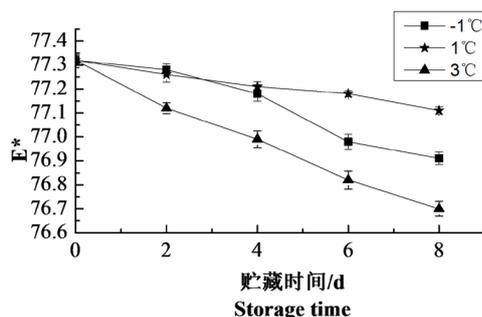
色泽是果蔬的品质特征之一, 是感官评价鲜切哈密瓜质量的重要因素, 能反映鲜切哈密瓜的新鲜度, 同时良好的色泽也能在一定程度上促进消费[29]。总色差( $\Delta E^*$ )可衡量果蔬色差水平, 分为 6 个等级,  $\Delta E^*$  值越低说明色差越小, 品质越好。如图 3~图 5 所示, 贮藏过程中, 鲜切哈密瓜逐渐失去了原有的色泽,  $\Delta E^*$  值均呈现下降趋势, 贮藏到第 8 d 时,  $-1^{\circ}\text{C}$  组  $\Delta E^*$  值为 0.41, 为  $\Delta E^*$  值微小等级, 可接受的匹配  $1^{\circ}\text{C}$  组  $\Delta E^*$  值为 0.21, 色泽变化非常小或没有,  $3^{\circ}\text{C}$  组  $\Delta E^*$  值变化最大,  $\Delta E^*$  值为 0.62, 微小到中等等级, 且  $\Delta E^*$  值始终明显高于其他 2 组, 鲜切哈密瓜色泽变化差异达到显著 ( $p < 0.05$ ) 水平。

### 3.6. 贮藏温度对鲜切哈密瓜可溶性固形物含量的影响

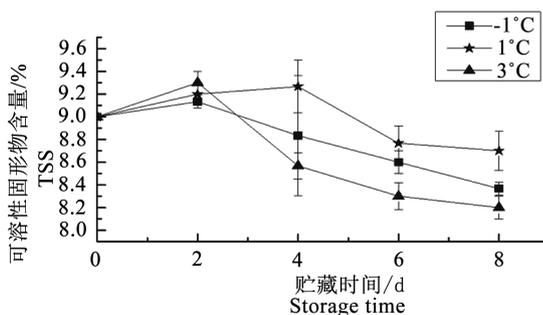
可溶性固形物含量与果实的风味、口感、营养和成熟度有着密切的关系[30]。由图 6 可知, 随着贮



**Figure 4.** Effect of storage temperature on hardness of fresh-cut cantaloupe  
**图 4.** 贮藏温度对鲜切哈密瓜硬度的影响



**Figure 5.** Effects of different storage temperatures on the color of fresh cut cantaloupe  
**图 5.** 贮藏温度对鲜切哈密瓜色泽的影响



**Figure 6.** Effect of storage temperature on soluble solids content in fresh-cut cantaloupe  
**图 6.** 贮藏温度对鲜切哈密瓜可溶性固形物含量的影响

期的延长, 鲜切哈密瓜中的可溶性固形物(TSS)含量均呈先短暂上升, 后持续下降趋势。贮藏在一1°C和3°C的鲜切哈密瓜在第2 d出现峰值, 峰值分别为9.1%和9.3%, 之后逐渐下降, 1°C贮藏的鲜切哈密瓜在第4 d时TSS才开始下降, 且贮藏到第8 d时, 1°C贮藏的鲜切哈密瓜的TSS含量比3°C贮藏组高6.1%, 达到极显著( $p < 0.01$ )差异。

