

成熟度对‘红香酥’梨冷藏及货架期品质的影响

冯云霄, 何近刚, 程玉豆, 李楠, 王金萧, 关军锋*

(河北省农林科学院遗传生理研究所, 石家庄 050051)

摘要: **目的** 比较不同采收成熟度‘红香酥’梨果实低温贮藏及货架期品质的差异。**方法** 基于吸光度差值(I_{AD})将‘红香酥’梨果实成熟度分为3个等级(低、中、高)。将果实置于 (0 ± 0.5) °C条件下冷藏210、300 d后在 (20 ± 1) °C货架下放置7 d, 比较冷藏及常温货架条件下, 低(1.30~1.63)、中(0.98~1.30)、高成熟度(0.65~0.98)‘红香酥’梨果实的果皮色差(L 值和 h°)、硬度、可溶性固形物含量(soluble solids content, SSC)、可滴定酸(titratable acid, TA)含量、固酸比、感官分值、果心褐变指数和腐烂率。**结果** 随着贮藏期的延长, 各成熟度果实的硬度、可滴定酸含量、感官分值下降; 固酸比、果心褐变指数、腐烂率升高。低成熟度果实色度角(h°)降低, L 值和SSC升高; 中成熟度果实 h° 、SSC降低; 高成熟度果实SSC降低。高成熟度果实SSC、固酸比(SSC/TA)、果心褐变指数显著高于中、低成熟度($P<0.05$), 可滴定酸含量、果皮 h° 显著低于中、低成熟度($P<0.05$)。3个成熟度果实硬度无显著差异($P>0.05$), 低、中成熟度果实的果实果心褐变指数显著低于高成熟度果实($P<0.05$), 但低、中成熟度果实间无差异($P>0.05$)。至冷藏300 d后货架7 d时, 相比较高成熟度果实, 低、中成熟度果实果心褐变指数分别低19.83%、23.67%, 固酸比低35.48%、30.62%, 中成熟度果实腐烂率显著低于低、高成熟度果实63.66%、57.14% ($P<0.05$), 但低、高成熟度间无差异($P>0.05$)。**结论** 采收成熟度对‘红香酥’梨贮藏效果的影响较大, 低成熟度果实适合中期贮藏, 中成熟度果实更适合长期贮藏, 高成熟度果实适合短期贮藏。

关键词: 红香酥梨; 成熟度; 贮藏品质; 耐贮性

Effect of different harvest maturity on quality of ‘Hongxiangsu’ pear during cold storage and subsequent shelf life

FENG Yun-Xiao, HE Jin-Gang, CHENG Yu-Dou, LI Nan, WANG Jin-Xiao, GUAN Jun-Feng*

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

ABSTRACT: Objective To compare the difference in low-temperature storage and shelf life quality of ‘Hongxiangsu’ pears with different harvest maturities. **Methods** The ‘Hongxiangsu’ pear fruit were firstly divided into 3 grades of maturity (low, medium and high) based on the absorbance difference (I_{AD}) value. The fruit was stored at (0 ± 0.5) °C for 210 d and 300 d, and then put on shelf at (20 ± 1) °C for 7 d. The peel color difference (L value and h°), firmness, soluble solids content (SSC), titratable acid (TA), solid acid ratio, sensory score, core browning index and decay rate of ‘Hongxiangsu’ pear fruits of low (1.30-1.63), medium (0.98-1.30) and high maturity (0.65-0.98)

基金项目: 财政部和农业农村部: 国家现代农业产业技术体系资助项目(CARS-28-23)、河北省农林科学院创新工程项目(2019-2-1-1)、河北省现代农业产业技术体系项目(HBCT2018100207)

Fund: Supported by China Agriculture Research System of MOF and MARA (CARS-28-23), HAAFS Agriculture Science and Technology Innovation Project (2019-2-1-1), and Agriculture Research System of Hebei Province (HBCT2018100207)

