

## 不同氧组分气调对黄冠梨品质及酶活性的影响

张引引<sup>1a</sup>, 李月圆<sup>2</sup>, 钱卉苹<sup>3</sup>, 张爱琳<sup>1b,4</sup>, 闫师杰<sup>1b,4</sup>, 王晓闻<sup>2</sup>

(1.天津农学院 a.园艺园林学院 b.食品科学与生物工程学院, 天津 300384;  
2.山西农业大学 食品科学与工程学院, 太谷 030801; 3.新疆乌鲁木齐食品药品监督管理局,  
乌鲁木齐 830000; 4.天津市农副产品深加工技术工程中心, 天津 300384)

**摘要:** **目的** 研究不同气调处理对黄冠梨贮藏品质和相关酶活性的影响, 以筛选出较优的气调贮藏条件。**方法** 研究以黄冠梨为实验材料, 在温度为  $(0 \pm 1)^\circ\text{C}$ 、相对湿度为 90%~95% 条件下, 采用 3 种不同的  $\text{O}_2$  组分气调处理 ( $\text{O}_2$  (1%~2%) +  $\text{CO}_2$  (1%~2%),  $\text{O}_2$  (3%~4%) +  $\text{CO}_2$  (1%~2%),  $\text{O}_2$  (5%~6%) +  $\text{CO}_2$  (1%~2%)), 观察梨果品质和酶活性的变化情况。**结果** 与对照组相比, 3 种不同  $\text{O}_2$  和  $\text{CO}_2$  组合的气调贮藏均降低了黄冠梨的褐变率、呼吸强度和乙烯释放量, 保持了较高的好果率和果皮色泽, 抑制了果实的软化和果心 PPO 酶活性的下降, 保持了较高的 CAT 酶活性, 从而抑制了梨果褐变。尤其处理组 2 ( $\text{O}_2$  (3%~4%) +  $\text{CO}_2$  (1%~2%)) 的效果最为显著。**结论** 气调贮藏保持了黄冠梨较高的贮藏品质, 抑制了果实褐变, 处理组 2 ( $\text{O}_2$  (3%~4%) +  $\text{CO}_2$  (1%~2%)) 是黄冠梨的最优气调组合。

**关键词:** 黄冠梨; 气调贮藏; 品质; PPO; CAT

中图分类号: TS255.3 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2019)09-0015-07

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.09.003

## Effects of Different Oxygen Component Controlled Atmosphere Storage on Quality and Enzyme Activities of Huangguan Pear

ZHANG Yin-yin<sup>1a</sup>, LI Yue-yuan<sup>2</sup>, QIAN Hui-ping<sup>3</sup>, ZHANG Ai-lin<sup>1b,4</sup>, YAN Shi-jie<sup>1b,4</sup>, WANG Xiao-wen<sup>2</sup>

(1a. College of Horticulture and Landscape b. College of Food Science and Biological Engineering, Tianjin Agricultural University, Tianjin 300384, China; 2. College of Food Science and Engineering, Shanxi Agricultural University, Taigu 030801, China; 3. Xinjiang Urumqi Food and Drug Administration, Urumqi 830000, China; 4. Tianjin Technology and Engineering Center of Agricultural and Sideline Products Deep Processing, Tianjin 300384, China)

**ABSTRACT:** The paper aims to study the effects of different controlled atmosphere treatments on storage quality and related enzymes activities of Huangguan Pear, and to screen out better controlled atmosphere storage conditions. Under the conditions of temperature  $(0 \pm 1)^\circ\text{C}$  and relative humidity 90%~95%, Huangguan Pear was used as the research material, and it was treated with three different  $\text{O}_2$  components ( $\text{O}_2$  (1%~2%) +  $\text{CO}_2$  (1%~2%),  $\text{O}_2$  (3%~4%) +  $\text{CO}_2$  (1%~2%),  $\text{O}_2$  (5%~6%) +  $\text{CO}_2$  (1%~2%)), the changes of pear fruit quality and enzyme activity were observed. Compared with the control group, the three different  $\text{O}_2$  and  $\text{CO}_2$  combinations of controlled atmosphere storage reduced the browning rate, respiratory intensity and ethylene release of the Huangguan Pear, maintained a higher fruit rate and peel color, inhibited fruit softening and PPO (Polyphenol Oxidase) activity in the core, and maintained a higher CAT (Catalase) activity, thus

收稿日期: 2019-02-11

基金项目: 农业部公益性行业 (农业) 科研专项 (201303075); 国家自然科学基金 (31471630); 天津市林果产业技术体系项目 (2018006)

作者简介: 张引引 (1994—), 女, 天津农学院硕士生, 主攻果蔬贮藏保鲜。

通信作者: 闫师杰 (1971—), 男, 博士, 天津农学院教授, 主要研究方向为果蔬贮藏保鲜、食品质量与安全。

inhibited pear browning. Especially, the treatment combination  $2(O_2(3\%\sim 4\%)+CO_2(1\%\sim 2\%))$  had the most significant effect. Controlled atmosphere storage maintain high storage quality of Huangguan Pear and inhibits browning. The treatment combination  $2(O_2(3\%\sim 4\%)+CO_2(1\%\sim 2\%))$  is the optimal controlled atmosphere storage of Huangguan Pear.