### 3.7. 贮藏温度对鲜切哈密瓜可滴定酸含量的影响

水果中有机酸的含量对水果的口感、风味、耐贮性等都具有重要的影响, 哈密瓜中主要的酸为柠檬酸。随着贮藏时间的延长, 鲜切哈密瓜中的可滴定酸(TA)含量逐渐下降(图7)。3°C下贮藏的鲜切哈密瓜TA含量下降速率最快, 在第8 d时, -1°C、1°C、3°C组鲜切哈密瓜TA含量分别下降78.0%、71.0%、85.0%, 1°C下贮藏的哈密瓜TA含量最高, 达到显著性( $p < 0.05$ )差异。同时, 表明1°C贮藏能有效抑制有机酸作为鲜切哈密瓜组织代谢呼吸基质之一和微生物代谢的消耗, 从而延缓有机酸含量的下降。

### 3.8. 贮藏温度对鲜切哈密瓜粗纤维含量的影响

粗纤维是植物细胞壁的主要组成成分,包括纤维素、半纤维素、木质素及角质等成分。有研究表明随着贮藏时间的延长,芹菜中的纤维素含量逐渐增加[31],另外,贮藏过程中水分的损耗也会导致粗纤维含量的变化[17]。从图 8 可以看出,贮藏过程中鲜切哈密瓜粗纤维含量呈上升趋势, $-1^{\circ}\text{C}$ 组鲜切哈密瓜中的粗纤维含量最高,在第 8 d 达 0.42%,比第 0 d 鲜切哈密瓜中的粗纤维含量升高 74.86%, $1^{\circ}\text{C}$ 和 $3^{\circ}\text{C}$ 组鲜切哈密瓜中的粗纤维含量在第 8 d 时分别为 0.30%、0.36%,粗纤维含量分别升高了 63.74%、69.16%,影响达到极显著( $p < 0.01$ )水平,鲜切哈密瓜粗纤维含量增长可能与哈密瓜细胞壁木质化有关。。同时,研究说明鲜切哈密瓜在贮藏温度( $-1^{\circ}\text{C}$ )下会在一定程度上加速鲜切哈密瓜的木质化进程,进而影响鲜切哈密瓜的感官品质。

### 3.9. 贮藏温度对鲜切哈密瓜过氧化物酶活性的影响

POD 是细胞内清除活性氧的保护酶之一,在果实受到外界刺激、病原菌侵染、贮藏环境变化等作用时,果蔬组织中 POD 都会做出相应的应答反应[32]。随着贮藏时间的延长,鲜切哈密瓜果实的 POD 活性随贮藏时间的而下降,这可能是鲜切哈密瓜对外界刺激、低温伤害和微生物侵染的抵御反应,表明 POD 在环境胁迫下起到保护作用。如图 9 所示,在贮藏 8 d 时, $-1^{\circ}\text{C}$ 、 $1^{\circ}\text{C}$ 和 $3^{\circ}\text{C}$ 贮藏的果实 POD 活性分别为 2.37 OD470/min·g、2.41 OD470/min·g 和 2.11 OD470/min·g, $-1^{\circ}\text{C}$ 和 $1^{\circ}\text{C}$ 贮藏温度下 POD 活性下降速率较为缓慢,基本上维持在 3.54 OD470/min·g~2.37 OD470/min·g,两者相差不大,但 $3^{\circ}\text{C}$ 贮藏组鲜切哈密瓜的 POD 活性下降速率较快,这可能与 $3^{\circ}\text{C}$ 贮藏下鲜切哈密瓜果实内 $\text{H}_2\text{O}_2$ 及超氧自由基生成较多有关,从而加快了 POD 酶活性的下降,加速果实的衰老变质。

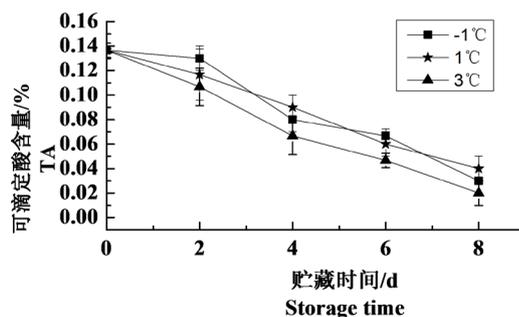


Figure 7. Effect of storage temperature on titratable acid content in fresh-cut cantaloupe  
图 7. 贮藏温度对鲜切哈密瓜可滴定酸含量的影响

