

低氧贮藏对鸭梨品质和生理病害的影响分析

冯云霄, 何近刚, 程玉豆, 李丽梅, 关军锋

(河北省农林科学院遗传生理研究所, 河北石家庄 050051)

摘要: 为探讨低氧贮藏对鸭梨品质和生理病害的影响, 设置 1%、3%、5% 和 10% O_2 处理, 以空气贮藏作为对照, 分析其在冷藏 ($0\text{ }^{\circ}\text{C}$) 和货架期间 ($20\text{ }^{\circ}\text{C}$) 果实品质、黑皮、果心褐变和冷害发生情况。结果表明: 低氧处理 (1%、3%、5% 和 10% O_2) 可延缓鸭梨果实硬度下降, 抑制可溶性固形物含量 (SSC) 升高, 延缓 Vc 和可滴定酸含量降低; 3%、5% 和 10% O_2 处理果实黑皮指数较对照降低 38.81%、48.11% 和 33.51%, 而 1% O_2 处理黑皮指数较对照提高 7.74%; 5% 和 10% O_2 处理组果心褐变指数较对照减轻 51.64% 和 39.31%, 1% O_2 处理果实果心褐变较对照增加 44.43%; 1% 和 3% O_2 处理增加了果实冷害, 180 d 时冷害指数分别为 0.65 和 0.09。进一步研究发现, 3%、5% 和 10% O_2 处理能够延缓果心总酚含量下降, 显著抑制果皮相对电导率和果心 PPO 活性升高。综合分析表明, 5% O_2 处理对于保持鸭梨贮藏品质和减少生理病害效果最佳。

关键词: 鸭梨, 低氧, 气调, 贮藏品质, 生理病害

文章编号: 1673-9078(2020)11-114-120

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2020.11.0344

Effects of Low-oxygen Storage on the Quality and Physiological Disorder of 'Yali' Pear

FENG Yun-xiao, HE Jin-gang, CHENG Yu-dou, LI Li-mei, GUAN Jun-feng

(Institute of Genetics and Physiology, Hebei Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Shijiazhuang 050051, China)

Abstract: To explore the effects of low-oxygen storage on the fruit quality and physiological disorder of 'Yali' pear, fruit quality, skin darkening, core browning and chilling injury of 'Yali' pear during cold storage ($0\text{ }^{\circ}\text{C}$) and shelf life ($20\text{ }^{\circ}\text{C}$), in 1%, 3%, 5% and 10% of O_2 as well as in air (as the control), were examined. The results showed that the low-oxygen treatments (1%, 3%, 5% and 10% of O_2) delayed the decrease of fruit hardness, inhibited the increase of soluble solid contents, and delayed the decreases of Vc content and titrable acid content. Compared with the control, the skin darkening index decreased by 38.81% (in 3% O_2), 48.11% (in 5% O_2) and 33.51% (in 10% O_2), but increased by 7.74% in 1% O_2 . The core browning index was reduced by 51.64% and 39.31% in 5% and 10% O_2 , respectively, but increased by 44.43% in 1% O_2 . The treatments with 1% and 3% of O_2 increased the chilling injury of the fruits, with the chilling injury index being 0.65 and 0.09, respectively, at Day 180. Further investigations revealed that the treatment with 3%, 5% and 10% of O_2 delayed the decrease of the total phenolics content in the fruit core, and significantly inhibited the increases in the relative conductivity of the peel and the PPO activities of the fruit core. Comprehensive analysis showed that the treatment with 5% of O_2 offered the greatest effects on keeping the storage quality and reducing physiological diseases of Yali pear.

Key words: 'Yali' pear; low oxygen; controlled atmosphere; storage quality; physiological disorder

引文格式:

冯云霄,何近刚,程玉豆,等.低氧贮藏对鸭梨品质和生理病害的影响分析[J].现代食品科技,2020,36(11):114-120

FENG Yun-xiao, HE Jin-gang, CHENG Yu-dou, et al. Effects of low-oxygen storage on the quality and physiological disorder of 'Yali' pear [J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(11): 114-120

收稿日期: 2020-04-14

基金项目: 国家梨产业技术体系项目 (CARS-28-22); 河北省重点研发计划项目 (19227111D); 河北省农林科学院现代农业科技创新工程项目 (2019-2-1-1)

作者简介: 冯云霄 (1979-), 女, 副研究员, 研究方向: 果品贮藏保鲜

通讯作者: 关军锋 (1966-), 男, 博士, 研究员, 研究方向: 果实品质与贮藏加工技术

鸭梨是我国主栽梨品种之一, 因其果肉细腻多汁、酸甜适口而深受消费者喜爱, 在出口创汇、促进农业经济发展中发挥重要作用。但是, 鸭梨在冷藏及后续货架期间易发生黑皮和黑心, 降低了其商品质量, 给经营者造成巨大经济损失, 严重制约鸭梨产业的发展。