**KEY WORDS:** Huangguan Pear; controlled atmosphere storage; quality; polyphenol oxidase; catalase

黄冠梨(*Pyrus bretschneideri* Rehd)是白梨体系中的一种蔷薇科(*Rosaceae*)植物,其肉质细嫩多汁,果实个大皮薄,果心小,果皮金黄,松脆爽口,香味浓郁,并具有营养价值高、抗逆性强、品质佳等优良特性<sup>[1]</sup>。由于黄冠梨采后贮藏期间易出现果实褐变、软化以及贮运病害等现象,因此严重影响了其商品的价值<sup>[2]</sup>。目前,关于黄冠梨的贮藏保鲜已有一些报道,郭文岚<sup>[3]</sup>用壳聚糖涂膜、氯化钙和普鲁兰多糖涂膜处理黄冠梨都有显著的效果,抑制了抗氧化酶活性的下降和抗氧化成分的流失,从而提高了果品的贮藏品质。陈柏<sup>[4]</sup>、冯云霄等<sup>[5]</sup>用1-MCP处理黄冠梨,减少了梨果褐变,抑制了呼吸与乙烯释放量,有效降低了果心相关的酶活性。郭艳明等<sup>[6]</sup>在 $0\sim 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $32.5\text{ W}/5\text{ min}$ 低能微波处理条件下,发现黄冠梨果心褐变减少,推迟了乙烯高峰出现的时间,保持了较高的果实硬度和果心DPPH自由基清除率,保证了果品的品质。王玲利等<sup>[7]</sup>对黄冠梨进行采后钙处理( $\text{CaCl}_2$ 的体积分数分别为2%,4%,6%,浸果15 min),发现不同的钙处理均能维持果实的硬度,抑制了果实可溶性固形物的流失和可滴定酸含量的下降。目前有关黄冠梨气调保鲜贮藏的报道还相对较少。

气调贮藏(Controlled atmosphere storage, CA)主要是通过调节环境中 $O_2$ 和 $CO_2$ 的比例,来抑制果蔬呼吸强度,减少营养成分的流失,保证果蔬品质,延长保鲜期<sup>[8-9]</sup>。近些年来,随着人们生活质量的提高,对食材的新鲜度要求越来越严格,气调保鲜因其安全、环保的优点,受到人们的喜爱,已成为了国内外果蔬贮藏保鲜的重要手段。据统计,美国、以色列50%的柑橘采用气调保鲜技术进行贮藏;新西兰的苹果和猕猴桃气调贮藏量是总产量的30%;意大利、法国等国的气调贮藏苹果达冷藏总数的50%~70%以上<sup>[10]</sup>。与国外相比,我国气调保鲜技术起步晚、程度较低,随着我国社会经济的发展,气调保鲜技术也得到了很大的发展。目前,我国采用气调贮藏保鲜的果蔬种类达数十种,如苹果、葡萄、猕猴桃、香椿、茼蒿和花椰菜等;在甘肃、陕西以及四川等地区建成了多个气调保鲜贮藏库,为我国冬枣、脐橙、苹果、猕猴桃、玉米以及甜瓜等果蔬提供了贮藏基地<sup>[11]</sup>。

气调贮藏能够有效地减少贮藏损失,但在气调过程中也会由于不合理的气体组分对果蔬造成不良影响,因此筛选出适宜的气体组分对黄冠梨的保鲜贮藏尤为重要。早酥梨、黄金梨、南果梨等已有气调贮藏的报道,如姚尧等<sup>[12]</sup>研究了9种不同气调处理对早酥

梨品质的影响,在贮藏中,处理 $2(O_2(3\%\sim 4\%)+CO_2(1\%\sim 2\%))$ 、处理 $3(O_2(5\%\sim 6\%)+CO_2(1\%\sim 2\%))$ 、处理 $6(O_2(5\%\sim 6\%)+CO_2(3\%\sim 4\%))$ 等3个处理组都能保持早酥梨良好的色泽和生理品质,其中处理3和处理6效果最佳。刘更森等<sup>[13]</sup>研究得出,气调贮藏能延缓黄金梨果心褐变的出现,抑制呼吸作用,维持风味和产品品质。郭丹等<sup>[14]</sup>发现箱式气调能抑制贮藏过程中南果梨果实多酚氧化酶和过氧化物酶活性,显著降低果实的质量损失率、腐烂率、果皮褐变指数。

文中主要对黄冠梨适宜的气调贮藏气体组分进行筛选,并研究3种不同体积分数的 $O_2$ 组分气调处理( $O_2(1\%\sim 2\%)+CO_2(1\%\sim 2\%)$ ,  $O_2(3\%\sim 4\%)+CO_2(1\%\sim 2\%)$ ,  $O_2(5\%\sim 6\%)+CO_2(1\%\sim 2\%)$ )对黄冠梨的贮藏品质以及相关酶活性影响,为研究黄冠梨的采后贮藏保鲜奠定理论依据,具有理论和实际应用价值。

## 1 实验

### 1.1 材料与仪器

实验材料:黄冠梨,于2016年9月26日采自甘肃省白银市景泰县条山农场,选取七八分成熟、大小均一、无病虫害和机械损伤的梨果,采摘后于2016年9月30号运至天津农学院冷库,并进行分装、复检,剔除运输造成的机械损伤果后,将其装入内衬 $20\text{ }\mu\text{m}$ 微孔膜的塑料筐中。

主要仪器与设备: Isolcell气调柜,意大利 Isolcell 公司; NIMOS-VSA 制氮机,意大利 Isolcell 公司; Z323K 高速冷冻离心机,德国 HERMLE 公司; A11 分析用研磨机,德国 IKA 公司; Forma 702 超低温冰箱,美国 THERMO 科技有限公司; TA.XT.Plus 物性测试仪,英国 Stable Micro System 公司。

