

# 低温条件下不同品种桃果实的耐藏性差异研究

祝美云<sup>1</sup>, 党建磊<sup>1,2</sup>, 梁丽松<sup>2</sup>, 王贵禧<sup>2,\*</sup>

(1. 河南农业大学食品科学技术学院, 河南 郑州 450002;

2. 国家林业局林木培育实验室, 中国林业科学研究院林业研究所, 北京 100091)

**摘 要:** 研究 15 个品种桃果实在 0℃ 贮藏期和 20℃、3d 货架期下硬度、出汁率、电导率、乙烯释放量、果肉褐变指标的变化以及感官评价情况, 探讨不同品种桃果实在低温下以及货架期冷害表现的差异。结果表明: 在低温下贮藏, 不同品种桃果实硬度、出汁率、电导率变化差异较大; 油桃 75 号、金童 7 号、瑞蟠 4 号、京玉和华玉品种桃果实在贮藏期间果实果肉不褐变, 其他品种桃果实在 30d 以后都有不同程度的褐变, 绿化 9 号在贮藏初期就出现褐变现象; 20℃、3d 货架期后, 除油桃 75 号和金童 7 号, 其他品种桃果实都在不同时期出现了不同程度的硬度反弹现象; 不同品种桃果实出汁率和组织相对电导率出现峰值的时间不同, 出现乙烯释放高峰的时间也不同; 随着贮藏时间的延长果实褐变严重。由此可见, 不同品种桃果实对低温的敏感性不同, 在货架期冷害表现差异较大。油桃 75 号、金童 7 号对低温的敏感性最低; 大久保、瑞蟠 3 号、瑞蟠 4 号、晚 24 号、京玉、华玉、京艳和艳丰对低温较敏感; 大东、绿化 9 号、高峰、碧霞、中华寿桃对低温最敏感, 极易发生冷害。

**关键词:** 品种; 桃果实; 冷藏; 冷害; 货架期; 品质

## Storability Difference of Peach Varieties during Low-Temperature Storage

ZHU Mei-yun<sup>1</sup>, DANG Jian-lei<sup>1,2</sup>, LIANG Li-song<sup>2</sup>, WANG Gui-xi<sup>2,\*</sup>

(1. College of Food Science and Technology, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China;

2. Key Laboratory of Forest Silviculture of State Forestry Administration, Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

**Abstract:** In order to explore the injury status of peach varieties during low-temperature storage and shelf-life period, 15 peach varieties were analyzed for hardness, juice yield, relative conductivity, ethylene production, flesh color and sensory evaluation during 0℃ storage and 3 days of shelf-life period at 20℃. The results showed that hardness, juice yield, relative conductivity of different peach varieties revealed a significant change during low-temperature storage. The peak of ethylene production was observed at different time points. “Nectarine 75”, “Jintong 7”, “Ruipan 4”, “Jingyu” and “Huayu” peach fruits had no flesh browning; however, other varieties had various flesh browning after 30 days of storage. The flesh browning of “Lvhu 9” was observed at the beginning of storage, but the flesh browning of all other varieties became more obvious with the increase of storage time. After the shelf-life period at 20℃, the varieties except “nectarine 75” and “Jintong 7” revealed hardness change at different degrees or rebound at different storage periods. Meanwhile, the yield of juice and relative conductivity of different varieties were also different. In conclusion, different peach varieties have different sensitivity to low temperature. “Nectarine 75” and “Jintong 7” reveal the least sensitivity to low temperature among 15 peach varieties, but “Okubo”, “Ruipan 3”, “Ruipan 4”, “Wan 24”, “Jingyu”, “Huayu”, “Jingyan” and “Yanhong” varieties are sensitive to low temperature. “Dadong”, “Lvhu 9”, “Gaofeng”, “Bixia” and “Zhonghuashoutao” varieties reveal the most sensitive to low temperature and chilling injury.

**Key words:** varieties; peach fruits; cold storage; chilling injury; shelf-life; quality

中图分类号: S609.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2012)08-0289-07

桃(*Prunus persica*)营养丰富, 是人们喜爱的时令水果。但成熟季节集中, 收获时气温较高, 常温下很快

软烂, 影响市场销售和消费。低温贮藏虽可降低果实采后呼吸速率及内源乙烯的生成, 但由于桃对低温有较

收稿日期: 2011-04-10

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(31071834)

作者简介: 祝美云(1955—), 女, 副教授, 本科, 研究方向为果蔬贮藏与加工。E-mail: zmyfood@126.com

\* 通信作者: 王贵禧(1962—), 男, 研究员, 博士, 研究方向为果品采后生物学。E-mail: wanggx0114@126.com

强的敏感性, 易发生冷害, 果实出现不能正常软化、果肉褐变以及风味丧失等问题, 因此低温冷害成为影响桃果实贮藏保鲜的限制因素<sup>[1-3]</sup>。国内外减轻桃果实低温贮藏冷害的技术措施主要包括气调贮藏、间歇升温、延期入库等, 尽管研究报道很多<sup>[4-6]</sup>, 但是桃果实采后产业化贮藏的问题依然没有得到很好的解决。桃果实对低温的敏感性除与贮藏温度等环境因素有关外, 还与果实本身的遗传与生理特性有关。本实验室在前期研究中发现, 不同品种桃果实对低温的敏感性存在差异, 这种差异表现在褐变、软化等多个方面, 但是针对具体品种的低温生理特性则缺乏系统的研究。本研究从不同品种对低温敏感性的差异这一问题入手, 以北京平谷区 15 个主要品种的桃果实为实验材料, 研究不同品种桃果实在低温处理下的冷害症状差异, 找出贮藏效果较好的桃品种, 一方面指导生产发展耐贮藏品种, 另一方面为进一步研究桃冷害产生的生物学特性提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

#### 1.1.1 材料及处理

桃果实均采自北京市平谷区, 包括大久保、高峰、京玉、绿化 9 号、京艳、大东、华玉、艳丰、晚 24 号、中华寿桃、瑞蟠 3 号、瑞蟠 4 号、碧霞、油桃 75 号、金童 7 号 15 个主栽品种, 各品种按照当地传统的采收时间进行采收, 采收当天运至实验室, 选择大小均匀、无伤害、无畸形、成熟一致的果实进行相关处理。

#### 1.1.2 仪器与设备

TA-XT2i 质构仪 英国 SMS 公司; DDSJ-308 型电导率仪 上海雷磁仪器厂; SP-2100A 气相色谱仪 北京北分瑞利仪器有限公司; 3-18K 高速冷冻离心机 德国 Sigma 公司。

### 1.2 实验处理

果实采后在 0℃冷库中进行预冷处理, 将温度计针刺入桃果肉中, 随时观察果实内部温度变化, 当果肉中心温度达到 0℃时, 将每 60 个果实装入一个厚约 0.045mm 的聚乙烯袋中, 折口, 在 0℃库中进行贮藏。

每 10d 取鲜样进行检测, 并在 20℃恒温箱中货架期放置 3d 后进行各个指标的检测。每次处理做 3 个重复, 实验数据为 3 次重复的平均值。

### 1.3 指标检测

#### 1.3.1 褐变指数

观测果实横切面的褐变面积, 褐变程度以褐变指数表示。0 级: 无褐变; 1 级: 褐变面积(0~1/4); 2 级: 褐变面积(1/4~1/2); 3 级: 褐变面积(1/2~3/4); 4 级: 褐变面积(3/4~1), 褐变指数按式(1)计算。

$$\text{褐变指数}\% = \frac{\text{褐变级数} \times \text{该级别果实个数}}{4 \times \text{果实总个数}} \times 100 \quad (1)$$

#### 1.3.2 感官评价

按照表 1 所示评定标准进行打分评定, 每次评定由 10~15 名经过训练的专业人员打分, 并取其得分平均值。

#### 1.3.3 硬度

质构仪采用 D5mm 圆柱探头, 桃果实去皮后进行穿刺测定, 测前速度: 2mm/s; 贯入速度: 1mm/s; 穿刺深度: 10mm; 最小感知力: 10g。采用整果穿刺法, 每个品种取 9 个果实, 单果自果实赤道处十字交叉取 4 个点, 用削皮刀均匀去皮进行测定。

#### 1.3.4 出汁率

参照 Buescher 等<sup>[7]</sup>的方法。用直径 10mm 打孔器分别从 9 个果实上各取 1 片厚约 3mm 的果肉圆片, 装入垫有吸水纸的离心管中, 3500r/min 离心 10min, 以果肉圆片离心后的质量损失率作为出汁率。