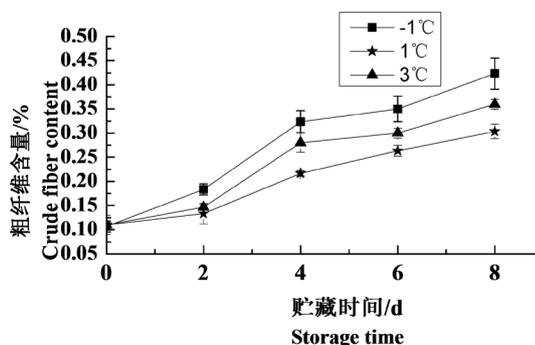


Figure 8. Effect of storage temperature on crude fiber content in fresh-cut cantaloupe  
图 8. 贮藏温度对鲜切哈密瓜粗纤维含量的影响

### 3.10. 贮藏温度对鲜切哈密瓜感官品质的影响

如图 10 所示,随着贮藏温度的升高,鲜切哈密瓜的感官品质则下降,3℃贮藏组鲜切哈密瓜感官评分下降迅速,在第 8 d 时,鲜切哈密瓜切面出现色泽暗淡、甜味变淡、有轻微熟化感;而-1℃下贮藏的鲜切哈密瓜有明显的木质化,表面干燥,口感较差;1℃下贮藏的鲜切哈密瓜仍然新鲜香甜、切面色泽鲜艳、无熟化感,保持较好的商品价值,贮藏温度对鲜切哈密瓜感官品质的影响差异显著( $p < 0.05$ )。

### 3.11. 模拟冷柜销售温度( $4 \pm 0.5$ )℃过程中鲜切哈密瓜菌落总数的变化情况

法国规定鲜切果蔬保持良好品质的微生物标准菌落总数为  $\leq 10^6$  CFU/g,否则失去商品价值[18]。贮藏到第 8 d 时,将 3 个不同温度下贮藏的样品转移至模拟冷柜销售温度( $4 \pm 0.5$ )℃的冷库中贮藏(如表 2 所示),在贮藏到第 1 d,3℃贮藏组的鲜切哈密瓜菌落总数急剧增加到 6.2 lg(CFU/g),即已失去商品价值;

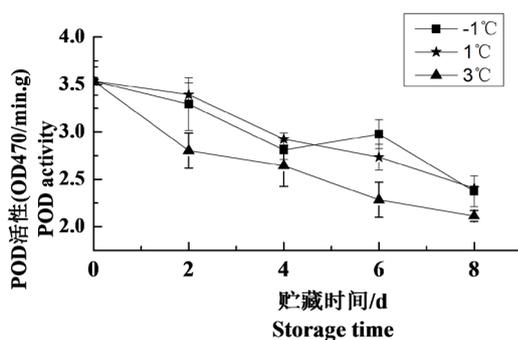


Figure 9. Effect of storage temperature on the activity of peroxidase in fresh cut cantaloupe  
图 9. 贮藏温度对鲜切哈密瓜过氧化物酶活性的影响

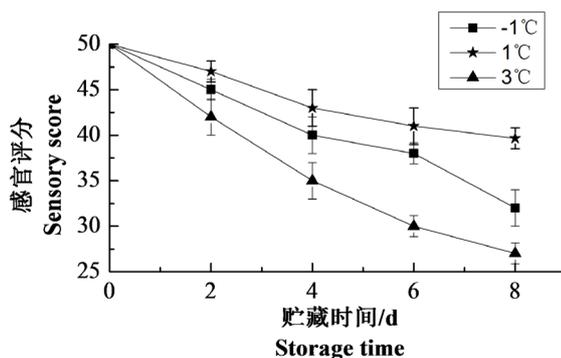


Figure 10. Effects of different storage temperatures on sensory quality of fresh-cut cantaloupe  
图 10. 贮藏温度对鲜切哈密瓜感官品质的影响