### 1.2 样品处理

黄冠梨于 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冷库中预冷24 h后,每天降低 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,缓慢降温至 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 后,开始进行气调处理,根据前期气调组分筛选试验结果,将试验分为3个处理组和1个对照组,分别为处理组1( $O_2$ 的体积分数为1%~2%, $CO_2$ 的体积分数为1%~2%)、处理组2( $O_2$ 的体积分数为3%~4%, $CO_2$ 的体积分数为1%~2%)、处理组3( $O_2$ 的体积分数为5%~6%, $CO_2$ 的体积分数为1%~2%)、对照组( $O_2$ 的体积分数为21%, $CO_2$ 的体积分数为0.03%),贮藏期温度为 $(0\pm 1)^{\circ}\text{C}$ ,膜内

相对湿度为90%~95%。每60 d取样一次,统计其褐变、腐烂情况,测定其呼吸强度、乙烯释放量、硬度、色差等生理指标。

### 1.3 测定指标及方法

#### 1.3.1 褐变率的测定

褐变率依照闫师杰<sup>[15]</sup>的方法,沿果实中心部位横切,观察褐变情况,记录褐变的个数,然后计算褐变率(%)。

#### 1.3.2 呼吸强度的测定

选取12个定果,分成3组,每组4个果,装入密闭性良好的闷气盒中,贮藏温度为(0±1)℃,贮藏1 h后每组分别抽取4针气体,每针1 mL,重复3次实验;使用CA-10CO<sub>2</sub>分析仪进行呼吸强度的测定。呼吸强度的计算公式如下:

$$Q = \frac{F \times 60 \times c}{22.4} \times \frac{44}{m} \times 10^{-6} \times \frac{273}{273 + t}$$

式中:  $Q$  为呼吸强度 (mg/(kg·h));  $F$  为气体流速 (mL/min);  $c$  为 CO<sub>2</sub> 的浓度 (μL/L);  $m$  为被测果实质量 (g);  $t$  为测定时的温度 (℃)。

#### 1.3.3 乙烯释放量的测定

梨果按1.3.2方法进行处理后,每个处理抽取4针气体测定乙烯释放量,重复3次实验。使用气相色谱仪进行测定,色谱条件:GDX-502填充柱、氢火焰离子化检测器(FID)、载气N<sub>2</sub>,入口温度为250℃,柱温为120℃,300℃温度探测器。乙烯释放量的计算公式如下:

$$R = \frac{c \times v}{m \times t \times 1000}$$

式中:  $R$  为乙烯释放量 (μL/(kg·h));  $c$  为气相色谱测定的样品气体中乙烯含量 (μL/L);  $v$  为容器密闭空间的体积 (mL);  $m$  为样品质量 (kg);  $t$  为测定时间 (h)。

#### 1.3.4 硬度的测定

每处理组随机取15个果,沿赤道部位双面测定,测定前将果皮削去约1 cm<sup>2</sup>。选择TPA法,使用P/2探头进行测定,测试速度为2 mm/s,深度为10 mm。果实硬度以每平方厘米面积所承受的压力来表示,单位为kg/cm<sup>2</sup>。

#### 1.3.5 好果率的测定

在贮藏末期检查梨果的腐烂状况,统计腐烂、发霉、褐变果实数量,并计算好果率,单位为%。

#### 1.3.6 色差的测定

选定12个梨果用于测定色差,在果实沿赤道方向的对侧进行标记,用于固定点的色差测定。使用SC-10色差仪,每隔60 d,测定 $b^*$ 值(黄度),结果取平均值。

#### 1.3.7 PPO活性的测定

参照曹建康<sup>[16]</sup>的方法并做修改。取1.0 g样品,置于研钵中,加入3 mL、pH值为6.8的磷酸缓冲液(内含PVPP(体积分数为5%) and Tritonx-100(体积分数为0.01%)),在冰浴下进行研磨,研磨均匀后置于10 mL离心管中,于4℃,14 000g下离心30 min,收集上清液,用于酶活性测定。酶活性以每分钟内OD<sub>420</sub>变化0.01为一个活性单位U,单位为U/(min·mg)。

#### 1.3.8 CAT活性的测定

CAT活性的测定方法参照闫师杰<sup>[15]</sup>的方法,并做修改。酶活体系包括1.5 mL、pH值为7.8的磷酸缓冲液,0.01 mL浓度为10 mmol/L的H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>,0.03 mL粗酶液。25℃恒温水浴后加粗酶提取液后每隔30 s读数记录OD<sub>240</sub>数值。重复3次实验,单位为U/(min·mg)。

### 1.4 数据分析

采用Excel 2010和SPSS12.0软件处理数据及相关分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同气调贮藏对黄冠梨褐变率的影响

黄冠梨在贮藏中易发生褐变,影响其品质,从而造成一定的经济损失。从图1可以看出,各处理组的黄冠梨褐变率随着贮藏时间的延长均呈上升趋势。贮藏60 d,对照组出现轻微褐变,褐变率为0.39%,其余各处理组均未出现褐变;120 d后,处理组2、处理组3开始出现褐变,对照组的褐变率显著高于各处理组。贮藏240 d时,对照组的褐变率为11.56%,是处理组2的1.89倍,处理组2的褐变率显著低于对照组( $P < 0.05$ )。统计分析表明,黄冠梨的褐变率随贮藏时间的延长而增加,气调处理抑制了呼吸和乙