#### 1.3.5 组织相对电导率

采用 Wang 等<sup>[8]</sup>的方法。用直径 10mm 打孔器从 9 个桃果实中采集圆柱状果肉, 切成厚度为 1mm 的组织圆片后, 从每个果实中取 1 片圆片置于布氏漏斗上, 分 2 次用 50mL 去离子水淋洗, 用吸水纸吸干; 装入盛有 40mL 去离子水的小烧杯中, 25℃保温 3h 后, 用电导率仪测定电导度  $C_1$ , 然后加热煮沸 10min 并冷却至 25℃, 测定电导度  $C_0$ 。组织相对电导率按式(2)计算。

$$\text{组织相对电导率}\% = \frac{C_1}{C_0} \times 100 \quad (2)$$

表 1 感官评定标准

Table 1 Sensory evaluation standards

评定指标	相关感官描述		
外观	果皮外观无褐变(20~30分)	果皮外观有轻微褐变(10~19分)	果皮外观褐变严重(0~9分)
质地	果肉无絮败(20~30分)	果肉有轻微絮败(10~19分)	果肉絮败严重(0~9分)
风味	有浓郁的桃特有风味(25~40分)	桃风味较淡, 无异味(10~24分)	桃特有风味丧失、有异味(0~9分)
综合评价	喜欢	较喜欢	不喜欢

式中： $C_1$ 为煮沸处理前果肉电导率/(S/cm)； $C_0$ 为煮沸处理后果肉电导率/(S/cm)。

### 1.3.6 乙烯释放浓度

用气相色谱仪测定。气相条件：氢火焰离子化检测器(FID)，KB-PLOTQ毛细管柱(30m×0.53mm，40μm)，转化炉温度为100℃， $N_2$ 为载气， $H_2$ 为燃气，空气为助燃气， $N_2$ 、 $H_2$ 的流速为30mL/min，空气流量为300mL/min，进样口温度50℃，检测器温度100℃。

取3个果称量后置于6.14L真空干燥器中，设3组重复，于20℃密闭2h后，用注射器取样气，抽取1mL样气用气相色谱测定乙烯释放量，重复3次。

$$\text{乙烯释放量}/(\mu\text{L}/(\text{kg}\cdot\text{h})) = \frac{V_1 \times (6.14 - V_2)}{2 \times m \times 1000}$$

式中： $V_1$ 为测量的乙烯体积/L； $V_2$ 为桃果实的体积/L； $m$ 为桃果实的质量/kg。

### 1.4 数据差异性分析

本实验数据用SPSS软件进行统计处理，采用ANOVA进行邓肯氏多重差异分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同品种桃果实的感官评价

表2反映了不同品种桃果实在0℃条件下贮藏至30d和60d时的感官评价结果。贮藏30d时，大久保、京玉、绿化9号、京艳、华玉、艳丰、晚24号、瑞蟠3号、瑞蟠4号、碧霞、油桃75号和金童7号可以保持很好的外观，果皮基本不褐变；大久保、京玉、绿化9号、京艳、大东、华玉、艳丰、晚24号、瑞蟠3号、油桃75号和金童7号保持了很好的质地；大久保、京艳、华玉、艳丰、晚24号、瑞蟠3号、油桃

75号和金童7号保持了较好的桃风味。综合评价得出：低温贮藏30d时不同品种桃果实中，大久保、京艳、华玉、艳丰、晚24号、瑞蟠3号、油桃75号和金童7号最好，果皮无褐变，果肉无絮败失水现象，并且桃味浓郁；贮藏60d时，大久保、晚24号、瑞蟠3号和油桃75号可以保持很好的外观；油桃75号可以保持很好的质地和风味，贮藏60d后只有油桃75号得到了较好的感官评价结果。

表2 感官评定结果  
Table 2 Sensory evaluation results

品种	贮藏30d					贮藏60d				
	外观	质地	风味	总分	感官评价	外观	质地	风味	总分	感官评价
大久保	28	28	35	91	喜欢	25	20	25	70	较喜欢
京玉	26	28	27	81	较喜欢	18	15	22	55	不喜欢
华玉	30	30	40	100	喜欢	15	14	20	49	不喜欢
高峰	20	10	20	50	不喜欢	15	5	24	44	不喜欢
绿化9号	26	25	30	81	较喜欢	18	18	20	56	不喜欢
京艳	30	30	38	98	喜欢	22	20	28	70	较喜欢
大东	22	26	28	76	不喜欢	15	16	10	41	不喜欢
艳丰	30	30	38	98	较喜欢	24	16	20	60	较喜欢
晚24号	28	28	35	91	喜欢	25	22	25	72	较喜欢
中华寿桃	25	15	20	60	不喜欢	12	5	15	32	不喜欢
瑞蟠3号	25	28	38	91	较喜欢	28	18	25	71	较喜欢
瑞蟠4号	25	20	30	75	喜欢	24	24	20	68	较喜欢
碧霞	27	24	31	82	不喜欢	18	20	18	56	不喜欢
油桃75号	30	30	38	98	喜欢	30	30	38	98	喜欢
金童7号	28	30	40	98	较喜欢	20	22	30	72	较喜欢

### 2.2 不同品种桃果实的果实硬度

表3反映了不同品种桃果实在0℃贮藏期以及20℃、3d货架期条件下果实硬度的变化情况。桃果实硬度变化是反映低温冷害的重要指标，对软溶质桃而言理想的状态是在贮藏期间保持一定的硬度，并且在出库后的货架

表3 不同品种桃果实在低温贮藏以及货架期期间的果肉硬度( $\bar{x} \pm s$ ,  $n=3$ )

Table 3 Hardness of different peach varieties ( $\bar{x} \pm s$ ,  $n=3$ )