*通信作者: 关军锋, 博士, 研究员, 主要研究方向为果实品质与贮藏加工技术。E-mail: junfeng-guan@263.com

*Corresponding author: GUAN Juan-Feng, Ph.D, Professor, Institute of Genetics and physiology, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences, 598 Peace Road, Shijiazhuang 050051, China. E-mail: junfeng-guan@263.com

were compared under cold storage and ambient temperature shelf conditions. **Results** The firmness, titratable acid content and sensory score of different maturity fruit decreased with the prolongation of storage, while the solid acid ratio, core browning index and decay rate increased gradually. Peel h° low maturity fruit decreased, while the L value and SSC increased. Peel h° and SSC of medium maturity fruit displayed downward trend. The SSC of high maturity fruit appeared downward trend. The SSC, the solid acid ratio and core browning index of high maturity fruit were distinctly higher than those of low and medium maturity ($P>0.05$), but the TA content and peel h° were significantly lower than those of low and medium maturity ($P<0.05$). There was no significant difference in firmness among the 3 maturities fruit ($P>0.05$), the core browning index of high maturity was significantly higher than other maturity fruit, but there was no obvious difference between low and medium maturity fruit ($P>0.05$). Until 300 d of cold storage and 7 d at shelf life, compared with high maturity, the core browning index reduced by 19.83% and 23.67% in low and medium maturity fruit, and the solid acid ratio reduced by 35.48% and 30.62% in low and medium maturity fruit. The decay rate of middle maturity fruit was significantly lower ($P<0.05$) than those of low and high maturity fruits by 63.66% and 57.14%, but there was no difference between low and high maturity fruit ($P>0.05$). **Conclusion** The harvest maturity is an important factor for the storage of 'Hongxiangsu' pear fruit. The fruit of low maturity is suitable for medium-term cold storage. The fruit with middle maturity is suitable for long-term cold storage, while the fruit with high maturity is suitable for short-term storage.

KEY WORDS: 'Hongxiangsu' pear; maturity; storage quality; storability

0 引言

'红香酥'梨是由中国农业科学院郑州果树研究所'库尔勒香梨'和'鹅梨'杂交培育而成的新优梨品种之一。其果实椭圆,大部分果皮呈绿黄色,向阳面带红色,果肉酥脆,酸甜适口,深受消费者喜爱。但是,该品种梨在贮藏期间易发生果心褐变和腐烂现象,严重影响梨果实的商品价值,因此,如何延长贮藏期,保持贮藏品质对于红香酥梨果产业发展具有重要意义。

影响果实贮藏的因素有很多,其中采收成熟度是影响果实品质和贮藏性的重要因素之一^[1-3]。DA-Meter 是一种新式果实采收成熟度检测设备,能够通过该设备上 LED 灯照射果实表面,测定果皮中接近叶绿素 a 高峰处的吸光度差值(I_{AD})来判定水果的成熟度。研究表明,利用 DA-Meter 设备能够对桃^[4]、苹果^[5-6]、梨^[7]等果实进行成熟度的划分。关晔晴等^[8]研究发现'红香酥'梨果实 I_{AD} 值能够有效反映果实的品质和成熟度,但基于 I_{AD} 值对不同成熟度'红香酥'梨果实贮藏效果的研究却鲜有报道。因此本研究应用 DA-meter 对'红香酥'梨进行成熟度划分后,将果实置于 0 °C 冷藏,就不同成熟度对其果实风味品质和贮藏效果进行比较分析,旨在为'红香酥'梨采收和贮藏保鲜提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与处理

实验用果为'红香酥'梨,于 2019 年 9 月 18 日采自深州梨果试验基地果园,采后当天运回实验室,当晚散

去田间热后,次日选取大小一致、无病虫害、无机械损伤的果实作为实验用果。利用 DA-meter 设备对果实赤道部位相对两点测定 I_{AD} 值,将果实成熟度划分为 3 个等级,即:低成熟度: I_{AD} 值在 1.30~1.63 之间,大部分果皮颜色为青绿色;中成熟度: I_{AD} 值在 0.98~1.30 之间,大部分果皮颜色为黄绿色;高成熟度: I_{AD} 值在 0.65~0.98 之间,大部分果皮颜色为黄色。将分级后的果实装入瓦楞纸箱中置于(0±0.5) °C 冷藏库中贮藏。果实分别于处理当日、冷藏 210 d、冷藏 210 d 后(20±1) °C 常温货架 7 d (210 d+7 d)、冷藏 300 d、冷藏 300 d 后(20±1) °C 常温货架 7 d (300 d+7 d) 时测定品质指标,并统计果实果心褐变、腐烂情况。

1.2 仪器与设备

GY-4 型硬度计(浙江托普仪器有限公司); PAL-1 型手持数字糖度仪(日本 ATAGO 公司); CR-400 色差计(日本 MINOLTA 公司); DA-meter 设备(北京阳光亿事达公司)。