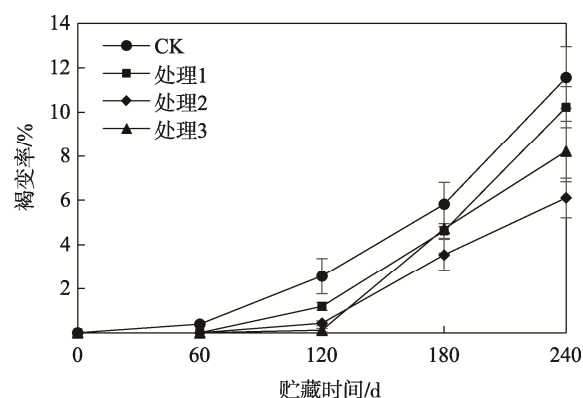


图1 不同气调贮藏对黄冠梨褐变率的影响  
Fig.1 Effects of different CA storage on browning rate of Huangguan Pear

烯代谢,从而推迟了呼吸和乙烯高峰的出现或降低了峰值(见图2—3),降低了果实的PPO活性,所以能够有效降低褐变率。其中处理组2的效果更加显著,能够有效抑制黄冠梨的褐变,有利于梨果的贮藏。

## 2.2 不同气调贮藏对黄冠梨呼吸强度的影响

呼吸作用是果实采后主要的生理代谢方式。不适宜的 $O_2$ 和 $CO_2$ 浓度组分会对果实的贮藏造成不利的影响。 $O_2$ 浓度过高,呼吸旺盛,则会加速果实有机物质的消耗,导致果实衰老; $O_2$ 浓度过低,则会造成无氧呼吸,导致乙醇和乙醛等有毒物质的积累,产生毒害作用。气调保鲜贮藏可以通过控制贮藏环境中的 $O_2$ 和 $CO_2$ 浓度组分,来控制果实的呼吸强度,达到延长贮藏时间的目的。由图2可知,黄冠梨是呼吸跃变型果实。在整个贮藏期间,对照组与处理组1的呼吸强度表现为先上升再下降再上升的变化趋势,且在120 d时出现了呼吸高峰;处理组2与处理组3的呼吸峰值发生在贮藏的180 d,表明 $O_2$ 浓度适宜地升高,能够推迟呼吸跃变的发生。在贮藏120 d时,对照组的呼吸强度为 $8.21 \text{ mg}/(\text{kg} \cdot \text{h})$ ,是处理组2的1.6倍,且显著高于其他各个处理组( $P < 0.05$ )。在贮藏第240天时,处理组2、处理组3的呼吸强度分别为 $2.44, 1.93 \text{ mg}/(\text{kg} \cdot \text{h})$ ,显著低于对照组( $P < 0.05$ )。统计分析表明,与对照组相比,气调处理组2、处理组3推迟了呼吸峰的出现,降低了峰面积,有效抑制了呼吸作用,延长了黄冠梨的贮藏时间。

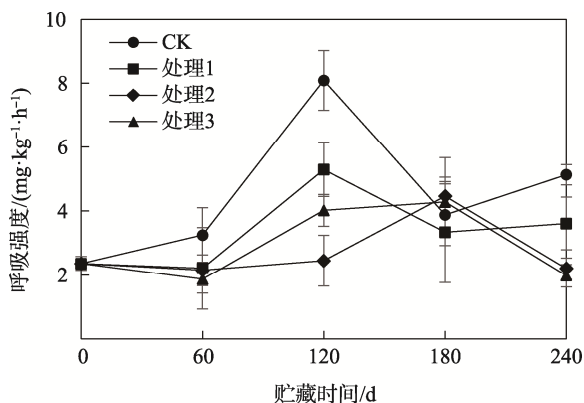


图2 不同气调贮藏对黄冠梨呼吸强度的影响  
Fig.2 Effects of different CA storage on respiration intensity of Huangguan Pear

## 2.3 不同气调贮藏对黄冠梨乙烯释放量的影响

梨果在贮藏期间产生的植物激素乙烯,是加速成熟衰老的因素之一。由于ACC生成乙烯是一个需氧过程,气调贮藏可以通过对贮藏环境中 $O_2$ 浓度的控制,来抑制乙烯的生物合成,延长果实的贮藏时间<sup>[17]</sup>。在整个贮藏期,各个处理的乙烯释放量总体表现为先

上升再下降的变化趋势,见图3。对照组在贮藏120 d时出现了乙烯释放高峰,乙烯释放量为 $2.17 \mu\text{L}/(\text{kg} \cdot \text{h})$ ,是初始值的2.21倍;气调处理则推迟了乙烯高峰的出现时间,处理组1、处理组2、处理组3均在贮藏180 d时形成乙烯高峰,表明气调处理能够减缓乙烯释放速率,抑制果实的成熟衰老。在贮藏240 d时,处理组2的乙烯释放量为 $1.10 \mu\text{L}/(\text{kg} \cdot \text{h})$ ,且在整个贮藏期处理组2梨果的乙烯释放量始终低于对照组。统计分析表明,与对照组相比,气调处理2能够有效降低乙烯的释放量,延缓乙烯高峰的出现,延长果实的贮藏时间。

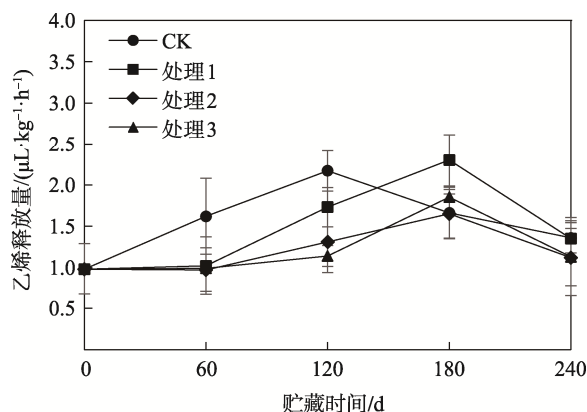


图3 不同气调贮藏对黄冠梨乙烯释放量的影响  
Fig.3 Effects of different CA storage on ethylene release of Huangguan Pear