为延长鸭梨供应期, 保持良好品质, 减少其黑心和黑皮, 生产中常采用逐步降温^[1]、1-MCP 处理^[2]、

气调贮藏^[3-6]等方式,其中,以气调贮藏效果最佳。适宜的气体组合可防止梨组织褐变^[4-10],其中低氧气调贮藏可有效减少梨果实的黑皮和黑心现象^[7,8]。前人在鸭梨上的研究表明,适宜的气体组分能够减少组织褐变、保持果实品质^[3-6]。但缺乏系统的调控机理研究,尤其是低氧的影响了解更少。

本文系统研究了不同浓度 O₂ 贮藏条件下鸭梨品质变化规律,并从生理生化角度揭示了鸭梨组织褐变的机理,提出适宜鸭梨气调贮藏的 O₂ 浓度,以期为鸭梨气调贮藏提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

鸭梨于果实成熟期(2015年9月23日)采自河北赵县基地果园。将果实解去纸袋后,选取大小相近、无病虫害果实(平均单果重为 280.49±3.45 g、可溶性固形物含量为 12.89%±0.91%)进行下述处理。

1.2 处理方法

将鸭梨分别置于 20 L 密封的塑料气调箱中,低氧处理采取持续通入 O₂ 浓度分别为 1%、3%、5%和 10% (体积分数)的混合气体(用氮气调配),以通入空气作为对照(CK)。贮藏过程中,及时调整气流速度,确保箱体内部的气体含量保持恒定状态,符合试验处理浓度。每箱用果量 6 kg,每个处理 6 箱。于 0±0.5 °C 环境中贮藏。果实冷藏 180 d 后取出,直接置于 20±2 °C 下货架贮藏 7 d,记为 180+7 d。于采收当天、冷藏 60 d、120 d、180 d 和 180+7 d 时,统计果实各组织褐变和冷害情况,并测定果实品质和相关生理指标;取果皮、果心样品液氮速冻后,于 -80 °C 保存,备用。

1.3 测定指标及方法

1.3.1 果实硬度、可溶性固形物含量(SSC)、可滴定酸含量和 Vc 含量测定

硬度:采用 GY-4 型硬度计(浙江托普仪器有限公司生产)测定果实去皮硬度;SSC:使用 PAL-1 型手持数字糖度仪(日本 ATAGO 公司生产)测定;可滴定酸含量测定:采用酸碱滴定法测定,以苹果酸量计算;Vc 含量测定:采用中华人民共和国国家标准《水果、蔬菜 Vc 测定法-2,6-二氯酚靛酚滴定法》GB 3592-88。每次 3 个重复,每重复用果 10 个。

1.3.2 果心褐变指数

参考陈昆松等^[5]方法,按照果心褐变面积所占果心总面积分为 4 级:0 级,无褐变;I 级,0%<褐变

面积≤25%;II 级,25%<褐变面积≤50%;III 级,褐变面积>50%。每次 3 个重复,每重复用果 10 个。

果心褐变指数计算公式为:

$$\text{果心褐变指数} = \frac{\sum \text{褐变级别} \times \text{相应果实数}}{\text{果实总数} \times 3}$$

1.3.3 冷害指数

按照果皮水浸状斑所占果皮总面积比例分为 4 级:0 级,无水浸状斑;I 级,0%<水浸状斑面积≤25%;II 级,25%<褐变面积≤50%;III 级,褐变面积>50%,每次 3 个重复,每重复用果 10 个。

冷害指数计算公式为:

$$\text{冷害指数} = \frac{\sum \text{水浸状斑级别} \times \text{相应果实数}}{\text{果实总数} \times 3}$$

1.3.4 果皮褐变指数

参考 Zhou 方法^[11],按照果皮褐变面积所占果皮总面积比例分为 4 级:0 级,无褐变;I 级,0%<褐变面积≤25%;II 级,25%<褐变面积≤50%;III 级,褐变面积>50%。每次 3 个重复,每重复用果 10 个。

果皮褐变指数计算公式为:

$$\text{果皮褐变指数} = \frac{\sum \text{褐变级别} \times \text{相应果实数}}{\text{果实总数} \times 3}$$

1.3.5 果心总酚含量

参考李静等^[12]方法测定,取 2 g 果心,液氮研磨后加 80 mL 50%乙醇,超声提取 30 min,于 4 °C、10000 r/min 离心 15 min;取 0.2 mL 上清液,加入 3.3 mL 蒸馏水、0.5 mL Folin-phenol 试剂、1 mL 7% Na₂CO₃,30 °C 恒温水浴 2 h,于 760 nm 比色测定吸光度,以没食子酸制作标准曲线。每次 3 个重复。

1.3.6 果心 PPO 活性测定

PPO 提取和活性测定参考程玉豆等^[13]方法,称取研磨好的果心样品 1 g,加入 5 mL 0.1 M (pH=7.0) 磷酸缓冲液(内含 6% PVP),4 °C 12000 r/min 离心 15 min,取上清液用于测定 PPO 活性。将 200 μL 酶提取液加入到 25 °C 预热反应液中(含 25 mM 邻苯二酚的磷酸盐缓冲液, pH 6.0),使终体积为 4 mL。在 420 nm 波长下测定 OD 变化值,以每克样品每分钟吸光度变化值增加 1 作为 1 个过氧化物酶活性单位,单位为 U/min g。每次 3 个重复。