1.3 测定方法

1.3.1 硬度、可溶性固形物、可滴定酸含量、固酸比测定
采用 GY-4 型硬度计,随机选取果实赤道部位相对两点测定去皮后硬度;可溶性固形物含量(soluble solids content, SSC)使用 PAL-1 型手持数字糖度仪测定;可滴定酸(titratable acid, TA)含量采用酸碱滴定法测定,用苹果酸含量表示结果;固酸比=SSC/TA。

1.3.2 果皮色度测定

使用 CR-400 色差计沿果实赤道相对 2 个点测定 L 、 a 、 b 值,用 L 值表示色系统的亮度值,用色度角

$h^\circ=180^\circ+\arctan(a/b)$ 表示色泽的变化。

1.3.3 果心褐变指数

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, $0\% < \text{褐变面积} \leq 25\%$; II 级, $25\% < \text{褐变面积} \leq 50\%$; III 级, 褐变面积 $> 50\%$ 。

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

1.3.4 腐烂率

按照腐烂果数占统计总果数的百分比计算。

1.3.5 感官评价

参照王志华等^[9]的方法, 修改如下: 选择专业人员 8 人, 对不同成熟度果实进行盲评, 根据评价标准进行打分(表 1), 评价标准见表 1。最后将每个成熟度果实的各项得分求和得到总和评价得分。

表 1 ‘红香酥’梨果实感官评价标准
Table 1 Sensory evaluation standard of ‘Hongxiangsu’ pear fruit

评价项目	评价标准	分值
外观色泽	果皮鲜绿—暗绿—黄绿—黄色分值降低	0~5
口感	果肉酥脆、风味佳—果肉软、风味淡分值降低	0~5
汁液	汁液越多分值越高	0~5
糖度	甜度越高分值越高	0~5
酸度	酸度越高分值越高	0~5
香味	梨果香味越高分值越高	0~5
异味	异味越高分值越低	0~(-5)

1.4 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 对数据进行作图。

2 结果与分析

2.1 成熟度对‘红香酥’梨果实贮藏期间果皮颜色的影响

在 L 、 a 、 b 色度空间中, L 值表示亮度, 值越大, 果皮颜色越亮, 果实油腻化越严重^[10]。 h° 为色度角, 值越大, 果面颜色越偏向绿色, 数值越小越偏向黄色。

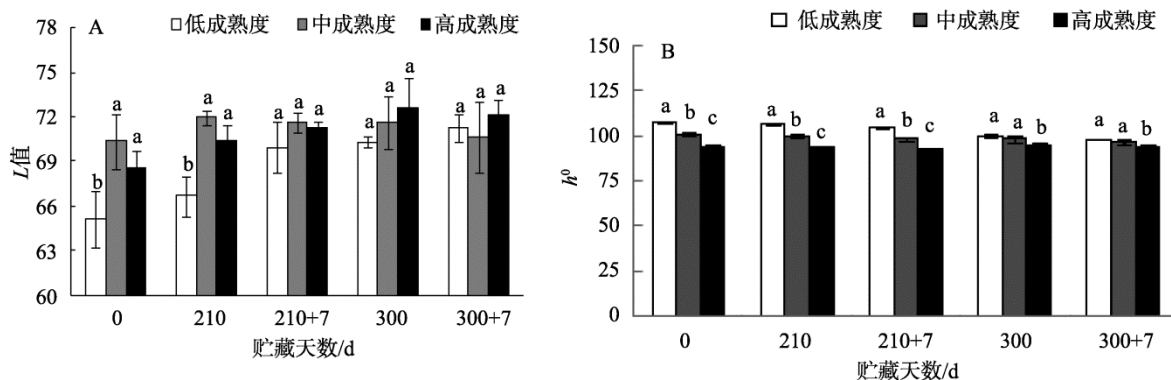
随着果实的成熟衰老, ‘红香酥’梨果皮颜色由绿转黄, 并伴有油腻化。由图 1A 可见, 贮藏期间, 低成熟度果实果皮 L 值升高明显, 中、高成熟度果实变化较小(70.3~72.6)。采收期及冷藏 210 d 时, 低成熟度果实 L 值显著低于中、高成熟度果实($P < 0.05$), 之后的贮藏阶段, 3 个成熟度果实 L 值之间无显著性差异($P > 0.05$)。

采收期, 随着采收成熟度升高果实 h° 降低。冷藏及货架期间, h° 为降低趋势。冷藏 210 d 及冷藏 210 d 后货架 7 d 时, 低、中成熟度果实 h° 显著高于高成熟度($P < 0.05$), 低成熟度果实 h° 高于中成熟度, 至冷藏 300 d 及冷藏 300 d 后货架 7 d 时, 低、中成熟度果实 h° 无显著性差异($P > 0.05$), 但均高于高成熟度果实(图 1B)。