## 2.4 不同气调贮藏对黄冠梨果实硬度的影响

硬度是衡量果实品质的一个重要指标。适宜的气调贮藏环境能够较好地维持果实的硬度,保持优质的口感<sup>[18]</sup>。在果实的生长发育过程中,随着果实的成熟衰老,果实逐渐软化,硬度下降。从图4可以看出,随着贮藏时间的延长,各个处理组梨果的硬度均呈下降趋势。贮藏60 d时,对照组、处理组3梨果的硬度分别为 $7.87, 7.96 \text{ kg}/\text{cm}^2$ ,二者差异不大;处理组

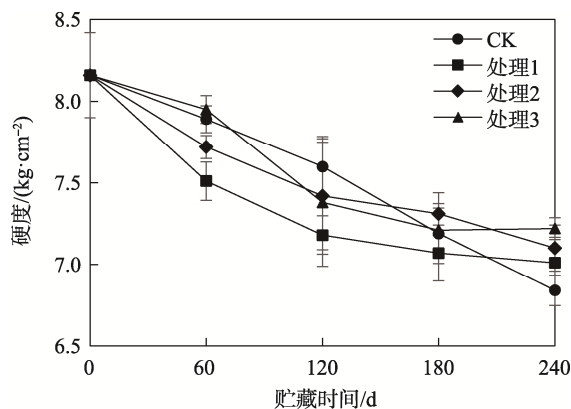


图4 不同气调贮藏对黄冠梨贮藏期硬度的影响  
Fig.4 Effects of different CA storage on hardness of Huangguan Pear in storage



1 的硬度显著低于其他 3 组 ( $P<0.05$ ), 表明不同的气体组分对梨果硬度的影响不同。到贮藏末期, 处理组 3、处理组 2 的硬度分别为  $7.23, 7.1 \text{ kg/cm}^2$ , 是对照组的 1.1 倍, 显著高于对照组 ( $P<0.05$ ), 表明在黄冠梨的气调保鲜中, 处理组 3、处理组 2 能较好地保持果实的硬度, 有效保持梨果的品质。

## 2.5 不同气调贮藏对黄冠梨色差的影响

果实成熟过程中, 果皮的色差代表了果实着色和果实内在成分的变化。在贮藏过程中, 黄冠梨易发生果皮褐变, 这种现象直接影响到果实的外观品质, 因此色差值中控制  $b^*$  值升高, 保持黄冠梨果皮鲜亮、嫩黄是气调贮藏期望达到的目标。在整个贮藏期间中, 各处理组的  $b^*$  值均呈缓慢上升趋势, 见图 5, 表明随着贮藏时间的延长, 果实逐渐衰老, 果皮慢慢变黄。贮藏前期,  $b^*$  值的生长缓慢, 到贮藏末期上升速率加快; 贮藏 240 d 时, 处理组 2、处理组 3 的  $b^*$  值分别为 24.06, 24.29, 显著低于对照组 ( $P<0.05$ ), 处理组 2 能够更加有效地抑制果皮变黄。

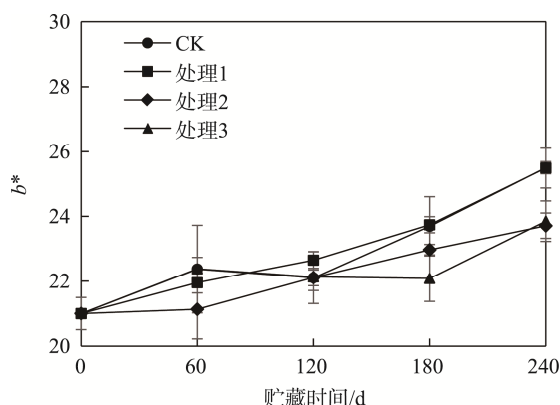


图 5 不同气调贮藏对黄冠梨  $b^*$  值的影响  
Fig.5 Effects of different CA storage on  $b^*$  value of Huangguan Pear

## 2.6 不同气调贮藏对黄冠梨好果率的影响

好果率即商品果率, 指符合商品标准果个数占统计总果数的百分比, 通过好果率能够更加直观地统计出气调保鲜对梨果贮藏品质的影响。从图 6 可以看出, 在贮藏 240 d 后, 处理组 2 的好果率高达 98.55%, 显著高于其他处理组; 处理组 1 和处理组 3 的好果率分别为 97.49%, 96.21%, 也均高于对照组, 表明气调处理能够更好地维持梨果品质, 其中处理组 2 的效果最佳。