1.3.7 果皮相对电导率的测定

参照 Zhao 等^[14]的方法,用直径为 1 cm 的打孔器,沿果实赤道部打取果皮圆片,每组选取 25 个圆片,置于 25 mL 刻度试管中,用 0.1 mol/L 甘露醇漂洗后,定容至 25 mL,然后在摇床上 25 °C,100 r/min 条件下震荡 2 h,用 DSC-IIA 型电导率仪测定浸提液的电导率 C₁。沸水浴加热 15 min,待冷却至 25 °C 后,再

次测定电导率 C_2 。每次 3 个重复, 每重复用果 10 个。

按以下公式计算果皮相对电导率, 计算公式如下。

$$\text{相对电导率}/\% = \frac{C_1}{C_2} \times 100\%$$

1.3.8 果皮 α -法尼烯和共轭三烯含量测定

参照 Zhou 方法^[11]中的方法, 用直径为 1 cm 打孔器, 沿果实赤道部位打取果皮圆片, 20 片为 1 组, 置于 25 mL 刻度试管中, 然后加入 15 mL 正己烷, 室温下避光静置 2 h。浸提液经 Cleanert Florisil-SPE 柱子过滤后于 232 nm 波长下进行比色; 另取提取液, 于 281 nm 及 290 nm 波长下比色, 分别以摩尔吸光系数 $\epsilon_{232}=29000$ 、 $\epsilon_{281-290}=25000$ 计算 α -法尼烯、共轭三烯含量, 每次 3 个重复, 每重复用果 10 个。

1.3.9 数据处理

采用 SPSS 17.0 软件对数据进行统计分析, 采用 Duncan 法对数据进行相关分析和差异显著性多重比较。采用 Excel 对数据进行做图。

2 结果与分析

2.1 O_2 浓度对鸭梨硬度、SSC、可滴定酸含量、

Vc 含量的影响

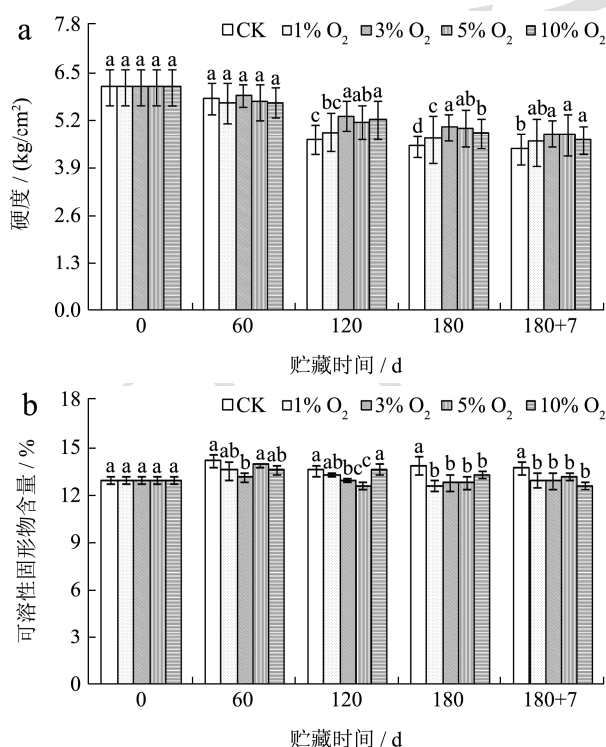


图 1 O_2 浓度对鸭梨贮藏期间硬度 (a) 和可溶性固形物含量 (b) 的影响

Fig.1 Effects of O_2 concentration on firmness (a) and soluble solids content (b) of 'Yali' pear during storage

注: 在相同贮藏时间内不同小写字母表示差异显著 ($p < 0.05$)。180+7 表示冷藏 180 d 后货架 7 d。下同。

果实硬度能够反映果实耐贮性, 是衡量贮藏效果的主要指标。1% O_2 处理与 CK 相比无显著差异; 3%、5% O_2 处理果实硬度 120 d 后显著高于 CK; 10% O_2 处理于 120 d 至 180 d 之间高于 CK。(图 1a)。与 CK 相比, 1% 和 10% O_2 处理果实 SSC 在冷藏 180 d 后显著低于 CK; 3% O_2 处理果实 SSC 60 d 后显著低于 CK; 5% O_2 处理果实 SSC 120 d 后显著低于 CK。(图 1b)。贮藏期间, 鸭梨可滴定酸含量呈下降趋势。1% O_2 、3% O_2 处理果实 60 d 后可滴定酸含量显著高于 CK; 5% O_2 、10% O_2 处理果实 120 d 后显著高于 CK。这说明, 低氧贮藏能够抑制鸭梨果实贮藏期间可滴定酸含量的降低(图 2a)。贮藏期间鸭梨 Vc 含量呈下降趋势。与 CK 相比, 低氧处理能保持较高的 Vc 含量(图 2b)。