2.2 成熟度对‘红香酥’梨果实贮藏期间硬度、SSC、TA、固酸比的影响

冷藏及货架期, 果实硬度下降。3 个成熟度果实在整个贮藏期间的硬度无显著性差异($P > 0.05$)(图 2A)。

采收期, 果实 SSC 随着成熟度的升高而增加。冷藏期间, 低成熟度果实 SSC 增长, 中、高成熟果实 SSC 下降。冷藏 210 d 后货架 7 d 时, 低成熟度果实 SSC 升高, 中、高成熟度果实 SSC 下降; 至冷藏 300 d 后货架 7 d 时, 高成熟度果实 SSC 显著高于低成熟度 9.44%, 但高成熟度与中成熟度果实之间、中成熟度与低成熟度果实之间 SSC 含量无显著性差异($P > 0.05$)(图 2B)。



注: 同一贮藏时间字母不同表示差异显著($P < 0.05$), 以下同。

图 1 不同成熟度对‘红香酥’梨果实果皮颜色的影响($n=3$)

Fig.1 Effects of different maturity on peel color of ‘Hongxiangsu’ pear ($n=3$)

采收期,低、中成熟度果实可滴定酸含量无显著性差异($P>0.05$),但均高于高成熟度果实。冷藏及货架期间,3个成熟度果实可滴定酸含量降低。低、中成熟度果实可滴定酸含量无显著性差异($P>0.05$),但高于高成熟度,至冷藏300 d后货架7 d时,低、中成熟度果实可滴定酸含量显著高于高成熟度果实40.74%、33.33%(图2C)。

固酸比反映果实风味,采收期,低、中成熟度果实固酸比无显著性差异($P>0.05$),但均低于高成熟度果实;冷藏期间,低、中成熟度果实固酸比增长,高成熟度果实为先增后降趋势;货架期间,3个成熟度果实固酸比均为增长

趋势。至冷藏300 d后货架7 d时,高成熟度果实固酸比显著高于低、中成熟度果实35.48%、30.62%(图2D)。

2.3 成熟度对‘红香酥’梨果实贮藏期间感官分值的影响

采收期,高成熟度果实感官分值最高,低成熟度果实感官分值最低。在冷藏期及货架期,各成熟度果实的感官分值下降,冷藏210 d后及货架期间,以中成熟度果实感官分值最高,高成熟度果实感官分值最低。从感官评价方面考虑,长期贮藏以后,果实的感官品质发生了变化。高成熟度果实适合短期消费,中成熟度果实适合中、长期贮藏(表2)。