## 2.7 不同气调贮藏对黄冠梨果心 PPO 活性的影响

多酚氧化酶是导致果实褐变的关键酶, 其会诱导邻醌迅速聚合成色素分子, 产生褐色物质。黄冠梨在贮藏期间易发生果心褐变, 降低 PPO 活性能够有效

抑制其褐变的发生, 减少经济损失。由图 7 可知, 在贮藏 180 d 时, 各处理组黄冠梨的 PPO 活性表现为先下降再上升再下降的变化趋势, 且在整个贮藏期对照组的 PPO 活性均高于处理组; 在贮藏 120 d 时对照组的 PPO 活性达到峰值, 为  $328.47 \text{ U/(min} \cdot \text{mg)}$ , 显著高于处理组 1、处理组 2 和处理组 3 ( $P<0.05$ ); 各个气调处理组间的 PPO 活性差异不大。随着贮藏时间的延长, 果实自身的抵抗能力得到增强, PPO 活性逐渐降低。在贮藏 180 d 时, 对照组的 PPO 活性为  $193.21 \text{ U/(min} \cdot \text{mg)}$ , 是处理组 2 的 1.2 倍, 处理组 2 显著低于对照组 ( $P<0.05$ ); 而处理组 1 的 PPO 活性为  $189.35 \text{ U/(min} \cdot \text{mg)}$ , 与对照组差异不大; 处理组 2、处理组 3 的 PPO 活性分别是 157.48、165.22  $\text{U/(min} \cdot \text{mg)}$ , 二者差异性不显著。表明气调贮藏能够降低 PPO 活性, 抑制黄冠梨的褐变, 其中处理组 2、处理组 3 的效果更佳。

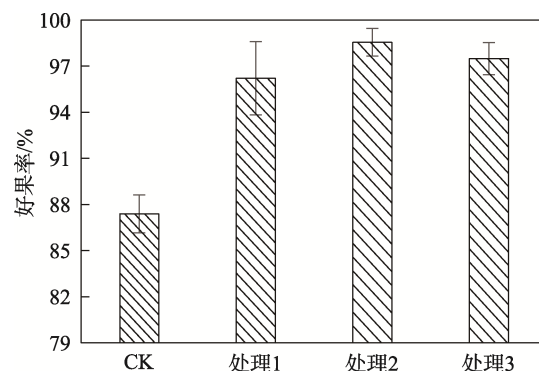


图 6 不同气调贮藏对黄冠梨贮藏末期好果率的影响  
Fig.6 Effects of different CA storage on marketable fruit rate of Huangguan Pear

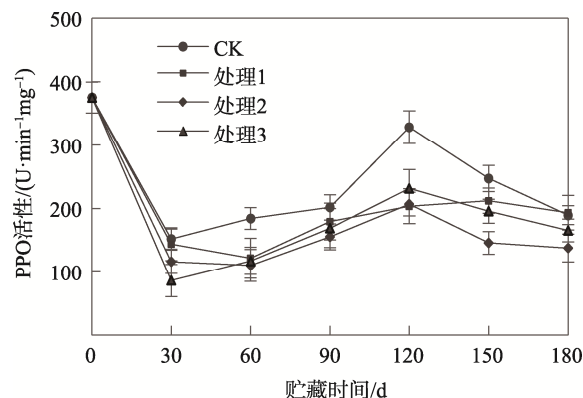


图 7 不同气调贮藏对黄冠梨 PPO 活性的影响  
Fig.7 Effects of different CA storage on PPO activity of Huangguan Pear

## 2.8 不同气调贮藏对黄冠梨果心 CAT 活性的影响

CAT 是植物体内重要的保护酶, 是过氧化物清除剂, 可保护细胞膜不受损害, 维持细胞结构的完整性<sup>[18]</sup>。Liu 等<sup>[19]</sup>对莱阳梨的研究表明, 气调贮藏可以

使 SOD, CAT, POD 维持较高的活性, 清除超氧阴离子、自由基等活性氧的能力增强, 更好地维持细胞的结构。各处理下黄冠梨果心 CAT 活性总体呈缓慢交叉下降趋势, 见图 8。在贮藏 60 d 时, 处理组 2 的 CAT 活性为 6.92 U/(min·mg), 是对照组的 1.9 倍, 显著高于对照组和其他处理组 ( $P<0.05$ )。说明此时处理组 2 的 CAT 清除  $H_2O_2$  能力加强, 增强了黄冠梨的抗逆性。在贮藏末期时, 处理组 1 的 CAT 活性最低, 仅为 2.27 U/(min·mg)。表明在不适宜的气体组分下进行气调保藏时, 反而会导致果实体内的抗氧化酶活性下降, 降低果实的抗性。

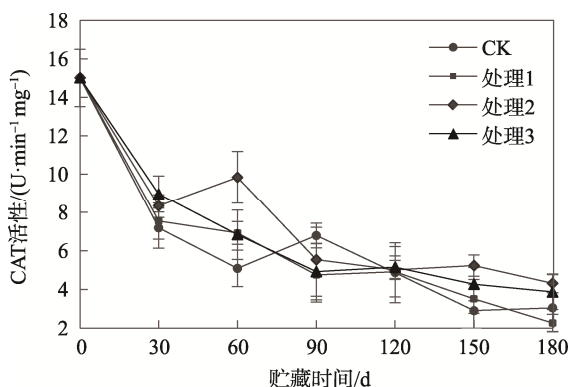


图 8 不同气调贮藏对黄冠梨 CAT 活性的影响  
Fig.8 Effects of different CA storage on CAT activity of Huangguan Pear