kg/cm<sup>2</sup>

品种	贮藏时间/d						货架期/d					
	10	20	30	40	50	60	10+3	20+3	30+3	40+3	50+3	60+3
大久保	22.56±1.12 <sup>ef</sup>	22.08±1.38 <sup>de</sup>	19.68±3.36 <sup>ef</sup>	19.68±2.56 <sup>d</sup>	20±4.64 <sup>de</sup>	—	2.72±0.16 <sup>i</sup>	3.36±0.8 <sup>g</sup>	2.72±0.32 <sup>g</sup>	8.32±8 <sup>ef</sup>	13.44±3.36 <sup>e</sup>	—
瑞蟠3号	26.88±4.8 <sup>bcd</sup>	29.76±1.86 <sup>b</sup>	28.16±1.44 <sup>b</sup>	29.76±0.96 <sup>b</sup>	21.44±3.52 <sup>bcd</sup>	21.92±3.36 <sup>bc</sup>	13.12±1.28 <sup>d</sup>	19.36±2.4 <sup>e</sup>	22.4±3.52 <sup>g</sup>	22.56±3.36 <sup>e</sup>	23.36±2.4 <sup>b</sup>	—
油桃75号	30.56±0.80 <sup>a</sup>	27.2±1.7 <sup>b</sup>	25.44±1.12 <sup>bc</sup>	22.08±3.84 <sup>cd</sup>	23.2±3.84 <sup>bc</sup>	22.56±2.08 <sup>bc</sup>	23.2±2.24 <sup>e</sup>	21.76±3.84 <sup>abc</sup>	18.08±1.12 <sup>c</sup>	14.24±0.8 <sup>cd</sup>	15.84±1.44 <sup>de</sup>	13.76±0.64 <sup>c</sup>
金童7号	16.96±0.64 <sup>b</sup>	20.96±1.31 <sup>def</sup>	22.56±0.96 <sup>cde</sup>	16.48±2.24 <sup>e</sup>	14.08±0.64 <sup>f</sup>	—	14.72±0.64 <sup>cd</sup>	14.56±3.36 <sup>d</sup>	14.56±0.64 <sup>de</sup>	10.24±1.28 <sup>de</sup>	13.12±1.92 <sup>e</sup>	—
高峰	24.32±3.36 <sup>de</sup>	26.72±1.67 <sup>bc</sup>	21.76±1.6 <sup>de</sup>	22.56±1.44 <sup>cd</sup>	23.84±1.28 <sup>b</sup>	—	21.44±1.44 <sup>b</sup>	20.64±1.12 <sup>bc</sup>	22.88±0.96 <sup>a</sup>	20.32±1.6 <sup>ab</sup>	—	—
瑞蟠4号	28.96±0.96 <sup>ab</sup>	35.84±2.24 <sup>a</sup>	32.96±3.2 <sup>a</sup>	33.12±1.76 <sup>a</sup>	27.84±0.8 <sup>a</sup>	27.36±1.92 <sup>a</sup>	5.44±0.64 <sup>b</sup>	24±1.12 <sup>a</sup>	22.72±1.92 <sup>a</sup>	22.88±2.56 <sup>a</sup>	27.36±2.24 <sup>a</sup>	25.6±2.56 <sup>a</sup>
京玉	23.68±3.68 <sup>def</sup>	22.4±1.4 <sup>de</sup>	16.8±6.56 <sup>ab</sup>	16.8±0.32 <sup>e</sup>	11.2±1.6 <sup>fg</sup>	17.12±3.68 <sup>a</sup>	10.24±1.12 <sup>ef</sup>	13.76±0.96 <sup>d</sup>	10.88±1.28 <sup>f</sup>	9.92±1.28 <sup>h</sup>	17.44±0.64 <sup>cd</sup>	—
绿化9号	8.64±1.6 <sup>i</sup>	14.56±0.91 <sup>g</sup>	16±1.92 <sup>b</sup>	10.08±0.96 <sup>f</sup>	10.24±1.28 <sup>g</sup>	9.12±0.64 <sup>f</sup>	2.72±0.16 <sup>i</sup>	2.88±0.16 <sup>e</sup>	4.8±1.28 <sup>g</sup>	4.8±0.8 <sup>f</sup>	7.04±2.08 <sup>f</sup>	—
京艳	20.96±2.24 <sup>fg</sup>	22.56±1.41 <sup>de</sup>	21.28±0.96 <sup>def</sup>	20.64±2.56 <sup>d</sup>	19.52±0.96 <sup>de</sup>	20.48±2.24 <sup>e</sup>	5.12±0.64 <sup>b</sup>	4±0.16 <sup>g</sup>	16.8±5.92 <sup>d</sup>	16.64±1.6 <sup>bc</sup>	15.04±0.32 <sup>de</sup>	16±0.64 <sup>b</sup>
大东	19.52±1.28 <sup>ab</sup>	18.72±1.17 <sup>f</sup>	18.08±1.44 <sup>fab</sup>	16.8±0.48 <sup>e</sup>	17.28±1.44 <sup>e</sup>	—	11.68±1.44 <sup>e</sup>	12.64±2.56 <sup>de</sup>	10.4±0.32 <sup>f</sup>	10.56±2.88 <sup>de</sup>	7.52±6.88 <sup>f</sup>	—
华玉	22.72±3.36 <sup>ef</sup>	19.68±1.23 <sup>ef</sup>	22.08±1.28 <sup>cde</sup>	15.36±3.36 <sup>e</sup>	20.8±0.64 <sup>cd</sup>	—	7.04±0.8 <sup>g</sup>	8.32±1.76 <sup>f</sup>	12.16±2.24 <sup>ef</sup>	9.76±0.64 <sup>e</sup>	—	—
碧霞	25.44±0.96 <sup>cde</sup>	22.56±1.41 <sup>de</sup>	22.24±2.56 <sup>cde</sup>	20.96±1.92 <sup>d</sup>	23.68±0.48 <sup>b</sup>	22.88±1.28 <sup>bc</sup>	8.8±0.48 <sup>f</sup>	22.88±1.28 <sup>ab</sup>	18.24±0.8 <sup>bc</sup>	24±2.24 <sup>a</sup>	28.32±2.88 <sup>a</sup>	—
中华寿桃	11.36±1.44 <sup>i</sup>	13.76±0.86 <sup>g</sup>	9.12±0.32 <sup>i</sup>	12.32±1.44 <sup>f</sup>	12.48±1.92 <sup>fg</sup>	12±0.64 <sup>e</sup>	10.4±0.32 <sup>ef</sup>	11.2±1.12 <sup>e</sup>	10.72±2.08 <sup>f</sup>	9.92±8.32 <sup>e</sup>	—	—
艳丰	28.32±0.64 <sup>abc</sup>	24±1.5 <sup>cd</sup>	23.68±0.8 <sup>cd</sup>	24.16±2.08 <sup>c</sup>	24±0.8 <sup>b</sup>	24.16±1.6 <sup>b</sup>	15.2±2.24 <sup>e</sup>	19.2±2.08 <sup>e</sup>	21.28±1.76 <sup>ab</sup>	21.12±2.88 <sup>e</sup>	14.08±5.12 <sup>e</sup>	—
晚24号	24±1.28 <sup>def</sup>	19.84±1.24 <sup>ef</sup>	22.56±2.08 <sup>cde</sup>	24.28±1.12 <sup>cd</sup>	19.52±1.76 <sup>de</sup>	—	20.32±1.6 <sup>b</sup>	19.52±2.4 <sup>e</sup>	19.04±3.36 <sup>bc</sup>	21.6±2.72 <sup>a</sup>	—	—

注：—，果实已经腐烂；货架期为0℃贮藏相应时间后，再于20℃贮藏3d；小写字母不同表示差异显著( $P<0.05$ )。下同。

表4 不同品种桃果实在低温贮藏以及货架期期间的果肉出汁率( $\bar{x} \pm s$ ,  $n=3$ )Table 4 Juice yield of different peach varieties ( $\bar{x} \pm s$ ,  $n=3$ )