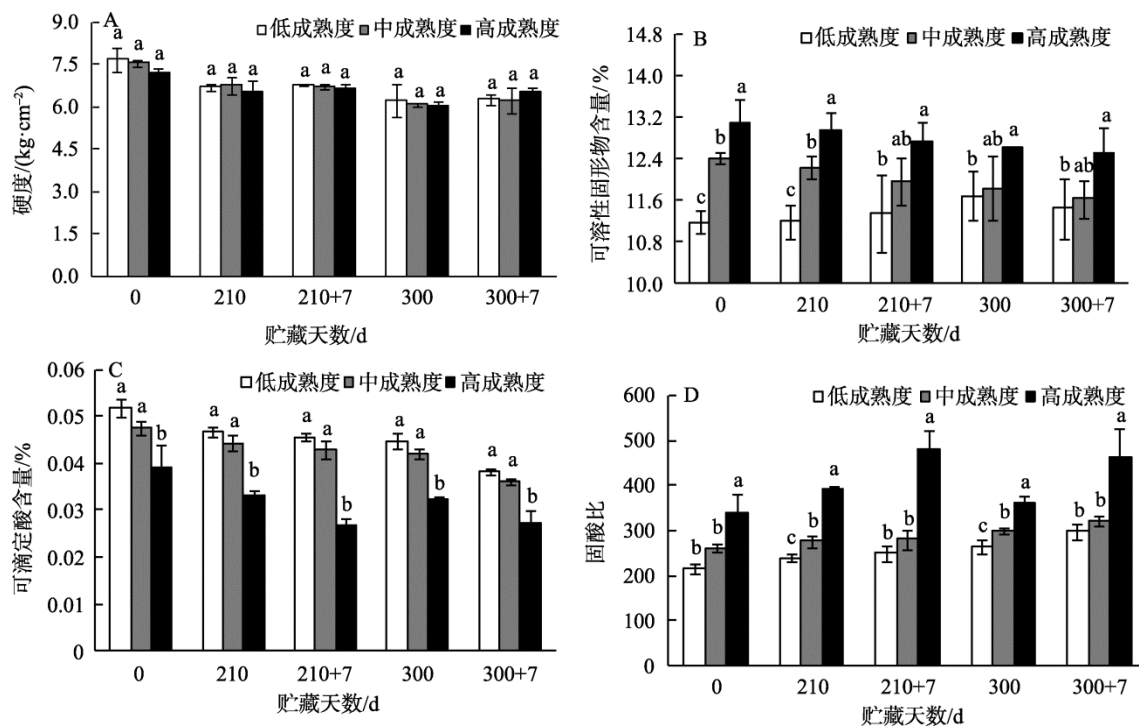


图2 不同成熟度对‘红香酥’梨贮藏期间硬度(A)、可溶性固形物含量(B)、可滴定酸含量(C)、固酸比(D)的影响($n=3$)

Fig.2 Effect of different maturity on fruit firmness (A), SSC (B), TA content (C) and SSC/TA (D) of ‘Hongxiangsu’ pear ($n=3$)

表2 不同成熟度对‘红香酥’梨果实感官分值的影响
Table 2 Effect of different maturity on sensory score of ‘Hongxiangsu’ pear

成熟度	贮藏时间/d				
	0	210	210+7	300	300+7
低成熟度	22.00	19.85	17.06	18.92	15.57
中成熟度	22.70	19.90	18.11	19.32	16.47
高成熟度	23.80	19.45	16.13	17.92	15.44

2.4 成熟度对‘红香酥’梨果实贮藏期间果心褐变和腐烂的影响

冷藏至210 d时,果实出现黑心。冷藏及货架期间,黑

心加重低、中成熟度果心褐变指数显著低于高成熟度($P<0.05$),但低、中成熟度的果实之间无显著性差异($P>0.05$)。至冷藏300 d后货架7 d时,低、中成熟度果实较高成熟度果实果心褐变指数低19.83%、23.67%。

中、高成熟度果实在冷藏210 d时,高成熟度在冷藏300 d时果实出现腐烂。冷藏期间,果实腐烂率增加,但3个成熟度果实腐烂率之间无显著性差异($P>0.05$)。冷藏210 d后货架7 d时,低成熟度果实腐烂率显著低于中、高成熟度($P<0.05$),中、高成熟度间无显著性差异($P>0.05$);至冷藏300 d后货架7 d时,中成熟度果实腐烂率显著低于低、高成熟度果实63.66%、57.14% ($P<0.05$),但低、高成熟度间无显著性差异($P>0.05$)。这说明,从黑心及腐烂方面考虑,结合感官评价,中成熟度果实适合中、长期冷藏,高

成熟度果实适合短期贮藏(表 3)。

3 讨 论

3.1 ‘红香酥’梨贮藏期间果皮色泽的变化

果实色泽是评价果实外观品质和商品价值的重要指标, 果实成熟过程中果皮叶绿素降解, 类胡萝卜素或花青素积累^[11-12]。而色度是在果实表面的直观体现, L 值、 h° 可以作为果实成熟度的判定标准, 因此, 在一定程度上能够反映果实的成熟、衰老进程和保鲜效果^[7,13-14]。本研究结果表明, 采收成熟度越高, L 值越高, h° 越低。果实冷藏和货架期, 低、中成熟度果实 h° 均为降低趋势, 低成熟度果实降幅更大, 高成熟度果实贮藏期间 h° 变化较小(图 1), 这与感观颜色一致, 低成熟度果皮颜色由青绿色到黄色, 中成熟度果皮颜色为黄绿色转为黄色, 而高成熟度果实果皮颜色为黄色, 贮藏期间颜色变化最小。随着‘红香酥’梨成熟度的提高和衰老进程的推移, L 值有升高趋势。这与王志华等^[15]在‘红香酥’梨上的研究结果相似。相对晚采收果实的果皮颜色黄, 果皮亮。

3.2 ‘红香酥’梨贮藏期间内在品质的变化

果实本身耐贮性和成熟度有关^[16-17]。果实在成熟衰老过程中, 细胞壁物质降解, 原果胶变为可溶性果胶, 硬度下降^[18]。本研究中, 3 个成熟度间果实硬度无显著性差异 ($P>0.05$), 贮藏期间下降, 这与在‘Concorde’梨^[19]上的研究结果相似。