### 3 讨论

黄冠梨在贮藏中会出现呼吸高峰, 适宜的  $O_2$  和  $CO_2$  浓度能有效降低果实的呼吸强度, 推迟呼吸高峰的出现, 保持营养成分<sup>[20-21]</sup>。与传统冷藏相比, 气调贮藏通过控制环境中的气体组分, 主要是  $O_2$  和  $CO_2$  浓度, 能够延长果蔬的保质期, 保持果蔬品质, 减少养分流失等。Tran<sup>[22]</sup>研究表明, 苹果在  $O_2$  的体积分数为 0.4%、 $CO_2$  的体积分数为 3% 环境下, 温度为  $(1.2\pm 0.2)^\circ C$  的条件下进行贮藏, 可以保持良好的色泽, 减缓可溶性固形物含量、可滴定酸含量的下降, 贮藏期长达 10 个月, 能保持良好的果实品质。在梨果的贮藏过程中, 由于果实细胞间质物质的分解, 果实变得松软, 细胞与细胞分离, 导致细胞内渗透压降低, 水分丢失, 口感变差<sup>[23]</sup>。周慧娟等<sup>[24]</sup>研究了不同的  $CO_2$  和  $N_2$  的气体配比对“早生新水”梨果实贮藏品质的影响, 发现  $CO_2$  (1%)、 $N_2$  (8% 和 92%) 的气体配比可明显抑制果皮硬度的下降、果实葡萄糖的降解, 延缓了果实的褐变, 较好地保持了果实品质。此外, 低氧条件能抑制呼吸过程电子的传递, 减少了三磷酸腺苷 (ATP) 的生成, 进而降低了果实的呼吸速率; 过低氧环境也会给果实带来一定的伤害。鞠志国等<sup>[25]</sup>研究表明,  $O_2$  的体积分数小于 0.02% 时, 在梨的褐变率是  $O_2$  体积分数为 0.02%~0.05% 时的 2~3 倍,

因此筛选出适宜的气体组分对黄冠梨的气调保鲜贮藏十分重要。

### 4 结语

在温度为  $(0\pm 1)^\circ C$ 、相对湿度为 90%~95% 的条件下, 采用  $CO_2$  (1%~2%) 结合 3 种不同的  $O_2$  组分 (1%~2%, 3%~4%, 5%~6%) 对黄冠梨进行气调试验。实验结果表明,  $CO_2$  (1%~2%) 组合 3 种不同的  $O_2$  组分气调贮藏时, 均不同程度地降低了黄冠梨的呼吸强度和乙烯释放量, 抑制了果实的软化、果心多酚氧化酶活性和果皮变黄, 果心保持了较高的过氧化酶活性, 从而抑制了梨果褐变, 保持了较高的贮藏品质, 尤其以处理组 2 ( $O_2$  (3%~4%) +  $CO_2$  (1%~2%)) 效果更为显著, 是黄冠梨采后气调贮藏的最优气体组合。

### 参考文献:

- [1] 李荣梅, 马连奎, 杨晓平, 等. 黄冠梨在湖北省京山县的引种表现与栽培要点[J]. 中国南方果树, 2017, 46(6): 159—160.  
LI Rong-mei, MA Lian-kui, YANG Xiao-ping, et al. Introduction and Cultivation of Huangguan Pear in Jingshan County, Hubei Province[J]. South China Fruit Tree, 2017, 46(6): 159—160.
- [2] MARINEZA G, CIVELLO P. Effect of Heat Treatments on Gene Expression and Enzyme Activities Associated to Cell Wall Degradation in Strawberry Fruit[J]. Post-harvest Biology and Technology, 2008, 49(1): 38—45.
- [3] 郭文岚. 不同涂膜处理对黄冠梨抗氧化成分和抗氧化能力的影响[D]. 天津: 天津大学, 2012.  
GUO Wen-lan. Effects of Different Coating Treatments on Antioxidant Components and Antioxidant Capacity of Huangguan Pear[D]. Tianjin: Tianjin University, 2012.
- [4] 陈柏, 颜敏华, 王学喜, 等. 1-MCP 处理对常温贮藏黄冠梨褐心病和果实品质的影响[J]. 食品工业科技, 2016, 37(24): 342—345.  
CHEN Bai, JIE Min-hua, WANG Xue-xi, et al. Effect of 1-MCP Treatment on Brown Heart Disease and Fruit Quality of Huangguan Pear Stored at Room Temperature[J]. Science and Technology of Food Industry, 2016, 37(24): 342—345.
- [5] 冯云霄, 程玉豆, 何近刚, 等. MAP 结合 1-MCP 对“黄冠”梨果实常温贮藏品质的影响[J]. 保鲜与加工, 2017, 17(6): 1—5.  
FENG Yun-xiao, CHENG Yu-dou, He Jin-gang, et al. The Effect of MAP Combined with 1-MCP on the Storage Quality of "Huangguan" Pear Fruit at Room Temperature[J]. Storage and Processing, 2017, 17(6): 1—5.
- [6] 郭艳明, 董明, 张林玉, 等. 低能微波处理对黄冠梨果心褐变及贮藏品质的影响[J]. 食品与机械, 2016, 32(11): 102—106.  
GUO Yan-ming, DONG Ming, ZHANG Lin-yu, et al.