品种	贮藏时间/d						货架期/d						%
	10	20	30	40	50	60	10+3	20+3	30+3	40+3	50+3	60+3	
大久保	9.44 ± 0.49 <sup>g</sup>	9.59 ± 0.30 <sup>fg</sup>	8.66 ± 0.10 <sup>f</sup>	12.84 ± 0.08 <sup>de</sup>	12.24 ± 0.16 <sup>ef</sup>	—	30.51 ± 4.92 <sup>b</sup>	36.78 ± 4.63 <sup>a</sup>	30.21 ± 2.48 <sup>a</sup>	30.47 ± 1.38 <sup>b</sup>	26.36 ± 1.60 <sup>c</sup>	—	
瑞蟠3号	9.25 ± 2.41 <sup>e</sup>	7.15 ± 1.20 <sup>e</sup>	8.86 ± 0.29 <sup>f</sup>	13.99 ± 1.14 <sup>cd</sup>	16.00 ± 1.35 <sup>c</sup>	22.72 ± 0.98 <sup>a</sup>	31.60 ± 1.26 <sup>b</sup>	15.08 ± 1.70 <sup>de</sup>	19.52 ± 0.71 <sup>d</sup>	32.34 ± 1.00 <sup>a</sup>	29.67 ± 0.77 <sup>b</sup>	—	
油75号	10.9 ± 1.27 <sup>def</sup>	9.08 ± 0.41 <sup>gh</sup>	11.55 ± 0.62 <sup>cde</sup>	6.90 ± 0.34 <sup>e</sup>	12.80 ± 1.10 <sup>ef</sup>	7.39 ± 1.01 <sup>e</sup>	9.02 ± 0.20 <sup>k</sup>	7.76 ± 0.51 <sup>i</sup>	9.93 ± 1.07 <sup>f</sup>	12.25 ± 0.85 <sup>e</sup>	10.23 ± 1.07 <sup>e</sup>	12.73 ± 0.70 <sup>b</sup>	
金童7号	13.13 ± 1.22 <sup>bc</sup>	11.96 ± 0.77 <sup>c</sup>	13.25 ± 0.51 <sup>abc</sup>	14.44 ± 0.70 <sup>c</sup>	18.97 ± 1.98 <sup>b</sup>	—	11.06 ± 0.25 <sup>jk</sup>	13.36 ± 0.47 <sup>ab</sup>	15.67 ± 1.06 <sup>e</sup>	30.36 ± 0.75 <sup>b</sup>	26.25 ± 1.34 <sup>c</sup>	—	
高峰	9.56 ± 0.23 <sup>fg</sup>	13.19 ± 0.62 <sup>b</sup>	13.75 ± 0.63 <sup>ab</sup>	12.02 ± 0.27 <sup>e</sup>	11.28 ± 0.83 <sup>fg</sup>	—	20.40 ± 1.29 <sup>ef</sup>	18.28 ± 0.27 <sup>ef</sup>	20.49 ± 1.68 <sup>cd</sup>	20.38 ± 1.66 <sup>d</sup>	—	—	
瑞蟠4号	6.70 ± 0.14 <sup>b</sup>	4.47 ± 0.09 <sup>i</sup>	7.17 ± 1.21 <sup>f</sup>	9.17 ± 0.34 <sup>f</sup>	10.65 ± 0.08 <sup>gh</sup>	10.83 ± 0.38 <sup>d</sup>	16.49 ± 2.79 <sup>ab</sup>	10.63 ± 0.06 <sup>hi</sup>	15.43 ± 0.76 <sup>e</sup>	15.03 ± 0.26 <sup>f</sup>	16.26 ± 1.86 <sup>d</sup>	15.55 ± 1.61 <sup>b</sup>	
京玉	9.33 ± 0.82 <sup>d</sup>	11.71 ± 0.78 <sup>cd</sup>	12.68 ± 0.81 <sup>bcd</sup>	19.76 ± 0.33 <sup>a</sup>	24.55 ± 0.89 <sup>a</sup>	21.61 ± 1.41 <sup>a</sup>	21.10 ± 1.10 <sup>de</sup>	20.40 ± 0.45 <sup>de</sup>	30.96 ± 2.04 <sup>a</sup>	29.91 ± 0.12 <sup>b</sup>	36.41 ± 0.84 <sup>a</sup>	—	
绿化9号	15.46 ± 0.90 <sup>a</sup>	10.35 ± 0.73 <sup>ef</sup>	13.07 ± 3.20 <sup>abc</sup>	13.40 ± 0.67 <sup>cde</sup>	14.16 ± 2.28 <sup>cde</sup>	19.54 ± 0.05 <sup>b</sup>	44.38 ± 0.59 <sup>a</sup>	24.92 ± 1.03 <sup>e</sup>	21.81 ± 1.37 <sup>f</sup>	17.62 ± 1.61 <sup>e</sup>	17.04 ± 0.45 <sup>d</sup>	—	
京艳	11.6 ± 0.12 <sup>de</sup>	8.21 ± 0.48 <sup>g</sup>	10.56 ± 0.57 <sup>e</sup>	13.14 ± 0.63 <sup>cde</sup>	13.14 ± 4.40 <sup>def</sup>	19.72 ± 0.93 <sup>b</sup>	27.60 ± 1.41 <sup>c</sup>	31.67 ± 1.61 <sup>b</sup>	25.53 ± 2.63 <sup>b</sup>	18.64 ± 1.84 <sup>b</sup>	15.58 ± 0.16 <sup>d</sup>	30.07 ± 3.48 <sup>a</sup>	
大东	13.21 ± 0.29 <sup>b</sup>	10.78 ± 0.43 <sup>de</sup>	11.65 ± 1.30 <sup>cde</sup>	16.65 ± 1.56 <sup>b</sup>	16.72 ± 0.11 <sup>bc</sup>	18.98 ± 1.13 <sup>b</sup>	13.48 ± 1.82 <sup>ij</sup>	23.53 ± 0.54 <sup>cd</sup>	22.12 ± 1.45 <sup>c</sup>	27.96 ± 1.77 <sup>c</sup>	28.61 ± 2.55 <sup>b</sup>	—	
华玉	9.00 ± 0.28 <sup>f</sup>	8.76 ± 0.16 <sup>gh</sup>	10.82 ± 0.49 <sup>e</sup>	14.27 ± 2.36 <sup>cd</sup>	9.33 ± 0.36 <sup>gh</sup>	—	18.12 ± 0.38 <sup>fg</sup>	16.71 ± 1.09 <sup>f</sup>	22.02 ± 0.54 <sup>d</sup>	26.83 ± 1.53 <sup>c</sup>	—	—	
碧霞	5.40 ± 0.94 <sup>b</sup>	7.13 ± 0.49 <sup>g</sup>	8.57 ± 1.06 <sup>f</sup>	6.38 ± 0.90 <sup>g</sup>	8.21 ± 1.00 <sup>h</sup>	8.44 ± 0.36 <sup>e</sup>	23.03 ± 0.55 <sup>d</sup>	8.98 ± 1.63 <sup>i</sup>	6.87 ± 1.46 <sup>e</sup>	8.71 ± 0.15 <sup>b</sup>	8.62 ± 0.86 <sup>e</sup>	—	
中华寿桃	12.2 ± 1.36 <sup>bcd</sup>	15.91 ± 0.71 <sup>a</sup>	14.68 ± 0.89 <sup>a</sup>	11.92 ± 0.85 <sup>e</sup>	14.46 ± 1.25 <sup>cde</sup>	17.14 ± 1.20 <sup>c</sup>	11.32 ± 0.36 <sup>jk</sup>	21.88 ± 5.54 <sup>cd</sup>	15.59 ± 1.91 <sup>f</sup>	12.63 ± 0.77 <sup>e</sup>	—	—	
艳丰	10.2 ± 0.46 <sup>ef</sup>	11.51 ± 1.02 <sup>cd</sup>	11.91 ± 0.53 <sup>cde</sup>	4.59 ± 0.13 <sup>b</sup>	15.95 ± 1.91 <sup>e</sup>	22.15 ± 0.54 <sup>d</sup>	14.25 ± 0.48 <sup>hi</sup>	29.28 ± 1.49 <sup>b</sup>	28.87 ± 0.67 <sup>b</sup>	27.32 ± 1.50 <sup>c</sup>	18.13 ± 0.33 <sup>d</sup>	—	
晚24号	9.72 ± 0.49 <sup>fg</sup>	8.99 ± 0.36 <sup>gh</sup>	11.15 ± 1.30 <sup>cde</sup>	12.86 ± 0.42 <sup>de</sup>	15.68 ± 1.07 <sup>cd</sup>	—	9.60 ± 0.39 <sup>k</sup>	15.07 ± 0.67 <sup>de</sup>	10.78 ± 0.36 <sup>f</sup>	19.49 ± 1.34 <sup>b</sup>	—	—	

期期间果实能够正常后熟软化<sup>[9]</sup>。从表3可以看出,在0℃贮藏,绿化9号、中华寿桃在贮藏初期果实的硬度较小,与其他品种桃果实的硬度差异显著( $P < 0.05$ );各品种桃果实在整个贮藏过程中果实硬度变化不大。将各品种桃果实从0℃取出在20℃货架期贮藏3d后,果实硬度明显降低。在冷藏20d时进行货架期测定,瑞蟠3号、瑞蟠4号、碧霞、艳丰这几个品种桃果实出现了较明显的硬度反弹。在冷藏30d时进行货架期测定,京艳和绿化9号出现了硬度反弹,40d货架期时,大久保出现了硬度反弹、果实果肉木质化絮败等现象,说明果实在这些时期发生了冷害。而高峰、华玉、京玉、大东、中华寿桃、晚24号在贮藏60d期间货架期测定的硬度变化不大,果实不能正常软化,说明果实在贮藏过程中发生了冷害。由此可见,有些冷害现象在低温贮藏时不一定表现出来,而是在货架期才表现。油桃75号和金童7号在整个货架期间果实硬度呈递减趋势,说明果实可以正常后熟软化,没有发生冷害。不同品种的桃发生冷害的时间不同,蟠桃发生冷害最明显,而白桃、油桃发生冷害程度较小。

### 2.3 不同品种的出汁率

表4反映了不同品种桃果实在0℃条件下贮藏和20℃、3d货架期的出汁率变化。低温贮藏下的桃果实出汁率既与果实受冷害程度有关,又与果实的软化成熟的程度有关<sup>[10]</sup>。在0℃贮藏初期,瑞蟠4号和碧霞的出汁率较低,与其他品种桃果实差异显著( $P < 0.05$ )。各个品种桃果实在整个贮藏期间出汁率呈上升状态,并且没有表现出冷害症状,说明果实在贮藏过程中有一定程度的软化成熟。其中瑞蟠3号、金童7号、京玉、京艳和艳丰出汁率变化较大。一些研究者认为,桃果实的出汁率可以用来反映桃果实絮败程度,同时可以作为判断桃果实

冷害程度的一个理化指标<sup>[14-15]</sup>,并且多数研究认为冷害果实的出汁率随着贮藏时间的延长呈降低趋势。瑞蟠3号、瑞蟠4号、碧霞和绿化9号的出汁率在冷藏20d的货架期以及京艳在冷藏30d的货架期骤减也说明果实出现了絮败、失水现象,从而导致果实出汁率下降,这与硬度的研究结果一致。各品种桃果实的出汁率在贮藏至30d和40d时变化不大,说明果实在这个时期已经不能正常软化,这个时期是冷害表现集中的时期。