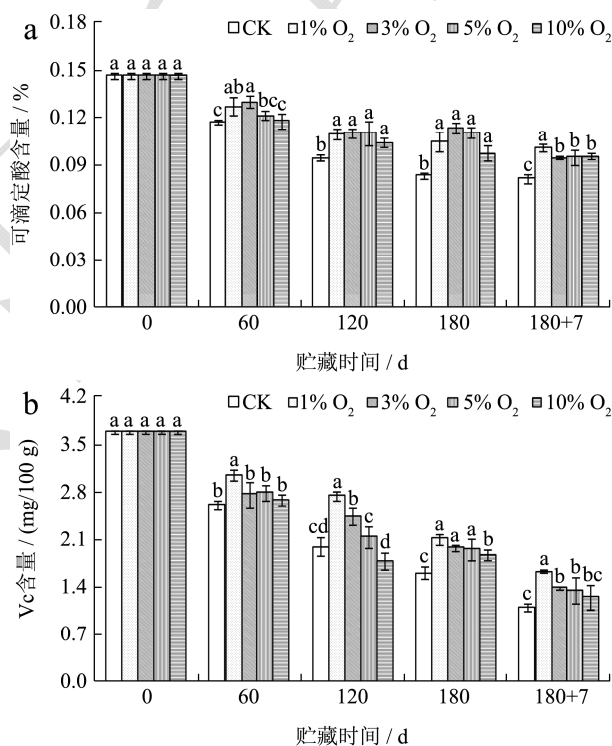


图 2 O_2 浓度对鸭梨贮藏期间可滴定酸 (a) 和 Vc (b) 含量的影响

Fig.2 Effects of O_2 concentration on titratable acid (a) and Vc (b) content of 'Yali' pear during storage

研究表明, 果实硬度变化与细胞壁的半纤维素及果胶物质的降解有关^[15], 气调贮藏有利于延缓果胶分解, 抑制果实成熟衰老进程和保持果实硬度^[16]。陈昆松^[6]采用 (7%~10%) O_2 和 0% CO_2 气调贮藏鸭梨, 能够保持贮藏期间果实较高硬度。本试验结果亦表明, 低氧贮藏在延缓鸭梨果实硬度下降方面有效。SSC、可滴定酸与 Vc 含量是果实内部品质的主要指标。低氧处理能有效抑制贮藏前期 SSC 升高, 保持较高的可

滴定酸与 Vc 含量 (图 1, 2), 这在其他梨品种贮藏中也有类似报道^[10,17,18], 说明, 适宜的低氧贮藏能够有效维持鸭梨冷藏及货架期果实内在品质。

2.2 O₂ 浓度对鸭梨贮藏期间果心褐变、酚类物质含量和多酚氧化酶 (PPO) 活性的影响

鸭梨果心褐变是贮藏过程中常见的生理性病害。低氧贮藏 (1%、3%、5%、10%) 自 60 d 时出现果心褐变现象。60 d 后, 与 CK 相比, 适宜的 O₂ 浓度 (5%、10%) 能够减少贮藏期间果心褐变, 但 1% O₂ 处理加重果心褐变。至 180+7 d 时, 1% O₂ 处理较 CK 加重 44.43%; 3% O₂ 处理与 CK 无显著差异; 5% O₂ 处理较 CK 减轻 51.64%; 10% O₂ 处理较 CK 减轻 39.31% (图 3a)。

贮藏期间, 总酚含量呈降低趋势。1% O₂ 处理 120 d 后果心中总酚含量显著低于 CK; 3% O₂ 处理 180 d 时显著低于 CK; 5% O₂ 处理 120 d 后显著高于 CK; 10% O₂ 处理 180 d 时显著高于 CK。这说明, 适宜的 O₂ 浓度能保持贮藏期间‘鸭梨’果心具有较高的酚含量, 1% O₂ 浓度加快果心中酚类物质的减少 (图 3b)。

贮藏前 60 d, ‘鸭梨’果心 PPO 活性变化较小, 60 d 后, 1% O₂ 处理 PPO 活性急剧增加, 其他组略有降低。与 CK 相比, 1% O₂ 处理 120 d 后显著高于 CK; 3% O₂ 处理与 CK 无显著差异; 5% 和 10% O₂ 处理在 120 d 后显著低于 CK (图 3c)。

陈昆松等^[5]研究表明, 采用 (7%~10%) O₂+0% CO₂ 气体组分结合缓慢降温方式贮藏鸭梨果实, 可控制早、晚期黑心病的发生, 更好地维持果实品质和延长贮藏寿命。胡花丽等^[9]对‘丰水’梨上的研究表明, 气调处理可推迟果心褐变的时间, 且 (8%~10%) O₂+3% CO₂ 处理可完全抑制果心的褐变。本研究表明, 5%、10% O₂ 处理能够减少贮藏过程中鸭梨果心褐变的发生, 至货架期, 5% 优于 10% O₂ 处理 (图 3a)。