Table 2. The changes of microbial population of fresh-cut cantaloupe in 4℃

表 2. 4℃过程中鲜切哈密瓜菌落总数的变化情况, 单位: lg(CFU/g)

温度时间/d	1	2	3	4	5	6
-1℃→4℃	4.07 ± 0.1	4.42 ± 0.06	5.12 ± 0.07	6.40 ± 0.08	-	-
1℃→4℃	3.98 ± 0.1	4.22 ± 0.1	4.95 ± 0.02	5.28 ± 0.07	5.77 ± 0.11	6.11 ± 0.09
3℃→4℃	6.20 ± 0.12	-	-	-	-	-

注: 平均值 ± 标准差

第 4 d,  $-1^{\circ}\text{C}$  贮藏组的鲜切哈密瓜菌落总数达  $6.4 \lg(\text{CFU}/\text{g})$ ; 第 6 d,  $1^{\circ}\text{C}$  贮藏组的哈密瓜菌落总数达  $6.11 \lg(\text{CFU}/\text{g})$ 。因此,  $-1^{\circ}\text{C}$ 、 $1^{\circ}\text{C}$  贮藏组鲜切哈密瓜模拟冷柜销售温度转移至  $(4 \pm 0.5)^{\circ}\text{C}$  贮藏后, 其货架期分别约为 3 d 和 5 d。

#### 4. 结论

通过实验研究得到 3 个批次哈密瓜含水率为  $92.53\% \sim 91.21\%$ , 可溶性固形物含量为  $9.10\% \sim 8.80\%$ , 并测得其鲜切哈密瓜临界冻结点温度为  $-2.3^{\circ}\text{C} \sim -2.8^{\circ}\text{C}$ 。通过对  $-1^{\circ}\text{C}$ 、 $1^{\circ}\text{C}$ 、 $3^{\circ}\text{C}$  贮藏温度对鲜切哈密瓜贮藏品质影响研究发现,  $-1^{\circ}\text{C}$  和  $1^{\circ}\text{C}$  贮藏组相较于  $3^{\circ}\text{C}$  贮藏组能较好地抑制鲜切哈密瓜菌落总数增长, 延缓其含水率、硬度、可溶性固形物含量、POD 活性的降低, 同时  $1^{\circ}\text{C}$  贮藏组相较于  $-1^{\circ}\text{C}$  贮藏组能更好的保持鲜切哈密瓜色泽、可滴定酸含量和延缓鲜切哈密瓜粗纤维含量的增长, 贮藏到第 8 d 时,  $1^{\circ}\text{C}$  贮藏组贮藏的鲜切哈密瓜感官品质较  $-1^{\circ}\text{C}$ 、 $3^{\circ}\text{C}$  贮藏组保持较好的商品价值, 因此, 综合分析确定  $1^{\circ}\text{C}$  为鲜切哈密瓜的最佳贮藏温度。

同时,  $-1^{\circ}\text{C}$ 、 $1^{\circ}\text{C}$ 、 $3^{\circ}\text{C}$  下贮藏的鲜切哈密瓜转移至  $(4 \pm 0.5)^{\circ}\text{C}$  模拟冷柜销售温度贮藏后,  $3^{\circ}\text{C}$  贮藏组的鲜切哈密瓜 1 d 时菌落总数达  $6.2 \lg(\text{CFU}/\text{g})$ , 即已失去商品价值。 $-1^{\circ}\text{C}$ 、 $1^{\circ}\text{C}$  贮藏的鲜切哈密瓜货架期分别约为 3 d 和 5 d, 与  $-1^{\circ}\text{C}$  贮藏组相比,  $1^{\circ}\text{C}$  下贮藏更有利于保持鲜切哈密瓜的品质。