### 2.4 不同品种桃果实的组织相对电导率

表5反映了不同品种桃果实在0℃下贮藏和出库后20℃、3d货架期的电导率变化。果实在衰老或发生冷害时细胞膜完整性受到破坏,透性增加<sup>[11]</sup>。在0℃贮藏过程中,高峰的组织相对电导率在20d时有很明显的增大;在贮藏40d时,大久保、高峰、瑞蟠3号、瑞蟠4号和金童7号电导率变化较大,说明果实在这期间细胞膜的完整性受到了破坏,膜透性增加,果实发生冷害。其他品种桃果实的组织相对电导率在整个贮藏过程中增加幅度较小,果实冷害现象不明显。20℃货架期期间,只有瑞蟠3号和高峰的电导率变化幅度较大,果实细胞膜完整性受到破坏,透性增加,果实冷害症状表现较早。而其他品种桃果实的组织相对电导率在整个贮藏过程中变化不大,但在货架期开始阶段果实的组织相对电导率就处于很高的水平。

### 2.5 不同品种桃果实的果肉褐变

从表6可以看出,在0℃条件下贮藏,油桃75号、金童7号、瑞蟠4号和华玉桃在整个贮藏过程中果实果肉不褐变;10d时绿化9号果肉发生了轻微的褐变,褐变指数达到5.6,与其他品种桃果实差异显著( $P < 0.05$ );在30d时大久保、京艳和碧霞发生了不同程度的褐变;40d时大东和中华寿桃开始出现褐变;50d时瑞蟠3号、

表5 不同品种桃果实低温贮藏以及货架期期间的果肉组织相对电导率( $\bar{x} \pm s$ ,  $n=3$ )Table 5 Relative electric conductivity of different peach varieties ( $\bar{x} \pm s$ ,  $n=3$ )

%

品种	贮藏时间/d						货架期/d					
	10	20	30	40	50	60	10+3	20+3	30+3	40+3	50+3	60+3
大久保	18.48 ± 4.76 <sup>f</sup>	34.41 ± 1.11 <sup>f</sup>	35.29 ± 1.78 <sup>f</sup>	63.83 ± 6.84 <sup>cd</sup>	71.03 ± 4.34 <sup>a</sup>	—	47.52 ± 5.74 <sup>e</sup>	56.40 ± 3.95 <sup>def</sup>	52.35 ± 6.67 <sup>de</sup>	53.83 ± 7.50 <sup>bcd</sup>	67.77 ± 7.65 <sup>b</sup>	—
瑞蟠3号	32.05 ± 1.43 <sup>e</sup>	27.13 ± 3.87 <sup>f</sup>	26.90 ± 0.76 <sup>f</sup>	64.10 ± 2.75 <sup>cd</sup>	53.45 ± 4.77 <sup>a</sup>	62.16 ± 2.36 <sup>b</sup>	25.61 ± 1.65 <sup>f</sup>	65.91 ± 2.56 <sup>bcd</sup>	64.79 ± 3.45 <sup>cd</sup>	56.93 ± 1.29 <sup>bcd</sup>	77.91 ± 1.34 <sup>a</sup>	—
油桃75号	43.61 ± 9.32 <sup>cd</sup>	56.48 ± 1.07 <sup>de</sup>	17.26 ± 1.62 <sup>a</sup>	53.75 ± 1.28 <sup>f</sup>	68.49 ± 4.24 <sup>ab</sup>	69.49 ± 6.24 <sup>a</sup>	72.77 ± 2.14 <sup>a</sup>	59.01 ± 3.04 <sup>de</sup>	52.08 ± 5.82 <sup>de</sup>	65.45 ± 1.90 <sup>ab</sup>	79.82 ± 3.30 <sup>a</sup>	57.15 ± 1.45 <sup>b</sup>
金童7号	11.96 ± 5.26 <sup>f</sup>	74.05 ± 1.17 <sup>ab</sup>	59.33 ± 1.87 <sup>a</sup>	74.52 ± 3.16 <sup>a</sup>	73.31 ± 2.05 <sup>a</sup>	—	48.32 ± 2.86 <sup>e</sup>	60.00 ± 3.02 <sup>de</sup>	57.73 ± 2.32 <sup>def</sup>	64.47 ± 1.82 <sup>abc</sup>	47.99 ± 1.73 <sup>c</sup>	—
高峰	19.62 ± 1.38 <sup>f</sup>	60.35 ± 3.36 <sup>cd</sup>	61.75 ± 2.96 <sup>cd</sup>	61.69 ± 1.53 <sup>d</sup>	62.46 ± 2.20 <sup>cd</sup>	—	29.91 ± 1.20 <sup>f</sup>	58.45 ± 4.98 <sup>de</sup>	61.01 ± 2.25 <sup>de</sup>	65.56 ± 3.41 <sup>ab</sup>	—	—
瑞蟠4号	34.58 ± 5.87 <sup>de</sup>	27.64 ± 5.48 <sup>f</sup>	46.54 ± 0.22 <sup>e</sup>	64.56 ± 2.02 <sup>cd</sup>	61.01 ± 0.76 <sup>cd</sup>	53.87 ± 1.76 <sup>c</sup>	64.34 ± 3.45 <sup>abcd</sup>	73.61 ± 2.58 <sup>ab</sup>	74.74 ± 2.43 <sup>ab</sup>	69.53 ± 3.28 <sup>a</sup>	66.94 ± 0.88 <sup>b</sup>	71.68 ± 2.15 <sup>a</sup>
京玉	45.92 ± 1.17 <sup>cd</sup>	46.51 ± 0.18 <sup>e</sup>	46.54 ± 1.98 <sup>a</sup>	54.69 ± 0.96 <sup>ef</sup>	70.49 ± 0.53 <sup>a</sup>	71.03 ± 0.85 <sup>a</sup>	57.24 ± 1.62 <sup>de</sup>	55.45 ± 0.20 <sup>def</sup>	60.84 ± 4.44 <sup>de</sup>	70.78 ± 1.32 <sup>a</sup>	61.56 ± 0.29 <sup>b</sup>	—
绿化9号	63.26 ± 2.95 <sup>ab</sup>	45.91 ± 1.34 <sup>a</sup>	67.01 ± 2.85 <sup>bc</sup>	67.67 ± 1.55 <sup>bc</sup>	68.73 ± 3.25 <sup>ab</sup>	52.47 ± 2.25 <sup>c</sup>	72.79 ± 5.73 <sup>a</sup>	72.79 ± 3.54 <sup>abc</sup>	64.60 ± 1.73 <sup>cd</sup>	71.60 ± 5.12 <sup>a</sup>	65.25 ± 0.45 <sup>b</sup>	—
京艳	45.78 ± 2.61 <sup>cd</sup>	53.37 ± 4.12 <sup>de</sup>	67.92 ± 5.76 <sup>abc</sup>	71.09 ± 1.07 <sup>ab</sup>	62.48 ± 2.65 <sup>cd</sup>	52.18 ± 2.06 <sup>c</sup>	70.54 ± 2.32 <sup>a</sup>	83.36 ± 8.20 <sup>a</sup>	68.78 ± 1.43 <sup>bc</sup>	53.54 ± 1.58 <sup>cd</sup>	45.83 ± 1.89 <sup>c</sup>	55.57 ± 2.22 <sup>b</sup>
大东	63.46 ± 2.20 <sup>ab</sup>	79.70 ± 7.54 <sup>a</sup>	75.32 ± 4.29 <sup>a</sup>	60.59 ± 2.47 <sup>de</sup>	64.63 ± 1.37 <sup>bc</sup>	—	69.12 ± 4.30 <sup>abc</sup>	81.87 ± 9.71 <sup>a</sup>	76.92 ± 1.03 <sup>a</sup>	69.23 ± 1.86 <sup>a</sup>	60.35 ± 1.55 <sup>b</sup>	—
华玉	46.81 ± 0.55 <sup>c</sup>	69.88 ± 3.33 <sup>abc</sup>	68.73 ± 0.49 <sup>abc</sup>	60.58 ± 1.96 <sup>de</sup>	54.25 ± 0.56 <sup>e</sup>	—	58.08 ± 2.46 <sup>bcd</sup>	60.30 ± 4.68 <sup>de</sup>	56.73 ± 5.29 <sup>ef</sup>	45.5 ± 1.88 <sup>d</sup>	—	—
碧霞	60.31 ± 6.30 <sup>b</sup>	63.82 ± 3.63 <sup>bcd</sup>	64.04 ± 4.39 <sup>bcd</sup>	39.09 ± 1.11 <sup>e</sup>	51.59 ± 3.57 <sup>a</sup>	67.13 ± 2.31 <sup>ab</sup>	69.59 ± 7.43 <sup>ab</sup>	59.77 ± 2.38 <sup>de</sup>	76.28 ± 1.10 <sup>a</sup>	53.42 ± 1.84 <sup>cd</sup>	62.18 ± 1.98 <sup>b</sup>	—
中华寿桃	45.36 ± 0.90 <sup>cd</sup>	61.81 ± 2.88 <sup>cd</sup>	61.53 ± 2.60 <sup>cd</sup>	52.48 ± 2.27 <sup>f</sup>	46.42 ± 0.24 <sup>e</sup>	52.22 ± 2.01 <sup>c</sup>	54.62 ± 9.90 <sup>de</sup>	44.66 ± 0.50 <sup>f</sup>	48.24 ± 6.98 <sup>e</sup>	49.04 ± 1.77 <sup>d</sup>	—	—
艳丰	61.51 ± 6.24 <sup>ab</sup>	68.15 ± 1.83 <sup>bc</sup>	69.65 ± 3.16 <sup>ab</sup>	71.28 ± 2.22 <sup>ef</sup>	58.55 ± 1.56 <sup>d</sup>	51.36 ± 1.45 <sup>c</sup>	70.58 ± 5.73 <sup>a</sup>	63.64 ± 4.77 <sup>bcd</sup>	71.02 ± 0.86 <sup>abc</sup>	61.24 ± 1.88 <sup>abc</sup>	63.74 ± 4.76 <sup>b</sup>	—
晚24号	73.48 ± 2.29 <sup>a</sup>	70.47 ± 5.28 <sup>abc</sup>	67.69 ± 1.47 <sup>bc</sup>	52.60 ± 8.94 <sup>f</sup>	45.86 ± 0.28 <sup>f</sup>	—	56.92 ± 2.10 <sup>de</sup>	51.80 ± 3.33 <sup>ef</sup>	53.14 ± 5.08 <sup>de</sup>	56.82 ± 2.60 <sup>bcd</sup>	—	—