酚类物质是果实组织中含有最多的次生代谢产物之一, 梨组织褐变是酚类物质在 PPO 作用下的生化反应^[1,19]、何近刚等^[20]研究表明, 鸭梨果心褐变指数与 PPO 活性呈极显著正相关关系。刘梦竹等^[21]认为, 黄金梨果心褐变的发生与果心膜脂过氧化水平密切相关, 贮藏期间, 抗氧化酶活性下降, 氧自由基含量升高, 果心酚类物质含量和 PPO 活性持续升高, 导致了果心褐变的发生。本试验结果表明, 适宜的低氧 (5%、10% O₂) 处理能够保持较低的果心 PPO 活性, 减少果心褐变的发生; 相反, 1% O₂ 处理的显著提高果心 PPO 活性, 增加果心褐变 (图 3c)。然而, 1% O₂ 处理明显

减少果心酚含量, 其他浓度 O₂ 处理的酚含量不低于对照 (图 3b)。这些说明, 相对于酚含量来说, 鸭梨果心褐变的发生可能与 PPO 活性高低关系更为密切, 适宜低氧处理 (5%、10% O₂) 减少果心褐变主要是由于降低 PPO 活性实现的。

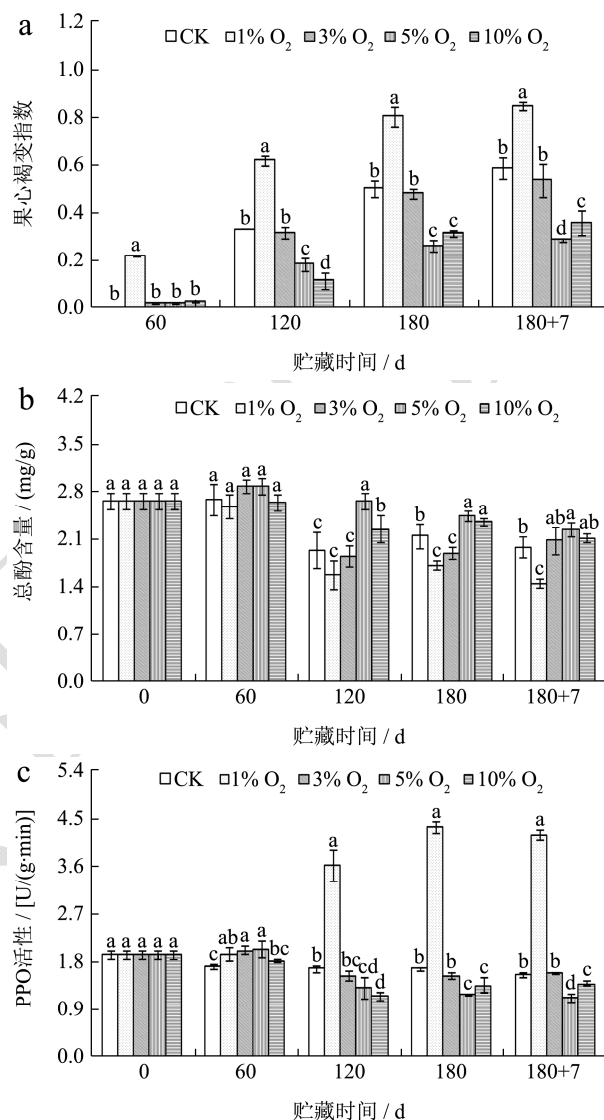


图 3 O₂ 浓度对鸭梨贮藏期间果心褐变指数 (a)、总酚含量 (b) 和 PPO 活性 (c) 的影响

Fig.3 Effects of O₂ concentration on browning index (a), total phenolic content (b) and PPO activity (c) of core tissue in ‘Yali’ pear during storage

2.3 O₂ 浓度对鸭梨贮藏期间果肉冷害指数的影响

冷藏期间, 1% O₂ 处理于 60 d 时观察到冷害发生, 至 180 d 时冷害指数为 0.649; 3% O₂ 处理于 120 d 时发生冷害, 至 180 d 时为 0.085 (表 1)。5% 与 10% O₂ 处理冷藏期间未发生冷害。研究表明, 冷藏时, 低氧

贮藏(1% O₂、5% CO₂、94% N₂)增加‘早生新水’梨^[22]果实的冷害,果肉呈水渍状,果皮有汁液溢出。本试验证明,不适宜的低氧(1%、3% O₂)会加剧鸭梨果实冷害(表1)。

表1 O₂浓度对鸭梨冷害指数的影响

Table 1 Effects of O₂ concentration on chilling injury index of

处理	冷害指数		
	60 ^d	120 ^d	180 ^d
CK	0 ^b	0 ^c	0 ^c
1% O ₂	0.02±0.02 ^a	0.19±0.02 ^a	0.65±0.07 ^a
3% O ₂	0 ^b	0.04±0.00 ^b	0.09±0.01 ^b
5% O ₂	0 ^b	0 ^c	0 ^c
10% O ₂	0 ^b	0 ^c	0 ^c