SSC、可滴定酸含量是评价果实成熟、口感及营养的常规指标^[20]。糖、酸含量及糖酸比是果实品质的重要指标。糖不仅决定果实的甜度, 也是色素、氨基酸、维生素和芳香物质等其他营养成分合成的基础原料。果实有机酸作为呼吸底物为合成其他物质提供基础。果实有机酸与糖一起形成糖酸比, 是决定果实风味, 影响果实口感的最主要因

子^[21-22]。郑丽静等^[23]研究认为苹果风味指标可选用可滴定酸含量、SSC 和固酸比。本研究中, 低成熟度果实采后 SSC 升高, 可能因为低成熟度果实采后后熟, 果实中的淀粉、多糖转化为单糖, SSC 升高^[24]。随着贮藏时间的延长, 果实有机酸合成能力降低, 通过糖异生途径转变为糖, 参与呼吸作用代谢等多方面的原因共同导致 SSC、机酸含量下降^[16,21]。高成熟度果实在整个贮藏期间具有较高的 SSC、固酸比以及较低的可滴定酸含量。因此, 该成熟度果实甜度突出, 风味浓郁。相反, 低成熟度果实固酸比比值低, 甜度较低; 中成熟度果实酸、甜等风味居中。货架期间, 果实固酸比比值升高, 果实风味更加浓郁(图 2D)。这与前人研究结果^[15,17]相似。

果实黑心病和腐烂是影响‘红香酥’梨贮藏的主要限制因素。本研究结果表明, 成熟度越高, 贮藏期间更容易发生黑心, 这与‘玉露香’梨^[17]、酥梨上^[25]的研究结果相似。果实冷藏至 330 d 后货架 7 d 时, 低、高成熟度果实腐烂率急剧增加, 中成熟度果实腐烂发生最低。这与曹森等^[26]在猕猴桃上的研究结果相似, 表现为早采果实贮藏前期不易腐烂, 但货架期间快速腐烂, 中期采收的果实腐烂率最低, 而晚采收果实腐烂率最高。另外, 纪淑娟等^[24]在南果梨、徐燕红等^[20]在猕猴桃上研究均表现为中度成熟度的果实腐烂率最低。

4 结 论

低成熟度(I_{AD} : 1.30~1.63)、中成熟度(I_{AD} : 0.98~1.30)果实在采后贮藏期间, 果实风味逐渐浓郁、果心褐变低, 但冷藏 300 d 后货架 7 d 时, 低成熟度果实快速腐烂, 而中成熟度果实腐烂最低, 因此, 低成熟度果实适宜中期贮藏; 中成熟度果实具有较好的贮藏性, 更适于长期贮藏; 高成熟度果实(I_{AD} : 0.65~0.98)在贮藏时风味较好, 但果心褐变指数和腐烂率高, 贮藏性能差, 适于短期贮藏。

表 3 成熟度对‘红香酥’梨贮藏期间果心褐变指数和腐烂率的影响($n=3$)

Table 3 Effect of different maturity on core browning index and decay rate of ‘Hongxiangsu’ pear ($n=3$)

成熟度	果心褐变指数				腐烂率/%			
	210 d	(210+7) d	300 d	(300+7) d	210 d	(210+7) d	300 d	(300+7) d
低成熟度	0.082±0.023 ^b	0.119±0.013 ^b	0.224±0.250 ^b	0.481±0.032 ^b	0 ^a	0 ^b	10.618±1.630 ^a	58.967±1.857 ^a
中成熟度	0.116±0.008 ^b	0.166±0.024 ^b	0.241±0.016 ^b	0.458±0.023 ^b	3.606±3.127 ^a	13.690±1.031 ^a	14.230±2.701 ^a	21.429±6.186 ^b
高成熟度	0.185±0.040 ^a	0.229±0.030 ^a	0.360±0.097 ^a	0.600±0.029 ^a	1.754±3.039 ^a	12.632±1.591 ^a	10.721±0.338 ^a	50.000±5.556 ^a

参考文献

[1] BLANCKENBERG A, MULLER M, THERON KI, *et al.* Harvest

maturity and ripeness differentially affects consumer preference of ‘Forelle’, ‘Packham’s Triumph’ and ‘Abate Fetel’ pears (*Pyrus communis* L.) [J]. *Sci Hort*, 2016, 207: 131–139.