表6 低温贮藏及其货架期期间不同品种桃果实褐变指数( $\bar{x} \pm s$ ,  $n=3$ )Table 6 Browning index of different peach varieties ( $\bar{x} \pm s$ ,  $n=3$ )

品种	贮藏时间/d						货架期/d					
	10	20	30	40	50	60	10+3	20+3	30+3	40+3	50+3	60+3
大久保	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	8.3 <sup>d</sup>	33.3 <sup>a</sup>	50.0 <sup>a</sup>	—	0 <sup>c</sup>	2.8 <sup>f</sup>	22.4 <sup>e</sup>	75.0 <sup>a</sup>	50.0 <sup>d</sup>	—
瑞蟠3号	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	0 <sup>d</sup>	0 <sup>c</sup>	5.6 <sup>f</sup>	8.3 <sup>e</sup>	0 <sup>c</sup>	8.3 <sup>d</sup>	22.4 <sup>e</sup>	33.3 <sup>f</sup>	41.5 <sup>c</sup>	75.0 <sup>e</sup>
油桃75号	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	0 <sup>d</sup>	0 <sup>c</sup>	0 <sup>g</sup>	0 <sup>f</sup>	0 <sup>c</sup>	0 <sup>g</sup>	0 <sup>b</sup>	8.3 <sup>i</sup>	50.0 <sup>d</sup>	91.3 <sup>a</sup>
金童7号	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	0 <sup>d</sup>	0 <sup>c</sup>	0 <sup>g</sup>	0 <sup>f</sup>	0 <sup>c</sup>	0 <sup>g</sup>	0 <sup>b</sup>	16.7 <sup>h</sup>	83.0 <sup>a</sup>	—
高峰	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	0 <sup>d</sup>	0 <sup>c</sup>	8.3 <sup>c</sup>	—	0 <sup>c</sup>	66.7 <sup>a</sup>	33.3 <sup>c</sup>	50.0 <sup>c</sup>	75.0 <sup>b</sup>	—
瑞蟠4号	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	0 <sup>d</sup>	0 <sup>c</sup>	0 <sup>g</sup>	0 <sup>f</sup>	0 <sup>c</sup>	0 <sup>g</sup>	0 <sup>b</sup>	16.7 <sup>h</sup>	25.0 <sup>g</sup>	—
京玉	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	0 <sup>d</sup>	0 <sup>c</sup>	0 <sup>g</sup>	25.0 <sup>d</sup>	0 <sup>c</sup>	0 <sup>g</sup>	25.0 <sup>d</sup>	25.0 <sup>g</sup>	25.0 <sup>g</sup>	25.0 <sup>c</sup>
绿化9号	5.6 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	16.7 <sup>a</sup>	28.0 <sup>b</sup>	50.0 <sup>a</sup>	75.0 <sup>a</sup>	8.3 <sup>b</sup>	14.0 <sup>c</sup>	25.0 <sup>d</sup>	39.2 <sup>e</sup>	75.0 <sup>b</sup>	89.6 <sup>b</sup>
京艳	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	16.7 <sup>a</sup>	16.7 <sup>c</sup>	25.0 <sup>c</sup>	58.1 <sup>b</sup>	0 <sup>c</sup>	0 <sup>g</sup>	16.7 <sup>f</sup>	33.3 <sup>f</sup>	75.0 <sup>b</sup>	89.6 <sup>b</sup>
大东	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	0 <sup>d</sup>	8.4 <sup>d</sup>	16.7 <sup>d</sup>	41.7 <sup>c</sup>	0 <sup>c</sup>	0 <sup>g</sup>	0 <sup>b</sup>	16.7 <sup>h</sup>	25.0 <sup>g</sup>	41.5 <sup>d</sup>
华玉	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	0 <sup>d</sup>	0 <sup>c</sup>	0 <sup>g</sup>	0 <sup>f</sup>	0 <sup>c</sup>	0 <sup>g</sup>	16.7 <sup>f</sup>	25.0 <sup>g</sup>	—	—
碧霞	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	5.6 <sup>c</sup>	16.7 <sup>c</sup>	41.5 <sup>b</sup>	—	2.8 <sup>c</sup>	5.6 <sup>c</sup>	50 <sup>a</sup>	66.7 <sup>b</sup>	75.0 <sup>b</sup>	—
中华寿桃	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	0 <sup>d</sup>	16.7 <sup>c</sup>	50 <sup>a</sup>	58.1 <sup>b</sup>	25.0 <sup>a</sup>	16.7 <sup>b</sup>	41.5 <sup>b</sup>	66.7 <sup>b</sup>	84.0 <sup>a</sup>	89.6 <sup>b</sup>
艳丰	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	0 <sup>d</sup>	0 <sup>c</sup>	5.6 <sup>f</sup>	—	0 <sup>c</sup>	5.6 <sup>c</sup>	25.0 <sup>d</sup>	33.3 <sup>f</sup>	36.4 <sup>f</sup>	—
晚24号	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	0 <sup>d</sup>	0 <sup>c</sup>	5.6 <sup>f</sup>	8.3 <sup>c</sup>	0 <sup>c</sup>	2.8 <sup>f</sup>	5.6 <sup>g</sup>	41.5 <sup>d</sup>	66.7 <sup>c</sup>	91.3 <sup>a</sup>

表7 不同品种桃果实低温贮藏以及货架期期间乙烯释放量( $\bar{x} \pm s$ ,  $n=3$ )Table 7 Ethylene production of different peach varieties ( $\bar{x} \pm s$ ,  $n=3$ )

mg/(kg · h)