注:同一列中不同小写字母表示差异显著($p<0.05$)。下表同。

2.4 O₂浓度对鸭梨贮藏期间果皮相对电导率的影响

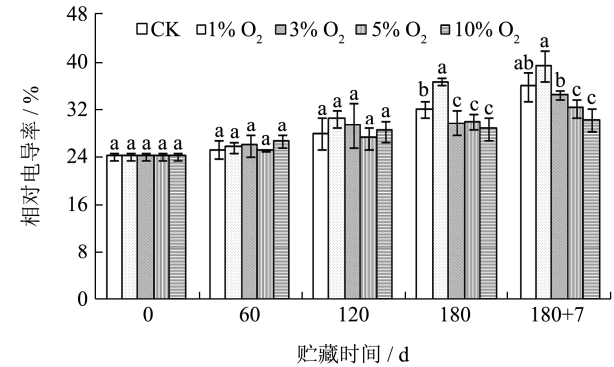


图4 O₂浓度对鸭梨贮藏期间果皮相对电导率的影响

Fig.4 Effects of O₂ concentration on relative conductivity of peel in ‘Yali’ pear during storage

果皮相对电导率反映细胞膜透性的高低,可以代表细胞膜的完整程度和稳定性,一定程度上反映了细胞膜受伤害的程度。贮藏期间,鸭梨果皮相对电导率增加,表明果皮细胞膜结构完整性破坏日趋严重。与CK相比,1% O₂处理于冷藏180 d时高于CK,3% O₂处理于冷藏180 d时低于CK,其他时期1%、3% O₂处理与CK相比无差异;5%、10% O₂处理于180 d后低于CK(图4),这与胡花丽等^[9]在丰水梨上的研究

相似,说明,5%、10% O₂处理有利于维持细胞膜完整性。

2.5 O₂浓度对鸭梨贮藏期间黑皮指数、果皮α-法尼烯和共轭三烯含量的影响

鸭梨冷藏期间,未发生黑皮现象,但在货架期间180+7 d出现黑皮现象。与CK相比,3% O₂、5% O₂和10% O₂处理减少黑皮38.81%、48.11%、33.51%,1% O₂加重黑皮7.74%。其中以5% O₂处理在抑制货架期间鸭梨黑皮方面效果最显著(表2)。

冷藏期间,鸭梨果皮α-法尼烯含量呈增长趋势。与CK相比,除180 d外,1% O₂处理明显降低α-法尼烯含量;3% O₂处理于冷藏60 d与货架期间的α-法尼烯含量显著低于CK;5% O₂处理于贮藏120 d、180 d显著高于CK;10% O₂处理一直高于CK(图5a)。

冷藏期间,果皮共轭三烯含量增长,货架期间降低。与CK相比,1% O₂处理果皮共轭三烯含量显著低于CK;3% O₂处理除120 d外,其他时间均显著低于CK;5%、10% O₂处理与CK相比无显著差异(图5b)。

黑皮是鸭梨长期冷藏中因生理失调引发的一种生理性病害,多认为与果皮中α-法尼烯及其氧化产物共轭三烯合成有关^[14,23]。亦有研究认为,和活性氧代谢失调,导致细胞膜结构破坏,多酚类物质及其氧化酶细胞中区域性分布被破坏有关^[24]。低氧贮藏能够减轻苹果^[25,26]、梨^[17,18,23]冷藏及货架期间果实虎皮病/黑皮。Calvo等^[23]研究发现,低氧贮藏能够抑制梨α-法尼烯及其氧化产物共轭三烯合成,减少黑皮发生。本研究表明,1% O₂处理在降低贮藏期间α-法尼烯及其氧化产物共轭三烯含量的同时,增加黑皮的发生(表2),但其他处理未发现α-法尼烯及共轭三烯与黑皮发生之前的明确关系。联系到贮藏期间果皮细胞膜透性的变化(图4),1% O₂处理增加果皮细胞膜透性,加重黑皮现象;3%、5%、10% O₂处理减轻果皮细胞膜透性,黑皮减少,这说明,在低氧环境下,鸭梨黑皮的发生可能与细胞膜的完整性遭到破坏引起的其他代谢途径有关,此情况下,α-法尼烯及其氧化产物共轭三烯的积累可能不是黑皮发生的主要原因。

表2 O₂浓度对鸭梨冷藏后货架期间黑皮指数的影响

Table 2 Effects of O₂ concentration on superficial scald index of ‘Yali’ pear at shelf life after cold storage

处理	CK	1% O ₂	3% O ₂	5% O ₂	10% O ₂
黑皮指数	0.18±0.00 ^b	0.20±0.01 ^a	0.11±0.01 ^c	0.09±0.01 ^d	0.12±0.01 ^c