#### 致 谢

首先, 我应该对国家科学基金、给予转载和引用权的资料、图片、文献、研究思想和设想的所有者, 表示衷心的感谢; 其次, 我非常感谢我的导师, 在论文选题、设计、研究、撰写和修改过程中得到老师许多的指导, 最后, 感谢我亲爱的父母和实验室的伙伴们, 谢谢你们的关怀与陪伴。在此, 对帮助我的所有人给予我最诚挚的感谢与美好的祝愿。

#### 参考文献

- [1] 周麟. 鲜切水果如何盈利——访果酷网创始人贾冉[J]. 农产品市场周刊, 2013(36): 32-34.
- [2] 陈晨, 胡文忠, 姜爱丽, 等. 栅栏技术在鲜切果蔬中的应用研究进展[J]. 食品科学, 2013, 34(11): 338-343.
- [3] 果雅凝, 陆胜民, 谢晶, 等. 鲜切果蔬中的微生物及其控制[J]. 保鲜与加工, 2005, 5(6): 1-4.
- [4] 周任佳, 乔勇进, 王海宏, 等. 高能电子束辐照处理对鲜切哈密瓜品质及微生物控制效果的影响[J]. 保鲜与加工, 2011, 11(6): 27-30.
- [5] Ergönül, B. (2010) Survival Characteristics of Salmonella, Typhimurium and *Escherichia coli*, O157:H7 in Minimally Processed Lettuce during Storage at Different Temperatures. *Journal Für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit*, **6**, 339-342. <https://doi.org/10.1007/s00003-010-0646-3>
- [6] Abadias, M., Usall, J., Anguera, M., et al. (2008) Microbiological Quality of Fresh, Minimally-Processed Fruit and Vegetables and Sprouts from Retail Establishments. *International Journal of Food Microbiology*, **123**, 121-123. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2007.12.013>
- [7] Kim, J.S., Moreira, R. and Castellperez, E. (2010) Simulation of Pathogen Inactivation in Whole and Fresh-Cut Cantaloupe (*Cucumis melo*) Using Electron Beam Treatment. *Journal of Food Engineering*, **97**, 425-433. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.10.038>
- [8] Viswanathan, P. and Kaur, R. (2001) Prevalence and Growth of Pathogens on Salad Vegetables, Fruits and Sprouts. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, **203**, 205-213. [https://doi.org/10.1078/S1438-4639\(04\)70030-9](https://doi.org/10.1078/S1438-4639(04)70030-9)
- [9] Martín-Belloso, O. and Soliva-Fortuny, R. (2011) *Advances in Fresh-Cut Fruits and Vegetables Processing*. CRC Press, Boca Raton, FL, 63.
- [10] Felicio, M.D.S., Hald, T., Liebana, E., et al. (2015) Risk Ranking of Pathogens in Ready-to-Eat Unprocessed Foods of Non-Animal Origin (Fo NAO) in the EU: Initial Evaluation Using Outbreak Data (2007-2011). *International Journal of Food Microbiology*, **195**, 9-19. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.11.005>