品种	贮藏时间/d						货架期/d					
	10	20	30	40	50	60	10+3	20+3	30+3	40+3	50+3	
大久保	0.54 ± 0.03 <sup>f</sup>	1.40 ± 0.02 <sup>de</sup>	0.63 ± 0.54 <sup>c</sup>	3.01 ± 1.43 <sup>c</sup>	3.40 ± 0.36 <sup>d</sup>	—	9.06 ± 0.35 <sup>b</sup>	142.70 ± 2.79 <sup>a</sup>	55.01 ± 3.92 <sup>b</sup>	73.17 ± 2.74 <sup>a</sup>	21.75 ± 4.81 <sup>a</sup>	
瑞蟠3号	0.23 ± 0.03 <sup>f</sup>	0.44 ± 0.04 <sup>f</sup>	0.56 ± 0.08 <sup>c</sup>	4.38 ± 0.41 <sup>b</sup>	5.22 ± 0.10 <sup>b</sup>	1.17 ± 0.02 <sup>c</sup>	17.20 ± 1.05 <sup>b</sup>	39.92 ± 6.10 <sup>d</sup>	6.61 ± 0.81 <sup>c</sup>	4.62 ± 0.29 <sup>e</sup>	—	
油桃75号	0.00 ± 0.00 <sup>f</sup>	0.51 ± 0.06 <sup>fa</sup>	0.70 ± 0.12 <sup>c</sup>	1.90 ± 0.06 <sup>cd</sup>	4.74 ± 0.22 <sup>c</sup>	0.51 ± 0.37 <sup>d</sup>	0.88 ± 0.17 <sup>b</sup>	10.32 ± 0.61 <sup>f</sup>	5.71 ± 1.22 <sup>ef</sup>	2.65 ± 0.40 <sup>e</sup>	3.59 ± 0.28 <sup>b</sup>	
金童7号	16.41 ± 1.40 <sup>a</sup>	17.59 ± 1.04 <sup>a</sup>	0.37 ± 0.11 <sup>c</sup>	5.54 ± 1.93 <sup>a</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>g</sup>	—	76.79 ± 89.12 <sup>a</sup>	56.09 ± 1.98 <sup>c</sup>	88.29 ± 1.08 <sup>a</sup>	64.22 ± 1.85 <sup>b</sup>	—	
高峰	6.37 ± 0.04 <sup>b</sup>	11.80 ± 0.87 <sup>b</sup>	0.38 ± 0.06 <sup>c</sup>	2.23 ± 0.49 <sup>cd</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>g</sup>	—	0.00 ± 0.00 <sup>b</sup>	57.78 ± 2.38 <sup>c</sup>	0.37 ± 0.11 <sup>f</sup>	35.25 ± 7.81 <sup>c</sup>	—	
瑞蟠4号	0.28 ± 0.04 <sup>f</sup>	0.48 ± 0.01 <sup>fa</sup>	0.57 ± 0.03 <sup>c</sup>	4.38 ± 0.41 <sup>b</sup>	5.57 ± 0.21 <sup>a</sup>	1.71 ± 0.13 <sup>b</sup>	13.78 ± 0.81 <sup>b</sup>	37.32 ± 4.50 <sup>d</sup>	8.94 ± 0.35 <sup>c</sup>	4.80 ± 0.12 <sup>e</sup>	—	
京玉	0.71 ± 0.05 <sup>ef</sup>	0.82 ± 0.04 <sup>de</sup>	0.27 ± 0.02 <sup>c</sup>	0.71 ± 0.15 <sup>ef</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>g</sup>	—	0.92 ± 0.03 <sup>b</sup>	0.74 ± 0.20 <sup>g</sup>	7.28 ± 0.82 <sup>c</sup>	0.35 ± 0.09 <sup>e</sup>	1.24 ± 0.08 <sup>e</sup>	
绿化9号	1.39 ± 0.08 <sup>de</sup>	1.84 ± 0.49 <sup>d</sup>	1.72 ± 0.36 <sup>b</sup>	1.28 ± 0.07 <sup>de</sup>	0.53 ± 0.17 <sup>f</sup>	2.72 ± 0.17 <sup>a</sup>	27.40 ± 1.89 <sup>b</sup>	24.49 ± 0.67 <sup>a</sup>	17.59 ± 0.98 <sup>d</sup>	0.34 ± 0.10 <sup>e</sup>	0 ± 0 <sup>e</sup>	
京艳	2.40 ± 0.23 <sup>c</sup>	1.28 ± 0.52 <sup>def</sup>	0.66 ± 0.04 <sup>c</sup>	0.52 ± 0.04 <sup>ef</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>g</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>c</sup>	2.66 ± 0.75 <sup>b</sup>	9.97 ± 0.65 <sup>f</sup>	52.14 ± 3.86 <sup>b</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>e</sup>	0 ± 0 <sup>e</sup>	
大东	0.16 ± 0.02 <sup>f</sup>	1.41 ± 0.15 <sup>de</sup>	0.59 ± 0.06 <sup>c</sup>	0.44 ± 0.02 <sup>ef</sup>	0.66 ± 0.11 <sup>f</sup>	—	0.58 ± 0.29 <sup>b</sup>	1.42 ± 0.14 <sup>e</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>g</sup>	0.40 ± 0.03 <sup>c</sup>	—	
华玉	0.15 ± 0.02 <sup>f</sup>	3.41 ± 0.19 <sup>c</sup>	7.76 ± 1.23 <sup>a</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>f</sup>	—	—	1.14 ± 0.02 <sup>b</sup>	5.65 ± 0.67 <sup>de</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>g</sup>	—	—	
碧霞	1.26 ± 0.11 <sup>de</sup>	3.57 ± 0.25 <sup>c</sup>	0.83 ± 0.17 <sup>c</sup>	0.64 ± 0.11 <sup>ef</sup>	1.63 ± 0.10 <sup>e</sup>	—	2.58 ± 0.29 <sup>b</sup>	40.09 ± 4.10 <sup>d</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>g</sup>	15.92 ± 2.50 <sup>d</sup>	—	
中华寿桃	0.40 ± 0.28 <sup>f</sup>	0.72 ± 0.08 <sup>de</sup>	0.91 ± 0.08 <sup>c</sup>	2.03 ± 0.20 <sup>d</sup>	0.58 ± 0.06 <sup>f</sup>	2.69 ± 0.33 <sup>a</sup>	0.68 ± 0.02 <sup>b</sup>	7.02 ± 1.78 <sup>f</sup>	2.92 ± 0.81 <sup>de</sup>	—	—	
艳丰	1.65 ± 0.27 <sup>d</sup>	1.97 ± 0.61 <sup>d</sup>	1.94 ± 0.68 <sup>b</sup>	1.54 ± 0.18 <sup>de</sup>	0.66 ± 0.06 <sup>f</sup>	2.70 ± 0.20 <sup>a</sup>	21.48 ± 0.78 <sup>b</sup>	24.81 ± 1.06 <sup>c</sup>	15.38 ± 1.37 <sup>d</sup>	0.34 ± 0.10 <sup>e</sup>	0 ± 0 <sup>e</sup>	
晚24号	1.24 ± 0.11 <sup>de</sup>	1.84 ± 0.11 <sup>d</sup>	0.56 ± 0.13 <sup>c</sup>	4.20 ± 0.10 <sup>b</sup>	1.57 ± 0.14 <sup>e</sup>	—	8.55 ± 1.65 <sup>b</sup>	117.58 ± 6.42 <sup>b</sup>	48.34 ± 3.87 <sup>c</sup>	71.36 ± 3.90 <sup>a</sup>	—	

高峰、艳丰和晚 24 号发生褐变; 60d 时京玉褐变。在各个阶段出现不同程度的褐变, 是果实在冷藏时发生了明显的冷害引起的症状表现。在 20℃、3d 货架期间, 绿化 9 号、碧霞和中华寿桃果实果肉在 10d 发生褐变; 瑞蟠 3 号、高峰、艳丰和晚 24 号在 20d 褐变; 京玉、京艳和华玉在 30d 褐变; 所有品种桃果实 40d 出现褐变。

## 2.6 低温贮藏不同品种乙烯释放浓度差异

乙烯是果实成熟过程中产生的代谢产物, 它在果实的软化衰老中起重要作用<sup>[12]</sup>。本研究发现, 部分品种桃果实的乙烯释放过程中出现 2 个乙烯高峰。由表 7 可知, 金童 7 号、高峰、京玉、绿化 9 号、大东、碧霞、艳丰和晚 24 号在 20d 时出现第一个乙烯高峰, 在 40d 以后出现第 2 个乙烯高峰。这时候的桃果实开始出现不同程度的腐烂, 由此可见, 当果实第 1 次出现乙烯高峰时, 果实后熟软化速度加快, 而第 2 次出现乙烯高峰的时候, 果实开始腐烂变质。瑞蟠 3 号、油桃 75 号、瑞蟠 4 号、京艳、华玉则在贮藏过程中只出现了 1 次乙烯高峰。当受冷害的果实转入高温环境时, 会导致大量乙烯生成, 使果实后熟不正常。在货架期间, 乙烯高峰一般都出现在 20d, 此时的桃果实后熟速度加快, 然后在 40d 或者 50d 的时候出现第 2 次高峰, 果实腐烂。