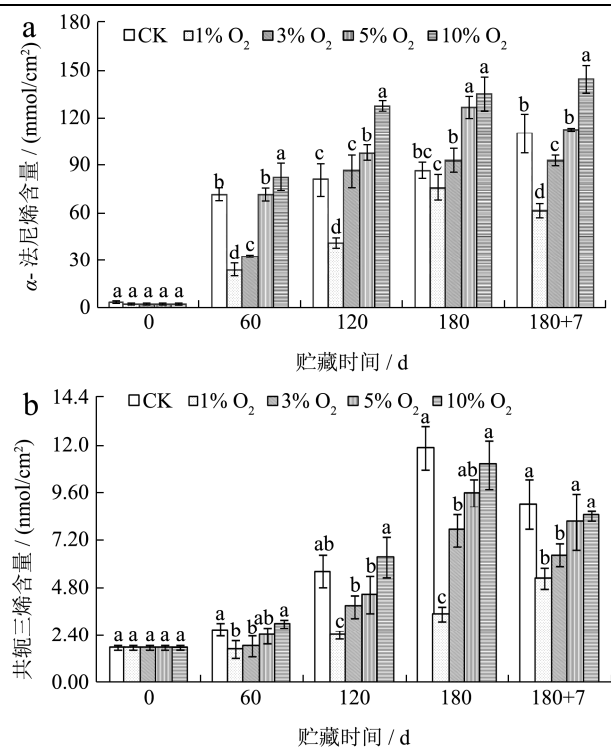


图5 O₂浓度对鸭梨贮藏期间果皮 α -法尼烯(a)和共轭三烯(b)含量的影响

Fig.5 Effects of O₂ concentration on α -farnesene (a) and conjugated trienes (b) contents of peel in 'Yali' pear during storage

3 结论

低氧贮藏(5%、10% O₂)可通过降低果心 PPO 活性,减轻果心褐变的发生,并维护果皮细胞膜完整性,减少货架期 7 d 时黑皮现象,还减少冷害现象,保持较高的果实硬度和品质。1% O₂ 明显加剧果实褐变和冷害。综合效果表明,5%的 O₂ 处理效果较好地维持鸭梨果实贮藏品质,减少生理病害。

参考文献

- 梁丽雅,胡小松,何爱红,等.降温方法对不同成熟度鸭梨果肉脂氧合酶活性和膜脂脂肪酸的影响[J].食品科技,2012,37(4):35-39
LIANG Li-ya, HU Xiao-song, HE Ai-hong, et al. Effect of different cooling methods on LOX activity and membrane fatty acid of different maturity Yali pear after harvest [J]. Food Science and Technology, 2012, 37(4): 35-39
- CHENG Yu-dou, LIU Li-qin, FENG Yun-xiao, et al. Effects of 1-MCP on fruit quality and core browning in 'Yali' pear during cold storage [J]. Scientia Horticulturae, 2019, 243: 350-356
- 赵瑞平,兰凤英,夏向东,等.不同温度下气调贮藏对鸭梨果实的影响[J].北方园艺,2005,2:70-72
ZHAO Rui-ping, LAN Feng-ying, XIA Xiang-dong, et al. Effect of CA on the Yali pear fruit under different temperature [J]. Northern Horticulture, 2005, 2:70-72
- 赵瑞平,夏向东.不同贮藏措施对鸭梨贮藏品质的影响[J].张家口农专学报,1999,15(1):34-37
ZHAO Rui-ping, XIA Xiang-dong. The induction of the storage quality of "Ya-Li" pear in the different storage measures [J]. Journal of Zhangjiakou Agricultural College, 1999, 15(1): 34-37
- 陈昆松,于樑,周山涛.鸭梨果实气调贮藏过程 CO₂ 伤害机理初探[J].中国农业科学,1991,24(5):83-88
CHEN Kun-song, YU Liang, ZHOU Shan-tao. A preliminary study on possible mechanism of CO₂ injury of 'Ya-li' pear (*Pyrus bretschneideri* Rehd) during CA storage [J]. Scientia Agricultura Sinica, 1991, 24(5): 83-88
- 陈昆松,于樑,周山涛.鸭梨果实采后生理及其气调贮藏气体组分研究[J].科技通报,1994,10(3):166-170
CHEN Kun-song, YU Liang, ZHOU Shan-tao. Study on postharvest physiology and O₂, CO₂ composition for CA storage of 'Ya' pear fruit [J]. Bulletin of Science and Technology, 1994, 10(3): 166-170
- Adriano Arriel Saquet. Storability of 'Conference' pear under various controlled atmospheres [J]. Erwerbs-Obstbau, 2018, 60: 275-280
- Kawhena T G, U L Opara, W J Botes, et al. Effect of repeated low oxygen stress (RLOS) on physiological disorders, physico-chemical properties and sensory parameters of 'Packham's Triumph' pears [J]. Acta Horticulturae, 2018, 1201: 65-74
- 胡花丽,李鹏霞,王毓宁,等.O₂和 CO₂ 对比对气调贮藏梨采后褐变及相关理化因子的影响[J].西北植物学报,2010,30(7):1441-1448
HU Hua-li, LI Peng-xia, WANG Yu-ning, et al. Postharvest physiological browning of hosui pear stored in different O₂ and CO₂ composition conditions [J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica 2010, 30(7): 1441-1448
- 李湘利,刘静,张子德.不同温度与气体组分对黄金梨采后生理及贮藏品质的影响[J].食品科技,2009,34(12):42-45
LI Xiang-li, LIU Jing, ZHANG Zi-de. Effects of different temperature and gas components on post-harvest physiology and storage quality of Whangkumbae [J]. Food Science and Technology, 2009, 34(12): 42-45
- ZHOU Shuo, CHENG Yu-dou, GUAN Jun-feng. The molecular basis of superficial scald development related to