- Effects of Low Energy Microwave Treatment on Fruit Browning and Storage Quality of Huangguan Pear[J]. Food and Machinery, 2016, 32(11): 102—106.
- [7] 王玲利, 林春来, 韦洁敏, 等. 钙处理对黄冠梨贮藏品质的影响[J]. 中国园艺文摘, 2018, 34(6): 27—29. WANG Ling-li, LIN Chun-lai, WEI Jie-min, et al. Effects of Calcium Treatment on Storage Quality of Huangguan Pear[J]. Chinese Horticultural Digest, 2018, 34(6): 27—29.
- [8] BEAUDRY R. Effect of O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> Partial Pressure on Selected Phenomena Affecting Fruit and Vegetable Quality[J]. Postharvest Biology and Technology, 1999, 15: 293—303.
- [9] 黄敏. 水果的气调保鲜技术[J]. 中国科技信息, 2010, 24(31): 74—75. HUANG Min. The Modified Atmosphere Preservation Technology of Fruits[J]. China Science and Technology Information, 2010, 24(31): 74—75.
- [10] 汤石生, 刘军, 龚丽, 等. 果蔬保鲜贮藏技术研究进展[J]. 现代农业装备, 2018(4): 67—73. TANG Shi-sheng, LIU Jun, GONG Li, et al. Research Progress on Preservation of Fruit and Vegetable[J]. Modern Agricultural Equipment, 2018(4): 67—73.
- [11] 黄良, 刘全祖, 沈祖广, 等. 果蔬气调保鲜技术的发展现状[J]. 农业与技术, 2018, 38(3): 163—166. HUANG Liang, LIU Quan-zu, SHEN Zu-guang, et al. Development Status of Modified Atmosphere Preservation for Fruits and Vegetables[J]. Agriculture and Technology, 2018, 38(3): 163—166.
- [12] 姚尧, 张爱琳, 钱卉苹, 等. 不同气调条件对早酥梨采后生理品质的影响[J]. 食品工业科技, 2018, 11(39): 291—296. YAO Yao, ZHANG Ai-lin, QIAN Hui-ping, et al. Effects of Different Atmosphere Conditions on Postharvest Physiological Quality of Early Pears[J]. Science and Technology of Food Industry, 2018, 11(39): 291—296.
- [13] 刘更森, 林殿科, 樊连梅, 等. 气调贮藏条件下不同包装方式对黄金梨果实采后生理指标的影响[J]. 植物生理学报, 2013, 49(8): 771—777. LIU Geng-sen, LIN Dian-ke, FAN Lian-mei, et al. Effects of Different Packaging Methods on Postharvest Physiological Indexes of Golden Pear Fruits under Controlled Atmosphere Storage Conditions[J]. Acta Physiologica Sinica, 2013, 49(8): 771—777.
- [14] 郭丹, 郝义, 韩英群. 箱式气调贮藏对南果梨生理品质变化的影响[J]. 食品研究与开发, 2015, 36(16): 148—151. GUO Dan, HAO Yi, HAN Ying-qun. Effects of Box-type Modified Atmosphere Storage on Physiological Quality Changes of Nanguo Pear[J]. Food Research and Development, 2015, 36(16): 148—151.
- [15] 闫师杰. 鸭梨采后果实褐变的影响因素及发生机理的研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2005: 2—8. YAN Shi-jie. Study on the Factors Affecting Browning of Postharvest Pear Fruit and Its Mechanism[D]. Beijing: China Agricultural University, 2005: 2—8.
- [16] 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, 2013: 102—104. CAO Jian-kang, JIANG Wei-bo, ZHAO Yu-mei. Physiological and Biochemical Experiment Guidance for Postharvest Fruits and Vegetables[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2013: 102—104.
- [17] 孙志威. 我国气调贮藏技术的研究现状及展望[J]. 农产品加工(学刊), 2012(2): 97—99. SUN Zhi-wei. Research Status and Prospects of Controlled Atmosphere Storage Technology in China[J]. Academic Periodical of Farm Products Processing, 2012(2): 97—99.
- [18] 戚英伟, 田建文, 王春良. 水果气调贮藏保鲜研究进展[J]. 保鲜与加工, 2014, 14(4): 53—58. QI Ying-wei, TIAN Jian-wen, WANG Chun-liang. Advances in Controlled Atmosphere Storage of Fruits[J]. Storage & Process, 2014, 14(4): 53—58.
- [19] LIU R L, LAI T F, XU Y, et al. Changes in Physiology and Quality of Laiyang Pear in Long Time Storage[J]. Scientia Horticulturae, 2013, 150(2): 31—36.
- [20] 张力, 林庆扬, 李子臣, 等. 乙烯利对早酥梨果实的催熟效果[J]. 辽宁果树, 1986(4): 15—17. ZHANG Li, LIN Qing-yang, LI Zi-chen, et al. Effects of Ethephon on the Ripening of Early Pear Fruit[J]. Liaoning Fruits, 1986(4): 15—17.
- [21] 张耀章. 果蔬气调贮藏保鲜技术[J]. 世界农业, 2007(10): 64—65. ZHANG Yao-zhang. Modified Storage and Preservation Technology for Fruits and Vegetables[J]. World Agriculture, 2007(10): 64—65.
- [22] TRAN D T, VERLINDEN B E, HERTOOG M, et al. Monitoring of Extremely Low Oxygen Control Atmosphere Storage of 'Greenstar' Apples Using Chlorophyll Fluorescence[J]. Scientia Horticulturae, 2015, 184: 18—22.
- [23] 王亚. 丰水梨果实发育及贮藏期的品质变化研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2006. WANG Ya. Study on the Quality Changes of Fengshui Pear during Fruit Development and Storage[D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2006.
- [24] 周慧娟, 叶正文, 骆军, 等. 气调处理对'早生新水'梨贮藏品质的影响[J]. 中国农学通报, 2018, 34(28): 143—152. ZHOU Hui-juan, YE Zheng-wen, LUO Jun, et al. The Effect of Air-conditioning Treatment on the Storage Quality of 'Early Fresh Water' Pears[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2018, 34(28): 143—152.
- [25] 鞠志国, 朱广廉, 曹宗巽. 气调贮藏条件下 CO<sub>2</sub> 对莱阳梨果肉褐变的影响[J]. 园艺学报, 1988, 15(4): 229—232. JU Zhi-guo, ZHU Guang-lian, CAO Zong-xi. Effects of CO<sub>2</sub> on the Browning of Laiyang Avocado Pulp under Controlled Atmosphere Storage Conditions[J]. Journal of Horticulture, 1988, 15(4): 229—232.