## 3 讨 论

在本研究中, 乙烯释放量在整个 0℃贮藏过程中均保持较低水平, 说明果实衰老缓慢, 而货架期各品种桃果实乙烯释放量明显高于 0℃贮藏时的乙烯释放量, 这与茅林春等<sup>[16]</sup>研究结果一致, 后者发现白凤桃果实发生冷害时并没有引起乙烯的大量合成, 冷害果的乙烯水平一直比正常果低, 低温抑制了乙烯的合成, 从而使果实不能正常软化, 在对番茄<sup>[17]</sup>和大果水晶梨<sup>[18]</sup>的研究中也证实了这一结果。数据表明大久保、金童 7 号、高峰、京玉、晚 24 号、绿化 9 号、大东、碧霞、中华寿桃、艳丰在贮藏期间出现了 2 次乙烯高峰, 这些品种出现乙烯最大释放浓度的时间并不相同。瑞蟠 3 号、油桃 75 号、瑞蟠 4 号、京艳、华玉则在贮藏过程中只出现了 1 次乙烯高峰, 不同品种不同类型的桃果实在贮藏过程中乙烯高峰出现的次数不同, 出现峰的时间也不同, 这与常军等<sup>[19]</sup>的结论有明显差异, 后者认为桃果实在贮藏过程中, 有 1 次乙烯释放高峰。综上所述, 究竟是由于品种的不同导致了乙烯浓度出现高峰出现次数的不同, 还是由于出现 1 次乙烯高峰的品种桃果实贮藏时间过短导致的乙烯的第 2 次高峰未出现? 第 2 次乙烯

释放高峰时是否是正常的乙烯释放? 是冷害造成的还是腐烂造成的? 这些问题还未见报道, 需进一步研究。

本实验桃果实根据质地可分为溶质和不溶质, 溶质桃又可分为硬溶质和软溶质。在所研究的 15 个品种里, 金童 7 号和油桃 75 号为不溶质桃; 大久保、绿化 9 号、京艳为软溶质桃; 京玉、高峰、大东、艳丰、华玉、晚 24 号、中华寿桃、瑞蟠 3 号、瑞蟠 4 号、碧霞为硬溶质桃。结果表明, 在低温贮藏下受冷害程度较严重的几个桃品种中, 高峰、大东、中华寿桃和碧霞在 0℃贮藏时出汁率呈上升状态, 在货架期间, 高峰的出汁率保持不变, 大东呈上升趋势, 碧霞和中华寿桃的出汁率逐渐下降; 软溶质桃绿化 9 号的出汁率在 0℃贮藏时逐渐上升, 在货架期逐渐下降, 而京玉、华玉和晚 24 号这些硬溶质桃和油桃 75 号、金童这种不溶质桃的出汁率在果实受到冷害后逐渐上升。说明桃果实的出汁率并不能真实反映其所受到的冷害程度, 还受桃自身溶质特性的影响。从各个指标数据显示, 在 0℃条件下不溶质的桃最耐贮藏, 硬溶质和软溶质桃在 0℃条件下贮藏都保持了较好的生理特性, 但在货架期期间硬溶质桃较软溶质桃更易腐烂变质。

不同品种桃果实对低温的敏感程度不同, 依据冷害症状出现早晚分为 3 类。油桃 75 号、金童 7 号品种桃果实对低温敏感性最低, 在 0℃贮藏 60d 时果实不表现冷害症状, 冷藏 40d 后在 20℃货架期 3d 时才出现冷害症状, 说明果实耐贮藏; 大久保、瑞蟠 3 号、瑞蟠 4 号、京玉、京艳、华玉、艳丰、晚 24 号在 0℃贮藏 30d 以后发生不同程度的冷害症状, 同期在货架期间出现了较严重的冷害症状, 说明果实对低温较敏感; 高峰、绿化 9 号、大东、碧霞、中华寿品种桃果实在低温下贮藏 20d 果实就出现了较明显的冷害症状, 在货架期 10d 冷害症状较明显, 说明果实对低温很敏感, 极不耐低温贮藏。

桃果实在低温贮藏过程中产生冷害的重要特征之一是果实不能正常软化, 品质劣变<sup>[13]</sup>。在 0℃条件下贮藏, 各品种果实硬度整体呈缓慢下降趋势, 在贮藏初期绿化 9 号的硬度仅为 8.61kg/cm<sup>2</sup>, 而油桃 75 号的硬度为 30.56kg/cm<sup>2</sup>, 2 种桃果实硬度差异显著( $P < 0.05$ ), 而在同期绿化 9 号出汁率较高, 造成这种结果的原因是由桃本身品种特性决定还是由于在贮藏初期就处在较快的成熟状态中而软化, 结果还需进一步讨论。瑞蟠 4 号和碧霞桃果实在贮藏 10d 货架期时的硬度分别为 5.44kg/cm<sup>2</sup> 和 8.8kg/cm<sup>2</sup>, 而 20d 时的货架期的果实硬度分别为 24kg/cm<sup>2</sup> 和 22.88kg/cm<sup>2</sup>, 说明果实出现了硬度反弹。京艳则在 30d 货架期出现了硬度反弹, 果实不能正常软化, 出现絮败, 可能是由于果实受到冷害所导致。不同品种桃果实对低温的敏感性不同, 造成货架期出现硬度反弹的时间不同。

## 参考文献:

- [1] LIZANA L A, FELL J C, LUCHSINGER L E. Influence of postharvest temperature and controlled atmosphere conditioning on 'O' Henry' peach storage disorders[J]. *ISHS Acta Horticulturae*, 1998, 464: 527-527.
- [2] BROVELLI E A, BRECHT J K, SHERMAN W B, et al. Quality of Fresh-market melting and nonmelting-flesh peach genotypes as affected by postharvest chilling[J]. *Journal of Food Science*, 1998, 63(4): 730-733.
- [3] LUZA J G, GORSE R, POLITO V S, et al. Chilling injury in peaches: a cytochemical and ultrastructural cell wall study[J]. *Journal of American Society for Horticultural Science*, 1992, 117(1): 114-118.
- [4] 王友升, 王贵禧. 冷害桃品质劣变及其控制措施[J]. *林业科学研究*, 2003, 16(4): 465-472.
- [5] 王贵禧, 王友升, 梁丽松. 不同贮藏温度模式下大久保桃果实冷害及其品质劣变研究[J]. *林业科学研究*, 2005, 18(2): 114-119.
- [6] 赵晓芳, 梁丽松, 王贵禧. 不同采收成熟度对'八月脆'桃果实低温贮运及货架期品质的影响[J]. *中国农学通报*, 2008, 24(4): 167-171.
- [7] BUESCHER R W, FURMANSKI R J. Role of pectinesterase and polygalacturonase in the formation of woolliness in peaches[J]. *Journal of Food Science*, 1978, 43(1): 264-266.
- [8] WANG Yousheng, TIAN Shiping, XU Yong. Effects of high oxygen concentration on pro-and anti-oxidant enzymes in peach fruit during postharvest periods[J]. *Food chemistry*, 2005, 91(1): 99-104.
- [9] 王友升, 王贵禧, 梁丽松. 不同气体成分贮藏对大久保桃果实品质的影响[J]. *农业工程学报* 2006, 22(8): 214-218.
- [10] 魏文毅, 王贵禧, 梁丽松, 等. "八月脆"桃果实气调贮藏过程中品质及相关酶活性的变化[J]. *林业科学*, 2008, 44(3): 81-86.
- [11] 王贵禧, 王友升, 梁丽松. 不同贮藏温度模式下大久保桃果实冷害及其品质劣变研究[J]. *林业科学研究*, 2005, 18(2): 114-119.
- [12] 高慧, 饶景萍. 不同温度冷藏对油桃生理变化的影响[J]. *果树学报*, 2004, 21(2): 173-175.
- [13] ARTES F, FERENADEZ-TRUJILLO J P, CANO A. Juice characteristics related to woolliness and ripening during postharvest storage of peaches[J]. *European Food Research and Technology*, 1999, 208(4): 282-288.
- [14] 茅林春, 王阳光, 张上隆. 热处理减缓桃果实的采后冷害[J]. *浙江大学学报*, 2000, 26(2): 137-140.
- [15] 王阳光, 陆胜明, 茅林春. 热处理对冷藏桃果实的贮藏效果和生理作用[J]. *福建果树*, 2001(3): 1-4.
- [16] 茅林春, 张上隆. 采后桃果实中多胺和乙烯对低温胁迫的反应[J]. *园艺学报*, 1999, 26(6): 360-363.
- [17] 黄漫青, 韩涛, 李丽萍, 等. 温度调节对贮藏番茄冷害及相关生理变化的影响[J]. *中国食品学报*, 2006, 6(3): 89-93.
- [18] 马海军, 饶景萍, 张晓荣. 大果水晶梨采后生理生化变化研究[J]. *西北农林科技大学学报*, 2007, 35(8): 97-101.
- [19] 常军, 张平, 王莉. 桃采后生理及贮藏研究进展[J]. *保鲜与加工*, 2003, 3(6): 8-9.