- ethylene perception and α -farnesene metabolism in 'Wujiuxiang' pear [J]. *Scientia Horticulturae*, 2017, 216: 76-82
- [12] 李静, 聂继云, 李海飞, 等. Folin-酚法测定水果及其制品中总多酚含量的条件[J]. *果树学报*, 2018, 25(1): 126-131
- LI Jing, NIE Ji-yun, LI Hai-fei, et al. On determination conditions for total polyphenols in fruits and its derived products by Folin-phenol methods [J]. *Journal of Fruit Science*, 2018, 25(1): 126-131
- [13] 程玉豆, 关军锋. '鸭梨' 果心多酚氧化酶提取方法的优化[J]. *植物生理学报*, 2012, 48(10): 1021-1025
- CHENG Yu-dou, GUAN Jun-feng. Optimization of polyphenol oxidase extration in the core of 'Yali' pear [J]. *Plant Physiology Journal*, 2012, 48(10): 1021-1025
- [14] ZHAO Dan-ying, SHEN Lin, FAN Bei, et al. Ethylene and cold participate in the regulation of LeCBF1 gene expression in postharvest tomato fruits [J]. *FEBS letters*, 2009, 583(20): 3329-3334
- [15] 闫根柱, 赵迎丽, 王亮, 等. 乙烯吸收剂对丰水梨果实软化和细胞壁代谢的影响[J]. *中国农学通报*, 2013, 29(19): 170-174
- YAN Gen-zhu, ZHAO Ying-li, WANG Liang, et al. Effect of ethylene absorbent on Fengshui fruit softening and its cell wall metabolism [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2013, 29(19): 170-174
- [16] Sara Remón, Ferrer A, Marquina P, et al. Use of modified atmospheres to prolong the postharvest life of Burlat cherries at two different degrees of ripeness [J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2000, 80(10): 1545-1552
- [17] Adriano Arriel Saquet. Torability of 'Conference' pear under various controlled atmospheres [J]. *Erwerbs-Obstbau*, 2018, 60: 275-280
- [18] T G, Kawhena, U L Opara, W J Botes, et al. Effect of repeated low oxygen stress (RLOS) on physiological disorders, physico-chemical propertis and sensory parameters of 'Packham's Triumph' pears [J]. *Acta Horticulturae*, 2018, 1201(10): 65-74
- [19] 郝利平, 寇晓虹. 梨果实采后果心褐变与细胞膜结构变化的关系[J]. *植物生理学通讯*, 1998, 34(6): 471-474
- HAO Li-ping, KOU Xiao-hong. Relationship between postharvest core browning of pear fruit and change of cell membrane structure [J]. *Plant Physiology Communications*, 1998, 34(6): 471-474
- [20] 何近刚, 冯云霄, 程玉豆, 等. 套袋对鸭梨采后生理及贮藏品质的影响[J]. *保鲜与加工*, 2017, 17(2): 25-30
- HE Jin-gang, FENG Yun-xiao, CHENG Yu-dou, et al. Effect of fruit bagging on physiology characteristics and quality of 'Yali' pear during storage [J]. *Storage and Process*, 2017, 17(2): 25-30
- [21] 刘梦竹, 周宏胜, 胡花丽, 等. 采收期对黄金梨果心褐变和膜脂过氧化的影响[J]. *山西农业大学学报(自然科学版)*, 2020, 40(1): 38-43
- LIU Meng-zhu, ZHOU Hong-sheng, HU Hua-li, et al. Effents of different harvest time on membrane lipid peroxidation and browning reaction of fruit core of *Whang keumbae* [J]. *Journal of Shanxi Argicultural University (Natural Science Edition)*, 2020, 40 (1): 38-43
- [22] 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. Effect of controlled atmosphere on storage quality of 'Zaoshengxinshui' pear [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2018, 34(28): 143-152
- [23] Calvo G, Candan A P, Recasens I, et al. The role of endogenous antioxidants in scald development of 'Beurré D'Anjou' pears under different storage systems [J]. *Acta Horticulturae*, 2018, 1194: 411-418
- [24] FENG Yun-xiao, CHENG Yu-dou, HE Ji-gang, et al. Effects of 1-methylcyclopropene and modified atmosphere packaging on fruit quality and superficial scald in Yali pears during storage [J]. *Journal of Integrative Agriculture*, 2018, 17(7): 1667-1675
- [25] Giné Bordonaba, Jordi, Matthieu-Hurtiger V, Westercamp P, et al. Dynamic changes in conjugated trienols during storage may be employed to predict superficial scald in 'Granny Smith' apples [J]. *LWT Food Science & Technology*, 2013, 54(2): 535-541
- [26] Sabban-Amin R, Feygenberg O, Belausov E, et al. Low oxygen and 1-MCP pretreatments delay superficial scald development by reducing reactive oxygen species (ROS) accumulation in stored 'Granny Smith' apples [J]. *Postharvest Biology & Technology*, 2011, 62(3): 295-304