- [11] Painter, J.A., Hoekstra, R.M., Ayers, T., *et al.* (2013) Attribution of Foodborne Illnesses, Hospitalizations, and Deaths to Food Commodities by Using Outbreak Data, United States, 1998-2008. *Emerging Infectious Diseases*, **19**, 407. <https://doi.org/10.3201/eid1903.111866>
- [12] Samos, B., Miller, F., Brandlo, T.R., *et al.* (2013) Fresh Fruits and Vegetables—An Overview on Applied Methodologies to Improve Its Quality and Safety. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, **20**, 1-15.
- [13] Gorny, J.R., Cifuentes, R.A., Hess-Pierce, B., *et al.* (2000) Quality Changes in Fresh-cut Pear Slices as Affected by Cultivar, Ripeness Stage, Fruit Size, and Storage Regime. *Journal of Food Science*, **65**, 541-544. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2000.tb16044.x>
- [14] Martinezromero, D., Valero, D., Serrano, M., *et al.* (2010) Exogenous Polyamines and Gibberellic Acid Effects on Peach (*Prunus persica* L.) Storability Improvement. *Journal of Food Science*, **65**, 288-294. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2000.tb15995.x>
- [15] 罗述博, 张超, 侯田莹, 等. 1-MCP 处理对鲜切哈密瓜贮藏品质的影响[J]. 保鲜与加工, 2011, 11(6): 23-26.
- [16] 张婷, 陈娟, 潘俨, 等. 不同贮藏温度对采后 86-1 哈密瓜果实冷害及品质的影响[J]. 食品工业科技, 2015, 36(3): 345-348.
- [17] 刘同业, 张婷, 车凤斌, 等. 不同贮藏温度下西州密 25 号哈密瓜果实冷害生理的研究[J]. 新疆农业科学, 2015, 52(1): 26-32.
- [18] 杜鹃, 杨军, 廖新福, 等. 不同贮藏温度对哈密瓜品质及腐烂率的影响[J]. 新疆农业科技, 2013(6): 31-33.
- [19] 罗云波. 果蔬采后生理与生物技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 2010.
- [20] 食品安全国家标准. GB 4789.2-2010. 食品微生物学检验菌落总数测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [21] 中华人民共和国卫生部. GB/T 5009.3-2010. 食品中水分的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [22] Zhou, R., Mo, Y., Li, Y., *et al.* (2008) Quality and Internal Characteristics of Huanghua Pears (*Pyrus pyrifolia*, Nakai, cv. Huanghua) Treated with Different Kinds of Coatings during Storage. *Postharvest Biology & Technology*, **49**, 171-179. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2007.12.004>
- [23] 曹建康, 姜微波, 赵玉梅. 果蔬采后生理生化实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 2007.
- [24] 中华人民共和国卫生部. GB/T 5009.10-2003. 植物类食品中粗纤维的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [25] 于晓霞, 李燕, 宋星, 等. 不同清洗液对鲜切哈密瓜品质的影响[J]. 食品工业科技, 2015, 36(4): 324-327.
- [26] 钟志友, 张敏, 杨乐, 等. 果蔬冰点与其生理生化指标关系的研究[J]. 食品工业科技, 2011, 32(2): 76-78.
- [27] 周任佳, 乔勇进, 王海宏, 等. 不同保鲜膜包装对鲜切哈密瓜品质的影响[J]. 华东师范大学学报(自然科学版), 2012(6): 131-138.
- [28] Ben-Yehoshua, S., Shapiro, B. and Lurie, S. (1983) Mode of Action of Plastic Film in Extending Life of Lemon and Bell Pepper Fruits by Alleviation of Water Stress. *Plant Physiology*, **73**, 87. <https://doi.org/10.1104/pp.73.1.87>
- [29] 曾媛媛, 周研, 谢晶, 王锡昌, 等. 羧甲基壳聚糖/海藻酸钠共混膜对哈密瓜保鲜效果的影响[J]. 食品与机械, 2016(4): 151-154.
- [30] 张烜. 水芹菜的硅窗袋保鲜研究[D]: [硕士学位论文]. 无锡: 江南大学, 2007.
- [31] 孔凡春. MAP 保鲜特色果蔬的研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中国农业大学, 2004.
- [32] Nguyen, C. and Cariin, F. (1994) The Microbiology of Minimally Processed Fresh Fruits and Vegetables. *Food Science and Nutrition*, **34**, 371-401.

**知网检索的两种方式：**

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2164-5507，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：[hjas@hanspub.org](mailto:hjas@hanspub.org)