- [2] CHOI JH, YIM SH, CHO KS, *et al.* Fruit quality and core breakdown of 'Wonhwang' pears in relation to harvest date and pre-storage cooling [J]. *Sci Hortic*, 2015, 188: 1–5.
- [3] ZHANGQ, DUAN H, JIANG X. Relationship between storage environment and fruit quality of a pear cultivar Xinli No.7 at different picking time [J]. *Agric Sci Technol*, 2017, 18(9): 1675–1679, 1690.
- [4] LURIE S, FRIEDMAN H, WEKSLER A, *et al.* Maturity assessment at harvest and prediction of softening in an early and late season melting peach [J]. *Postharvest Biol Technol*, 2013, 76(1): 10–16.
- [5] TORRES CA, VALDIVIA A, JORQUERA G, *et al.* The use of DA meter to assess apple and pear maturity in Chile [J]. *Acta Hortic*, 2019, 1256: 63–70.
- [6] NYASORDZI J, FRIEDMAN H, SCHMILOVITCH Z, *et al.* Utilizing the I_{AD} index to determine internal quality attributes of apples at harvest and after storage [J]. *Postharvest Biol Technol*, 2013, 77: 80–86.
- [7] WANG Y, CASTAGNOLI S, SUGAR D. Integrating I_{AD} index into the current firmness-based maturity assessment of European pears [J]. *Acta Hortic*, 2015, 1094: 525–532.
- [8] 关晔晴, 秦晓丽, 裴颖, 等. 利用 DA-Meter 无损检测梨果实品质[J]. 现代食品科技, 2018, 34(11): 214–220.
GUAN YQ, QIN XL, PEI Y, *et al.* Non-destructive determination for pear fruit quality by DA-Meter [J]. *Mod Food Sci Technol*, 2018, 34(11): 214–220.
- [9] 王志华, 王文辉, 贾朝爽, 等. CO₂ 体积分数对气调贮藏'红香酥'梨果实货架期相关生理指标的影响[J]. 果树学报, 2020, 37(10): 1562–1572.
WANG ZH, WANG WH, JIA CS, *et al.* Effects of carbon dioxide concentrations on the physiological indexes of 'Hongxiangsu' pears during shelf-life after controlled atmosphere storage [J]. *J Fruit Sci*, 2020, 37(10): 1562–1572.
- [10] 马凤丽, 杜艳民, 王阳, 等. 1-MCP 对'玉露香'梨采后果实品质和叶绿素保持的影响, 园艺学报, 2019, 46(12): 2299–2308.
MA FL, DU YM, WANG Y, *et al.* Effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on quality and chlorophyll maintenance of postharvest 'Yuluxiang' pear [J]. *Acta Hort Sin*, 2019, 46(12): 2299–2308.
- [11] 马伟, 田玉婷, 赵婷婷, 等. 不同品种(系)梨贮藏过程果实失重率与果皮叶绿素、蜡质含量的变化[J]. 北方果树, 2019, 4: 5–8, 12.
MA W, TIAN YT, ZHAO TT, *et al.* Changes of weight loss rate, chlorophyll and wax content in different pear varieties (Lines) during storage [J]. *Nort Fruit*, 2019, 4: 5–8, 12.
- [12] 阚超楠, 刘善军, 陈明, 等. 不同采收期对翠冠梨常温货架期果实色泽和质地的影响[J]. 江西农业大学学报, 2018, 40(1): 49–55.
KAN CN, LIU SJ, CHEN M, *et al.* Effects of different harvest time on fruit color and texture of Cuiguan pear during shelf life [J]. *J Nucl Agric Sci*, 2018, 40(1): 49–55.
- [13] RAMALHO JC, PAIS IP, BAREIRO MG. Maturity assessment of *Pyrus communis* L. cv. Rocha at harvest and along cold storage through chlorophyll a fluorescence and colour parameters [J]. *Acta Hortic*, 2008, 800: 1053–1060.
- [14] DRURY R, HRTENSTEINERS, DONNISON I, *et al.* Chlorophyll catabolism and gene expression in the peel of ripening banana fruits [J]. *Physiol Plant*, 2010, 107(1): 32–38.
- [15] 王志华, 王文辉, 佟伟, 等. 不同采收期对红香酥梨冷藏后货架期果实品质的影响[J]. 保鲜与加工, 2015, 15(6): 17–22.
WANG ZH, WANG WH, TONG W, *et al.* Effects of different harvesting date on quality of Hongxiangsu pear during shelf-life after cold storage [J]. *Stor Process*, 2015, 15(6): 17–22.
- [16] KAUR K, DHILLON WS. Influence of maturity and storage period on physical and biochemical characteristics of pear during post cold storage at ambient conditions [J]. *J Food Sci Technol*, 2015, 52(8): 5352–5356.
- [17] 贾晓辉, 王文辉, 姜云斌, 等. 采收成熟度对'玉露香'梨果实品质和耐贮性的影响[J]. 果树学报, 2016, 33(5): 594–603.
JIA XH, WANG WH, JIANG YB, *et al.* Effects of harvest maturity on fruit quality and storage life of 'Yulu-xiang' pears [J]. *J Fruit Sci*, 2016, 33(5): 594–603.
- [18] LIU H, CHEN F, LAI S, *et al.* Effects of calcium treatment and low temperature storage on cell wall polysaccharide nanostructures and quality of postharvest apricot (*Prunus armeniaca*) [J]. *Food Chem*, 2017, 225: 87–97.
- [19] MIELKE EA, DRAKE SR, ELFVING DC. 'Concorde' pear flavor, texture, and storage quality improved by manipulating harvest maturity [J]. *Acta Hortic*, 2005, 671: 361–367.
- [20] 徐燕红, 宋倩倩, 胡斌, 等. 采收成熟度对毛花猕猴桃特果实采后品质和贮藏性的影响[J]. 核农学报, 2020, 34(3): 521–531.
XUYH, SONGQQ, HU B, *et al.* Harvest maturity affects quality and storability of *Actinidia eriantha* cv. white fruit [J]. *J Nucl Agric Sci*, 2020, 34(3): 521–531.
- [21] 秦巧平, 林飞凡, 张岚岚. 枇杷果实糖酸积累的分子生理机制[J]. 浙江农林大学学报, 2012, 29(3): 453–457.
QIN QP, LIN FF, ZHANG LF. Review of the studies on the accumulation mechanisms of sugar and organic acids in *Eriobotrya japonica* fruit [J]. *J Zhejiang A & F Univ*, 2012, 29(3): 453–457.
- [22] 李晓颖, 谭洪花, 房经贵, 等. 果树果实的风味物质及其研究[J]. 植物生理学报, 2011, 47(10): 943–950.
LI XY, TAN HH, FANG JG, *et al.* Flavor compounds in fruits and research on them [J]. *Acta Phytophysiol Sin*, 2011, 47(10): 943–950.
- [23] 郑丽静, 聂继云, 李明强, 等. 苹果评价风味指标的筛选[J]. 中国农业科学, 2015, 48(14): 2796–2805.
ZHENG LJ, NIE JY, LI MQ, *et al.* Study on screening of taste evaluation indexes for apple [J]. *Sci Agric Sin*, 2015, 48(14): 2796–2805.
- [24] 纪淑娟, 李江阔, 张鹏, 等. 不同采收期对南果梨常温货架贮藏品质的影响[J]. 食品科学, 2009, 30(2): 260–263
JI SJ, LI JK, ZHANG P, *et al.* Effects of different harvest periods on shelf-life quality of Nanguo pear during ambient storage [J]. *Food Sci*,

2009, 30(2): 260–263.

- [25] 王志华, 姜云斌, 王文辉, 等. 采收成熟度对酥梨常温贮藏品质及保鲜效果的影响[J]. 保鲜与加工, 2015, 15(1): 9–15.

WANG ZH, JIANG YB, WANG WH, *et al.* Effects of harvest maturity on storage quality and preservation of Suli pear fruits at ambient temperature [J]. *Stor Process*, 2015, 15(1): 9–15.

- [26] 曹森, 马超, 吉宁, 等. 1-MCP 对不同成熟度红阳猕猴桃保鲜效果及后熟品质的影响[J]. 食品科技, 2018, 43(11): 29–37.

CAO S, MA C, JI N, *et al.* Effects of 1-MCP on preservation and ripening quality of ‘Hongyang’ kiwifruit with different maturity [J]. *Food Sci Technol*, 2018, 43(11): 29–37.

(责任编辑: 韩晓红)

作者简介



冯云霄, 硕士, 副研究员, 主要研究方向为果品采后生理与贮藏保鲜。

E-mail: fengyunxiao88@163.com

关军锋, 博士, 研究员, 主要研究方向为果实品质与贮藏加工技术。

E-mail: junfeng-guan@263.com